

## タングステン合金ウエハとは

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

タングステン、モリブデン、希土類元素産業におけるインテリジェント製造の世界的リーダー

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

## CTIA GROUP の紹介

CHINATUNGSTEN ONLINE が設立した、独立した法人格を持つ完全子会社である CTIA GROUP LTD は、インダストリアルインターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントで統合された柔軟な設計と製造の促進に尽力しています。CHINATUNGSTEN ONLINE は、1997 年に [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)（中国初のトップクラスのタングステン製品ウェブサイト）を起点に設立され、タングステン、モリブデン、希土類元素産業に特化した中国の先駆的な e コマース企業です。CTIA GROUP は、タングステンおよびモリブデン分野での約 30 年にわたる豊富な経験を活かし、親会社の優れた設計・製造能力、優れたサービス、世界的なビジネス評判を継承し、タングステン化学薬品、タングステン金属、超硬合金、高密度合金、モリブデン、モリブデン合金の分野で包括的なアプリケーションソリューションプロバイダーになりました。

CHINATUNGSTEN ONLINE は、過去 30 年間で 200 以上の多言語対応タングステン・モリブデン専門ウェブサイトを開設し、20 以上の言語に対応しています。タングステン、モリブデン、希土類元素に関するニュース、価格、市場分析など、100 万ページを超える情報を掲載しています。2013 年以来、WeChat 公式アカウント「CHINATUNGSTEN ONLINE」は 4 万件以上の情報を発信し、10 万人近くのフォロワーを抱え、世界中の数十万人の業界関係者に毎日無料情報を提供しています。ウェブサイト群と公式アカウントへの累計アクセス数は数十億回に達し、タングステン、モリブデン、希土類元素業界における世界的に権威のある情報ハブとして認知され、24 時間 365 日、多言語ニュース、製品性能、市場価格、市場動向などのサービスを提供しています。

CTIA GROUP は CHINATUNGSTEN ONLINE の技術と経験を基盤とし、顧客の個別ニーズへの対応に注力しています。AI 技術を活用し、顧客と共同で、特定の化学組成と物理的特性（粒径、密度、硬度、強度、寸法、公差など）を持つタングステン・モリブデン製品を設計・製造し、型開き、試作、仕上げ、梱包、物流まで、全工程を統合したサービスを提供しています。過去 30 年間、CHINATUNGSTEN ONLINE は、世界中の 13 万社以上の顧客に、50 万種類以上のタングステン・モリブデン製品の研究開発、設計、製造サービスを提供し、カスタマイズ可能で柔軟性が高く、インテリジェントな製造の基盤を築いてきました。CTIA GROUP はこの基盤を基に、インダストリアルインターネット時代におけるタングステン・モリブデン材料のインテリジェント製造と統合イノベーションをさらに深化させています。

ハンス博士と CTIA GROUP のチームは、30 年以上にわたる業界経験に基づき、タングステン、モリブデン、希土類に関する知識、技術、タングステン価格、市場動向分析を執筆・公開し、タングステン業界と自由に共有しています。ハンス博士は、1990 年代からタングステンおよびモリブデン製品の電子商取引および国際貿易、超硬合金および高密度合金の設計・製造において 30 年以上の経験を持ち、国内外でタングステンおよびモリブデン製品の専門家として知られています。CTIA GROUP のチームは、業界に専門的で高品質な情報を提供するという原則を堅持し、生産の実践と市場の顧客ニーズに基づいた技術研究論文、記事、業界レポートを継続的に執筆しており、業界で広く評価されています。これらの成果は、CTIA GROUP の技術革新、製品のプロモーション、業界交流に強力なサポートを提供し、同社が世界的なタングステンおよびモリブデン製品の製造と情報サービスのリーダーとなることを推進しています。



### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



## 目次

### 第 1 章 タングステン合金ウエハの基礎知識

- 1.1 タングステン合金ディスクの性能上の利点
  - 1.1.1 タングステン合金ディスクの定義
  - 1.1.2 タングステン合金ウエハの特性
- 1.2 タングステン合金ウエハの開発の歴史と技術の進化
  - 1.2.1 初期の研究開発と初期応用
  - 1.2.2 プロセスのブレークスルーとパフォーマンスの向上
  - 1.2.3 インテリジェント生産と多様なアプリケーション

### 第 2 章 タングステン合金ディスクの分類システム

- 1.2 組成別タングステン合金ディスク
  - 2.1.1 タングステンニッケル鉄合金ディスク
  - 2.1.2 タングステンニッケル銅合金ディスク
  - 2.1.3 タングステン銅合金ディスク
  - 2.1.4 タングステンシルバー合金ディスク
- 2.2 サイズ別タングステン合金ディスク
  - 2.2.1 マイクロディスク（直径<10 mm）
  - 2.2.2 従来のウエハ（直径 10 mm 以下 100 mm 以下）
  - 2.2.3 大型ウエハ（直径 > 100mm）
- 2.3 タングステン合金ディスクの用途機能による分類
  - 2.3.1 機能性タングステン合金ディスク
    - 2.3.1.1 放射線遮蔽用タングステン合金ディスク
    - 2.3.1.2 電気伝導用タングステン合金ディスク
    - 2.3.1.3 熱伝導性と放熱性のためのタングステン合金ディスク
    - 2.3.1.4 耐摩耗性と耐腐食性を備えたタングステン合金ディスク
  - 2.3.2 構造用タングステン合金ディスク
    - 2.3.2.1 構造支持用タングステン合金ディスク
    - 2.3.2.2 バランスウェイト用タングステン合金ディスク 2 枚
    - 2.3.2.3 接続および固定用のタングステン合金ディスク
    - 2.3.2.4 シールおよび絶縁用のタングステン合金ディスク

### 第 3 章 タングステン合金ディスクの特性

- 3.1 タングステン合金ディスクの密度関連特性
  - 3.1.1 密度範囲
  - 3.1.2 密度均一性性能
  - 3.1.3 タングステン合金ディスクの用途における密度の影響
- 3.2 タングステン合金ウエハの耐熱性
  - 3.2.1 融点
  - 3.2.2 高温環境における安定性
  - 3.2.3 耐熱衝撃性

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 3.3 タングステン合金ウエハの表面特性
  - 3.3.1 表面粗さパラメータ
  - 3.3.2 平坦度精度
  - 3.3.3 表面仕上げの使用への影響
- 3.4 タングステン合金ディスクの硬度と耐摩耗性
  - 3.4.1 硬度指数の範囲
  - 3.4.2 耐摩耗性能
  - 3.4.3 硬度と耐摩耗性の関係
- 3.5 タングステン合金ディスクの強度と靱性
  - 3.5.1 引張強度値
  - 3.5.2 曲げ強度性能
  - 3.5.3 衝撃靱性指数
  - 3.5.4 タングステン合金ディスクの用途における強度の影響
  - 3.5.5 タングステン合金ディスクの用途における靱性の影響
- 3.6 タングステン合金ディスクの放射線遮蔽性能
  - 3.6.1 ガンマ線に対する遮蔽効果
  - 3.6.2 X 線遮蔽能力
  - 3.6.3 シールド性能と厚さの関係
  - 3.6.4 鉛遮蔽効果との比較
- 3.7 タングステン合金ディスクの電気伝導率と熱伝導率
  - 3.7.1 導電率パラメータ
  - 3.7.2 熱伝導率の範囲
  - 3.7.3 電気伝導率と熱伝導率の相関関係
  - 3.7.4 タングステン合金ディスクの電気伝導性に影響を与える要因
  - 3.7.5 タングステン合金ディスクの熱伝導率に影響を与える要因
- 3.8 CTIA GROUP LTD タングステン合金ウエハー MSDS

#### 第 4 章 タングステン合金ディスクの性能試験方法

- 4.1 タングステン合金ディスクの密度試験方法
  - 4.1.1 排水法による密度測定
  - 4.1.2 密度均一性の放射線検査
  - 4.1.3 計量法の補助検証
- 4.2 タングステン合金ディスクの耐高温性試験方法
  - 4.2.1 示差熱分析による融点測定
  - 4.2.2 高温耐久強度試験
  - 4.2.3 熱衝撃試験方法
- 4.3 タングステン合金ディスクの表面特性試験方法
  - 4.3.1 粗さ計による表面粗さの測定
  - 4.3.2 平坦度試験装置の操作
  - 4.3.3 表面仕上げを測定する光沢計
- 4.4 タングステン合金ディスクの硬度および耐摩耗性試験方法
  - 4.4.1 ビッカース硬度計による硬度測定

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 4.4.2 摩耗試験機を用いた耐摩耗性試験
- 4.4.3 硬度と耐摩耗性の相関分析試験
- 4.5 タングステン合金ディスクの強度と靱性の試験方法
  - 4.5.1 万能試験機による引張強度測定
  - 4.5.2 曲げ強度を測定するための3点曲げ試験
  - 4.5.3 衝撃靱性試験機
- 4.6 タングステン合金ディスクの放射線遮蔽性能試験方法
  - 4.6.1  $\gamma$ 線遮蔽効果検出装置の使用
  - 4.6.2 X線減衰率試験手順
  - 4.6.3 異なる厚さのタングステン合金ディスクの遮蔽性能の比較
- 4.7 電気伝導率および熱伝導率の試験方法
  - 4.7.1 4プローブ法による導電率測定
  - 4.7.2 熱線法による熱伝導率測定
  - 4.7.3 電気伝導率と熱伝導率の相関試験

## 第5章 タングステン合金ディスクの製造工程

- 5.1 タングステン合金ウェーハの原料選択と前処理
  - 5.1.1 タングステン粉末の純度と選別
  - 5.1.2 材料組成比と混合
- 5.2 タングステン合金ディスクの成形プロセス
  - 5.2.1 粉末プレス
  - 5.2.2 焼結プロセス
- 5.3 タングステン合金ウエハの加工技術
  - 5.3.1 切断と研削
  - 5.3.2 表面処理
- 5.4 タングステン合金ディスクの品質管理と検査
  - 5.4.1 成形プロセスのオンライン監視
  - 5.4.2 完成品の全性能項目のランダム検査

## 第6章 タングステン合金ウエハの応用分野

- 6.1 医療機器におけるタングステン合金ディスクの応用
  - 6.1.1 放射線治療装置用放射線遮蔽ディスク
    - 6.1.1.1 線形加速器における遮蔽アプリケーション
    - 6.1.1.2 ガンマナイフ装置の局所遮蔽設計
    - 6.1.1.3 陽子線治療装置の遮蔽レイアウト
  - 6.1.2 医療用画像機器用カウンターウェイトディスク
    - 6.1.2.1 CT装置の回転部品のカウンターウェイトバランス
    - 6.1.2.2 MRI装置用安定カウンターウェイト
  - 6.1.3 核医学装置におけるタングステン合金ディスクの応用
    - 6.1.3.1 放射性医薬品包装装置の遮蔽
    - 6.1.3.2 ラジオイムノアッセイ装置の保護部品
- 6.2 電子機器および半導体におけるタングステン合金ディスクの応用

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 6.2.1 チップ製造装置用熱伝導性ウェーハ
  - 6.2.1.1 イオン注入装置の熱伝導性部品
  - 6.2.1.2 フォトリソグラフィ装置における放熱ウェーハの応用
- 6.2.2 高周波デバイス電極ウェーハ
  - 6.2.2.1 マイクロ波通信デバイスの電極構造
  - 6.2.2.2 RF パワーデバイス用導電性ディスク
- 6.2.3 電子パッケージングにおけるタングステン合金ウエハの応用
  - 6.2.3.1 高出力デバイスパッケージングヒートシンク
  - 6.2.3.2 電子部品のシールドとパッケージング
- 6.3 航空宇宙分野におけるタングステン合金ディスクの応用
  - 6.3.1 宇宙船姿勢制御用ウェイト用タングステン合金ディスク
    - 6.3.1.1 衛星姿勢調整カウンターウェイト
    - 6.3.1.2 宇宙船軌道変更機構のバランスウェイト
  - 6.3.2 エンジン部品用耐熱タングステン合金ディスク
    - 6.3.2.1 ロケットエンジンノズル付近の耐高温部品
    - 6.3.2.2 スペースシャトル推進システム用耐熱ウェーハ

## 第 7 章 タングステン合金ディスクの保管、輸送および規格

- 7.1 タングステン合金ディスクの保管要件
  - 7.1.1 保管環境条件（温度、湿度など）
  - 7.1.2 梱包および積み重ね仕様
- 7.2 タングステン合金ディスクの輸送要件
  - 7.2.1 輸送方法の選択
  - 7.2.2 輸送中の保護措置
  - 7.2.3 輸送安全規則とラベル
- 7.3 中国タングステン合金ディスク規格
- 7.4 国際タングステン合金ディスク規格
- 7.5 欧州、アメリカ、日本、韓国等のタングステン合金ディスク規格

## 付録

- タングステン合金ディスクの用語
- 参考文献



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウエハ

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

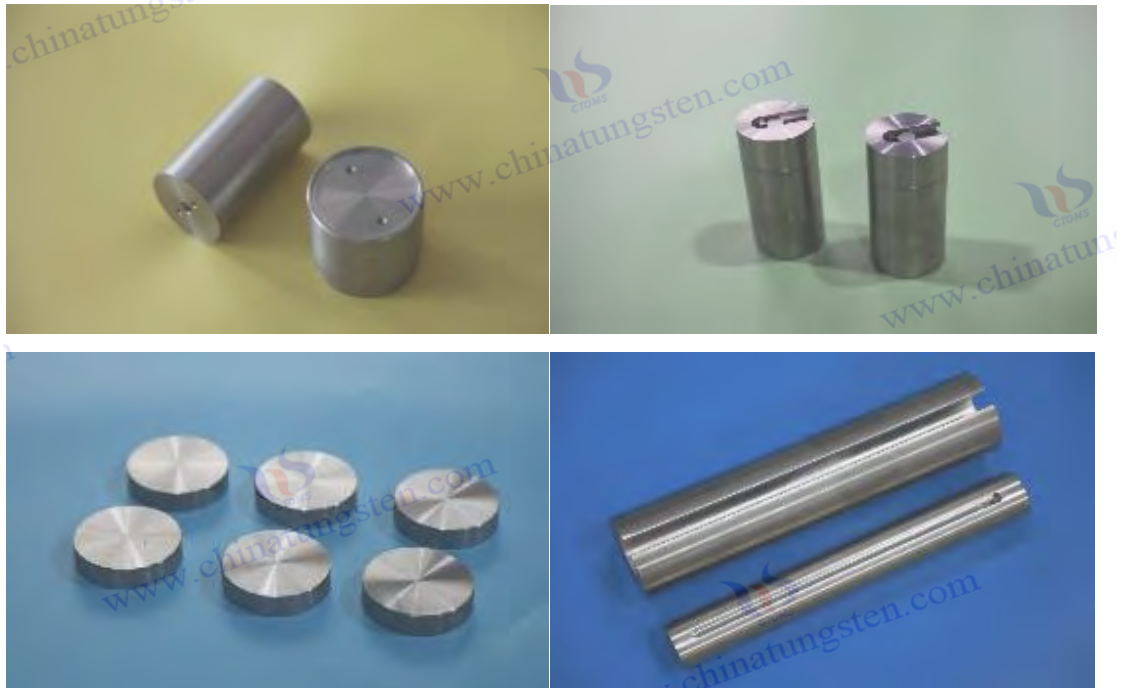
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://www.tungsten-alloy.com)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



## 第1章 タングステン合金ウェハの基礎知識

タングステン合金ディスクは、現代の産業と技術において重要な役割を果たしています。その独自の物理的・化学的特性により、幅広い用途、特に高密度、耐熱性、高強度が求められる用途において優れた性能を発揮します。タングステン合金ディスクの開発と応用は、材料科学の進歩を象徴しています。合金化と精密機械加工により、タングステン合金ディスクは優れた性能安定性を維持しながら、複雑な要件にも対応することができます。

タングステン合金ディスクは、従来の産業分野にとどまらず、新エネルギー、医療機器、精密製造といった新興技術にも進出しています。その汎用性とカスタマイズ性により、多様なニーズに適応することができ、技術進歩を牽引する重要な材料となっています。タングステン合金ディスクの製造プロセスと性能の最適化は、材料科学における重要な研究分野です。合金配合と加工技術の継続的な改良により、タングステン合金ディスクの性能はさらに向上し、現代産業に信頼性の高いソリューションを提供しています。

さらに、タングステン合金ディスクは環境に優しいという特性から、持続可能な開発にとって不可欠な存在となっています。従来の高密度材料と比較して、タングステン合金ディスクは無毒、非放射性、そしてリサイクル可能であり、現代の産業におけるグリーン材料への需要を満たしています。この特性は環境への影響を軽減するだけでなく、企業に環境規制を満たしながら高性能材料の選択肢を提供します。つまり、多用途で高性能な材料であるタングステン合金ディスクの基礎を理解することは、その幅広い産業用途を理解する上で不可欠です。

### 1.1 タングステン合金ディスクの定義と特性

タングステン合金ディスクは、その応用価値を理解する上で重要な要素です。定義セクションでは、タングステン合金ディスクの材料組成、形状特性、製造工程について解説し、特性セクションでは、その物理的・化学的特性と、これらの特性が様々な用途においてどのように独自の利点をもたらすかを詳細に分析します。

#### 1.1.1 タングステン合金ディスクの定義

タングステン合金ウェハは、主にタングステンを他の金属元素（ニッケル、鉄、銅など）と合金化し、特定のプロセスで加工された円形の薄板です。その定義は、円形の形状にとどまらず、独自の物理的・化学的特性も包含しており、産業および技術分野における幅広い応用の可能性を秘めています。高密度・高融点金属であるタングステンは、純粋な状態で優れた耐熱性と硬度を備えていますが、脆さと加工の難しさが性能の限界となっています。合金化により、タングステン合金ウェハはタングステン本来の利点を維持しながら、靱性と加工特性を大幅に向上させ、幅広い用途に適した製品となっています。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



タングステン合金ディスクは、通常、粉末冶金技術を用いて製造されます。このプロセスでは、高純度タングステン粉末を他の金属粉末と特定の比率で混合し、プレス成形した後、高温で焼結することで、均一な微細構造と優れた性能を備えた円形ディスクを形成します。このディスクの形状設計は、実用用途において高い柔軟性を実現します。円形構造は加工と設置を容易にし、様々な精密機器の形状とサイズの要件を満たします。厚さは数ミクロンから数ミリメートルまで対応可能で、直径は用途に合わせてカスタマイズできます。例えば、精密機器では非常に薄いディスクが求められる一方、重機では十分な質量と強度を確保するために、より厚いディスクが必要になる場合があります。

タングステン合金ディスクは、その機能性にも深く関わっています。高密度であることから、特に航空宇宙機器や精密機器など、質量分布の精密制御が求められる機器では、カウンターウェイトやバランス調整部品として広く使用されています。さらに、タングステン合金ディスクは耐熱性に優れているため、高温環境下でも安定した物理的特性を維持できます。これは、熱処理や高温加工において特に重要です。焼結温度、圧力、合金組成比などの調整といった製造工程の違いは、ディスクの硬度、靱性、耐食性といった特性に直接影響を与え、特定の用途のニーズを満たすことができます。

さらに、タングステン合金ディスクの定義は、その汎用性にも反映されています。構造材料としてだけでなく、その独特な物理的特性により、様々な機能部品にも適しています。例えば、医療機器では、タングステン合金ディスクは繊細な部品を保護するシールド材として使用されます。また、工業製造においては、その高い密度と耐摩耗性により、金型や工具部品に最適です。つまり、タングステン合金ディスクの定義は、その材質、形状、製造プロセス、そして多様な機能特性を網羅しており、現代産業に欠かせない高性能材料となっています。

### 1.1.2 タングステン合金ディスクの特性

タングステン合金ディスクは、その卓越した物理的・化学的特性により他の材料とは一線を画しており、要求の厳しい用途に最適な選択肢となっています。高密度、耐高温性、優れた機械的特性、耐腐食性、そして環境への配慮といった独自の特性を備え、これらが産業界における独自の優位性に貢献しています。

まず、タングステン合金ディスクの高密度は、その最も顕著な特徴の一つです。タングステンの密度は金に近いので、合金化によってタングステン合金ディスクの密度を高めることで、重量や慣性の増加が求められる用途のニーズを満たすことができます。例えば、精密機器や機械設備において、タングステン合金ディスクは高密度によって安定したバランス効果を発揮し、機器の動作精度と安定性を向上させます。この高密度は、精密な質量配分が求められる用途において、かけがえのない利点をもたらします。

第二に、タングステン合金ディスクは優れた耐熱性を備えています。非常に高い融点により、極高温環境下でも構造の完全性と性能安定性を維持できます。この特性は、航空宇宙、熱処理装置、高温処理環境において特に重要です。例えば、高温炉や高温処理装置において、タング

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ステン合金ディスクは熱衝撃や長時間の高温曝露にも変形や性能低下なく耐えることができます。

タングステン合金ディスクもまた、重要な特徴の一つです。ニッケルや鉄などの他の金属元素との合金化により、ディスクは高い硬度を維持しながら靱性を大幅に向上させ、純タングステンの脆さを克服しています。この改善により、機械的ストレス、振動、衝撃に対する信頼性が向上し、高強度の作業環境での使用に適しています。さらに、タングステン合金ディスクは優れた被削性を示し、旋削、フライス加工、研削などの加工により、非常に複雑な形状に成形することが可能です。同時に、精密製造分野において極めて重要な、優れた表面仕上げと寸法精度を維持しています。

耐食性はタングステン合金ディスクのもう一つの大きな利点です。酸性、アルカリ性、その他の腐食性環境下でも安定した化学的性質を維持し、酸化や腐食に耐性があります。この特性により、化学産業や海洋工学といった特殊な環境において幅広い用途が期待できます。例えば、海洋機器においては、タングステン合金ディスクは海水腐食に耐え、部品の寿命を延ばします。さらに、タングステン合金ディスクの熱伝導性と電気伝導性は従来の導電性材料に比べて劣るものの、高温または高密度環境下でも優れた性能を維持しているため、熱伝導性と構造強度のバランスが求められる用途に特に適しています。

タングステン合金ディスクの重要な特徴の一つは、無毒・非放射性材料であることです。タングステン合金は鉛などの従来の高密度材料よりも環境に優しく、現代産業の持続可能な発展の要件を満たしています。この特性により、医療機器や食品加工機器などの分野で広く応用されています。例えば、医療機器では、タングステン合金ディスクをシールド材として使用することで、毒性を気にすることなく繊細な部品を保護することができます。さらに、タングステン合金ディスクはリサイクル性に優れており、リサイクルや再加工によって再利用できるため、資源の無駄を削減できます。この持続可能性は、現代産業におけるタングステン合金の価値をさらに高めています。

## 1.2 タングステン合金ウェハの開発の歴史と技術の進化

タングステン合金ウェハは、現代産業におけるその重要な役割を理解する鍵となります。初期の研究開発によってタングステン合金ウェハの基礎が築かれ、プロセスの革新によってその性能は飛躍的に向上しました。インテリジェントな生産技術によって、その用途はさらに広がりました。

### 1.2.1 初期の研究開発と初期応用

タングステン合金ディスクは、タングステン金属の特性の探求から生まれました。高融点、高密度の金属であるタングステンは、その独特の物理的特性から産業界で大きな注目を集めてきました。しかし、純粋なタングステンは脆く、加工が難しいため、直接的な応用は限られていました。そこで研究者たちは、合金化による特性改善の実験を始めました。タングステン合

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

金ディスクの初期開発は、タングステンと他の金属元素を組み合わせることで、高密度、耐高温性、そしてある程度の靱性を備えた材料を作り出すことに重点が置かれました。初期のタングステン合金は、主にニッケル、鉄、銅で構成されていました。これらの元素はタングステンの延性と加工性を効果的に向上させ、望ましいディスク形状の基礎を築きました。

製造面では、粉末冶金法がタングステン合金ディスクの初期開発の中核を成す方法となりました。タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、均一な構造と初期特性を備えた円形ディスクを製造することができました。当時の技術状況では、このプロセスは比較的単純でしたが、タングステン合金ディスクの初期の応用を可能にしました。ディスクの形状は、実用用途での使いやすさを考慮して設計されました。円形構造は加工が容易なだけでなく、カウンターウェイトや支持部品など、さまざまな装置の形状とサイズの要件も満たしています。

タングステン合金ディスクは、高密度または耐高温性が求められる産業用途に重点を置いていました。例えば、初期の機械製造においては、タングステン合金ディスクは装置の安定性と動作精度を向上させるためのバランス調整部品として用いられていました。高密度であるため、比較的小さな容積で大きな質量を確保することができ、これは特にスペースが限られた装置において重要です。さらに、耐高温性は、熱処理装置の支持部や遮蔽部品など、高温処理環境において優れた性能を発揮します。用途は限定的でしたが、これらの初期の用途は、タングステン合金ディスクのさらなる発展への確固たる基盤となりました。

この段階では、タングステン合金ディスクの開発と応用は、高い製造コスト、加工精度の限界、合金組成の最適化など、多くの課題に直面していました。しかし、研究者たちは継続的な実験と改良を通じて、タングステン合金ディスクの基本的な製造プロセスを徐々に習得し、より幅広い分野への応用経験を積み重ねていきました。この初期の成功は、タングステン合金ディスクが高性能材料として実現可能であることを証明しただけでなく、その後のプロセスのブレークスルーや技術革新のための重要な技術的基盤となりました。

### 1.2.2 プロセスのブレークスルーとパフォーマンスの向上

産業技術の進歩に伴い、タングステン合金ディスクの製造プロセスは飛躍的に進歩し、性能向上と用途拡大に直接寄与してきました。初期の粉末冶金技術には、完成品の微細構造が不均一であること、そして性能最適化の余地が限られていることが限界でした。これらの問題を解決するため、研究者たちはプラズマ焼結、熱間静水圧プレス、精密成形といったより高度な製造技術を開発しました。これらの新技術により、タングステン合金ディスクの密度、強度、表面品質が大幅に向上し、より要求の厳しい産業用途のニーズを満たすことが可能になりました。

プラズマ焼結技術の導入は、タングステン合金ディスク製造における大きな進歩です。高温プラズマで材料を急速加熱することで、研究者はより短時間でより高密度の微細構造を実現し、ディスクの機械的特性と耐腐食性を向上させることができます。熱間静水圧プレスは、ディスクの内部構造をさらに最適化します。高温高圧下で材料を均一に圧縮することで、内部欠陥を除去し、ディスクの強度と靱性を向上させます。これらのプロセスの革新により、タングステ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



ン合金ディスクは、高温、高压、または激しい腐食にさらされるなど、より過酷な環境においても安定した性能を維持できるようになりました。

この段階における重要な進歩は、合金組成の最適化でもありました。ニッケル、鉄、銅などの元素の比率を精密に制御することで、研究者たちはタングステン合金ディスクの特性を特定の用途要件に合わせて調整することができました。例えば、ニッケル含有量を増やすとディスクの靱性と耐衝撃性が向上し、銅を添加すると熱伝導性が向上します。このカスタマイズされた組成設計により、タングステン合金ディスクは、高密度と低熱膨張が求められる精密機器や、耐熱性と構造安定性が重視される高温機器など、様々な用途のニーズに適切に適応できるようになります。

さらに、加工技術の進歩もタングステン合金ディスクの性能向上を支えています。高度な CNC 加工技術と表面処理プロセスにより、ディスクの寸法精度と表面仕上げが大幅に向上し、これは特に精密製造分野において重要です。例えば、レーザー切断と精密研削により、タングステン合金ディスクは高精度な寸法制御を維持しながら複雑な形状に加工できます。これらの技術革新は、ディスクの品質向上だけでなく、生産コストの削減にもつながり、より多くの分野での幅広い応用を可能にしています。

### 1.2.3 インテリジェント生産と多様なアプリケーション

スマート製造と産業オートメーションの台頭により、タングステン合金ディスクの生産は新たな時代を迎えました。インテリジェント生産技術の応用により、生産効率と製品品質が大幅に向上し、タングステン合金ディスクの幅広い分野への応用が促進されています。自動制御、リアルタイム監視、データ分析技術を統合したスマート製造システムは、粉末混合、成形、焼結温度といった生産工程のあらゆる段階を精密に制御できます。この高精度な生産制御により、タングステン合金ディスクの安定した信頼性の高い性能が確保され、要求の厳しい用途への適用が保証されます。

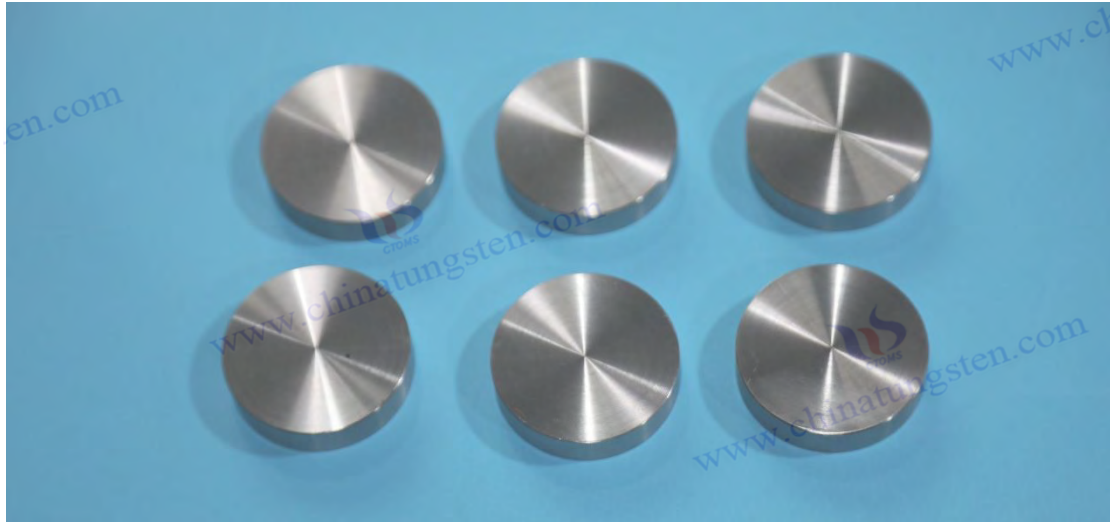
スマート製造は、より高い柔軟性も提供します。コンピュータ支援設計・製造システムを活用することで、メーカーはウェハのサイズ、形状、組成を迅速に調整し、多様な顧客ニーズに対応できます。例えば、航空宇宙分野では、タングステン合金ウェハには特定の厚さや表面処理が求められる場合があります。また、医療機器では、より高度な表面仕上げや生体適合性が求められる場合があります。スマート製造技術を適用することで、こうしたカスタマイズされた生産をより効率的に行うことができ、生産コストとリードタイムを削減できます。

タングステン合金ディスクは、インテリジェント製造によってもたらされた重要な成果です。性能の向上と製造プロセスの最適化により、タングステン合金ディスクの用途は従来の機械製造の枠を超え、新エネルギー、医療機器、エレクトロニクス産業といった新興分野へと拡大しています。例えば、新エネルギー分野では、タングステン合金ディスクはバッテリー部品のカウンターウェイトや支持材として使用され、機器の安定性と効率性を向上させています。医療機器においては、高密度で無毒性であることから、繊細な機器を外部干渉から保護するため

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

の理想的なシールド材となっています。

さらに、タングステン合金ディスクの環境への配慮は、インテリジェントな生産プロセスによってさらに強化されています。現代の生産プロセスでは、資源の効率的な利用と廃棄物のリサイクルが重視されています。リサイクル可能な素材であるタングステン合金ディスクは、環境への影響を最小限に抑えるプロセスで製造されています。このグリーン生産モデルは、現代産業の持続可能な開発要件を満たすだけでなく、環境への配慮が求められる分野におけるタングステン合金ディスクの適用もサポートします。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウエハ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



## 第2章 タングステン合金ディスクの分類システム

タングステン合金ディスクの用途と性能最適化をより深く理解するには、その詳細な分析が不可欠です。タングステン合金ディスクは、組成と製造プロセスの調整により、多様な産業ニーズに合わせてカスタマイズできるため、その分類は通常、合金の構成元素、性能特性、または用途シナリオに基づいて行われます。組成による分類は最も基本的で広く使用されている方法です。タングステンと他の金属元素の組み合わせを分析することで、異なる種類のタングステン合金ディスクを明確に区別し、特定の用途における各種の独自の利点を理解することができます。

タングステン合金ディスクは、材料科学と合金化技術の進歩を余すところなく反映しています。様々な合金組成により、密度、靱性、耐食性、導電性といった独自の物理的・化学的特性がディスクに付与され、精密機器から重機まで、幅広い用途に適しています。実際の製造においては、組成の選択は多くの場合、特定の用途と密接に関連しています。例えば、高温環境に適した合金もあれば、高い導電性が求められる用途に適した合金もあります。

さらに、タングステン合金ディスクの分類システムは、現代産業における環境保護と持続可能な開発への注力を反映しています。様々な組成の合金は、それぞれ異なる環境性能を示します。例えば、一部の合金は無毒性であるため、医療用途や食品加工用途に適しています。包括的な分類システムは、企業が性能要件と環境への配慮、そして資源のリサイクル性のバランスをとるのに役立ち、タングステン合金ディスクのより幅広い分野での応用を促進します。

### 2.1 タングステン合金ディスク（組成別）

組成分類は、タングステン合金ディスクの分類において最も一般的かつ基本的な方法です。タングステンと他の金属元素の組み合わせを分析することで、様々な種類のタングステン合金ディスクを明確に区別することができます。それぞれの成分の組み合わせがディスクに特定の性能特性を与え、様々な用途シナリオにおいて独自の利点をもたらします。この分類方法は、様々な種類のタングステン合金ディスクの特性を理解するのに役立つだけでなく、製造プロセスの最適化や用途シナリオの選択においても重要な参考資料となります。

#### 2.1.1 タングステン-ニッケル-鉄合金ディスク

タングステン-ニッケル-鉄合金ウエハーは、タングステンを主成分とし、ニッケルと鉄を合金元素として添加した円形の薄板です。この合金は、タングステンにニッケルと鉄を添加することで、純タングステンの脆さと加工難度を大幅に改善し、高密度を維持しながら靱性と加工性を向上させています。タングステン-ニッケル-鉄合金ウエハーの開発当初の目的は、航空宇宙、機械製造、精密機器などのカウンターウェイトやバランス部品など、高密度で高強度が求められる産業用途に対応することでした。ニッケルと鉄の添加は、材料の延性を高めるだけでなく、耐衝撃性も向上させ、機械的な応力や振動を受けてもウエハーの構造安定性を維持できるようにします。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン-ニッケル-鉄合金ディスクは、通常、粉末冶金技術を用いて製造されます。高純度タングステン粉末をニッケルおよび鉄粉末と特定の割合で混合し、圧縮成形後、高温で焼結することで、均一な微細構造を持つ円形の薄片を形成します。ニッケルはバインダーとして作用し、タングステン粒子を効果的に結合させて合金全体の強度を高めます。また、鉄を添加することで、ディスクの靱性と耐摩耗性をさらに最適化します。この成分の組み合わせにより、タングステン-ニッケル-鉄合金ディスクは、回転機器における質量分布のバランス調整や高温環境における支持部品など、高密度と耐久性が求められる用途に最適です。

タングステン-ニッケル-鉄合金ウエハの耐食性も重要な特性の一つです。ニッケルと鉄を添加することで、様々な化学環境、特に湿潤環境や軽度の腐食環境において安定した性能を維持し、酸化や腐食に効果的に耐性を発揮します。この特性により、船舶機器や化学処理装置の主要部品など、特定の産業分野における幅広い応用が期待されています。さらに、タングステン-ニッケル-鉄合金ウエハの環境への配慮も注目に値します。ニッケルと鉄を含有しながらも、全体的に無毒性であるため、多くの分野において従来の高密度材料の理想的な代替品となります。

タングステン-ニッケル-鉄合金ディスクは、その柔軟性により、幅広い用途のニーズに対応できます。ニッケルと鉄の比率を調整することで、メーカーはディスクの特性をカスタマイズできます。例えば、ニッケル含有量を増やして靱性を向上させたり、鉄含有量を増やして硬度を高めたりすることができます。このカスタマイズ性により、タングステン-ニッケル-鉄合金ディスクは、精密機器から重機まで、幅広い用途で価値を発揮します。カウンターウェイト、支持材、耐摩耗部品など、タングステン-ニッケル-鉄合金ディスクは、その優れた総合的な性能により、産業用途に信頼性の高いサポートを提供します。

### 2.1.2 タングステン-ニッケル-銅合金ディスク

タングステン-ニッケル-銅合金ウエハは、主にタングステンを主成分とし、ニッケルと銅を合金元素として添加した円形の薄板です。タングステン-ニッケル-鉄合金と比較して、この合金は高密度と優れた機械的特性を維持しながら、熱伝導性と加工性能の向上を重視しています。高熱伝導性材料である銅を添加することで、タングステン合金ウエハの熱伝導性が大幅に向上し、電子機器や高温処理環境など、効率的な放熱が求められる用途において大きなメリットをもたらします。ニッケルを添加することで、合金の靱性と構造安定性が向上し、複雑な動作条件下でも信頼性の高い性能を維持できます。タングステン-ニッケル-銅合金ディスクの製造工程は、タングステン-ニッケル-鉄合金と同様で、主に粉末冶金法を用いています。タングステン粉末、ニッケル粉末、銅粉末を混合し、成形した後、高温で焼結することで、均一な構造と高性能を備えた円形ディスクを形成します。銅を添加することで、焼結中に緻密な微細組織が形成されやすくなり、ディスクの表面仕上げと寸法精度が向上します。この特性により、電子産業における放熱部品や精密機器の支持材など、高精度加工が求められる用途に特に適しています。

タングステン-ニッケル-銅合金ウエハは、特に湿気や化学物質にさらされる環境において優れた耐食性を備えています。銅を添加することで耐酸化性が向上し、長期的な性能安定性を維

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

持できます。この特性は、化学産業や海洋工学などの分野で幅広い用途に活用できます。さらに、ニッケルと銅の組み合わせは合金の切削性を向上させ、高精度な寸法制御を維持しながら複雑な形状に加工することを可能にします。この切削性は、高精度と信頼性が求められる電子機器部品などの精密製造において特に重要です。

タングステン-ニッケル-銅合金ウェハーは、高密度と優れた熱伝導率のバランスに優れています。航空宇宙部品や高性能電子機器など、重量と放熱のバランスが求められる用途で多く使用されています。また、無毒性で環境に優しい特性も備えているため、医療機器などの分野での潜在的な用途がさらに広がります。銅とニッケルの比率を調整することで、メーカーはウェハーの性能をさらに最適化し、熱伝導率の向上や機械的強度の向上など、特定の用途要件を満たすことができます。

### 2.1.3 タングステン銅合金ディスク

タングステン銅合金ディスクは、主にタングステンと銅からなる薄い円形のシートで、優れた熱伝導性と電気伝導性が求められる用途向けに設計されています。銅の高い熱伝導性と電気伝導性と、タングステンの高密度および耐高温性を組み合わせることで、タングステン銅合金ディスクは、電子機器、電気機器、熱管理分野において独自の利点を備えています。ニッケルなどの他の元素の使用量を減らすことで、この合金は十分な機械的強度と耐腐食性を維持しながら、熱伝導性と電気伝導性を向上させることに重点を置いています。タングステン銅合金ディスクは、通常、粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステンと銅の粉末を特定の比率で混合し、成形した後、高温で焼結することで、優れた性能を持つ薄く均一なディスクを形成します。銅の比率は、特定の用途要件に応じて熱伝導性と電気伝導性を最適化するように調整できるため、高度なカスタマイズが可能です。焼結プロセスでは、銅がタングステン粒子間の隙間を埋め、ディスクの熱安定性と機械的特性を向上させる緻密な微細構造を形成します。この特性により、高温環境でも構造の完全性を維持することができます。

タングステン銅合金ディスクは、電子機器のヒートシンクや放電加工（EDM）の電極材料など、効率的な放熱が求められる用途に広く使用されています。優れた導電性により、電気接点や回路部品としての使用に適しており、電流を効率的に伝導し、エネルギー損失を最小限に抑えます。さらに、タングステン銅合金ディスクは熱膨張係数が低いいため、高温環境下でも寸法安定性を確保できます。これは、高精度と安定性が求められる電子機器などの精密用途において特に重要です。タングステン銅合金ディスクは、過酷な環境下でも優れた性能を発揮します。銅を添加することで耐酸化性が向上し、長期間の使用においても安定した性能を発揮します。この特性は、工業炉、高出力電子システム、その他の分野における用途に大きな可能性を秘めています。また、現代の環境基準を満たす無毒性とリサイクル性も備えているため、医療機器製造などの繊細な用途にも最適です。

### 2.1.4 タングステン銀合金ディスク

タングステン銀合金ディスクは、主にタングステンと銀からなる薄い円形シートで、高い導電性と耐摩耗性が求められる用途向けに設計されています。優れた導電性を持つ銀は、タングス

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



テン合金ディスクの導電性を大幅に向上させ、電気・電子分野の用途において価値を高めています。さらに、タングステンは高密度で耐高温性に優れているため、ディスクは優れた構造安定性と耐久性を備え、高負荷環境や高温環境下でも性能を維持できます。

タングステン銀合金ディスクも粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステンと銀の粉末を混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、均一な構造と高性能を備えた円形ディスクを形成します。銀を添加することで、タングステンの高い密度と機械的強度を維持しながら、合金の導電性が向上します。この成分の組み合わせにより、高電圧電気接点や遮断器部品など、高い導電性と耐久性が求められる用途に特に適しています。焼結プロセスにおいて、銀はタングステン粒子間の隙間を効果的に埋め、緻密な構造を形成し、ディスクの性能安定性を向上させます。

タングステン銀合金ディスクは、アーク浸食に対する優れた耐性を備えており、これは電気用途において特に重要です。高電圧環境や頻繁なスイッチング動作では、アーク放電によって材料損失が発生する可能性があります。タングステン銀合金ディスクの優れた特性は、アーク浸食を効果的に抑制し、部品寿命を延ばします。この特性により、高出力電気システムや産業機器に幅広く適用可能です。さらに、耐高温性も備えているため、工業炉や高性能電子システムなどの高温環境でも信頼性を確保できます。

タングステン銀合金ディスクは、環境に優しくリサイクル性に優れていることも重要な利点です。無毒性材料であるため、現代産業の環境要件を満たし、医療機器や食品加工機器などの繊細な用途にも適しています。銀含有量を調整することで、メーカーはディスクの導電性と機械特性を様々な用途のニーズに合わせて調整できます。この柔軟性と高性能の組み合わせにより、タングステン銀合金ディスクは電気・電子分野において不可欠な存在となっています。

## 2.2 サイズ別タングステン合金ディスク

サイズによる分類は、タングステン合金ディスクの分類において直感的かつ実用的なアプローチです。異なる直径範囲を分類することで、様々な用途におけるディスクの機能と利点を明確に理解できます。サイズはディスクの製造プロセス、性能、および用途分野に直接影響を与えるため、このタングステン合金ディスクの分類方法は工業設計および生産において非常に重要です。以下では、タングステン合金ディスクの主な3つのタイプ、すなわちマイクロディスク（直径 10mm 未満）、レギュラーディスク（直径 10mm～100mm）、ラージディスク（直径 100mm 超）について詳しく説明します。

### 2.2.1 マイクロディスク（直径<10 mm）

マイクロタングステン合金ディスクは、直径 10mm 未満の薄い円形のシート材です。そのコンパクトなサイズのため、主に高精度で小型化された用途に使用されます。これらのディスクは、特に精密機器、電子機器、医療機器など、現代産業において重要な役割を果たしています。小

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



型でありながら高性能であることから、省スペースと高精度の要求を満たすことができます。マイクロディスクの開発と製造には、その極小サイズにもかかわらず、性能の安定性と構造の完全性を確保するために、高度な製造プロセスが求められます。

マイクロタングステン合金ディスクは、通常、高度な粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末を他の金属粉末（ニッケル、鉄、銅など）と混合し、圧縮成形後、高温で焼結することで、均一な微細構造を持つ円形ディスクを形成します。そのサイズは非常に小さいため、製造工程では、微細欠陥や寸法偏差を回避するために、粉末粒径、焼結温度、圧力の精密制御など、極めて高い精度が求められます。さらに、マイクロディスクの表面処理は非常に重要です。研磨または精密研削を行うことで、極めて高い表面仕上げと寸法精度を実現し、精密用途の要求を満たすことができます。

マイクロタングステン合金ディスクは、高密度と優れた物理的特性を特徴としています。小型でありながら高密度であるため、限られたスペースでも十分な質量を確保でき、マイクロメカニカルデバイスのカウンターウェイトやバランス部品として用いることができ、動作安定性と精度を向上させます。また、耐高温性と耐腐食性にも優れており、マイクロエレクトロニクスデバイスにおいても優れた性能を発揮します。例えば、マイクロヒートシンクやシールド部品として用いることで、高温環境や化学環境下でも安定した性能を維持します。さらに、マイクロディスクは優れた加工性を有しており、マイクロマシニング技術を用いて複雑な形状に加工できるため、多様な設計要件に対応できます。

用途面では、マイクロタングステン合金ディスクは、高精度と小型化が求められる場面で広く使用されています。例えば、医療分野では、マイクロディスクは、マイクロセンサーやインプラント機器のシールド材など、精密医療機器の部品の製造に用いられています。電子産業では、高密度と高熱伝導性により、マイクロ回路やチップの理想的な材料となっています。また、マイクロディスクは環境に優しく、無毒でリサイクル可能な特性から、医療分野や精密製造分野で高い需要があります。合金組成と製造プロセスを最適化することで、マイクロタングステン合金ディスクは小型でありながら高い性能を発揮し、現代科学技術の発展に重要なサポートを提供しています。

### 2.2.2 従来のウェーハ（直径 10mm 以下 100mm 以下）

従来型のタングステン合金ウェーハは、直径 10mm から 100mm の薄い円形シートで、最も広く使用されているタングステン合金ウェーハです。適度なサイズのため、機械製造から電子機器、航空宇宙、医療機器に至るまで、幅広い産業用途において高い柔軟性と適用性を備えています。従来型のウェーハサイズの範囲は、性能と加工難易度のバランスを考慮した設計となっており、大規模な産業用途にも対応しながら高精度な要求を満たすことができます。

従来のタングステン合金ディスクも粉末冶金技術に基づいています。タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、加圧成形した後、高温焼結することで、均一な構造と高性能を備えた円形の薄板ディスクが形成されます。マイクロディスクと比較して、従来のディスクの製造プロセスは精度に対する要求がやや緩やかですが、材料特性の均一性と構造安定性に対する要求

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

は高くなっています。製造プロセスにおいて、焼結プロセスの最適化は特に重要です。例えば、焼結温度と圧力を調整することで、ディスクの密度と機械的強度を向上させることができます。さらに、従来のディスクは、研削や研磨などの表面処理プロセスによって表面品質をさらに向上させ、さまざまな応用シナリオのニーズを満たすことができます。

従来のタングステン合金ディスクは、バランスの取れた総合的な性能を特徴としています。高密度であるため、回転機器や精密機器のカウンターウェイトやバランス調整部品として使用でき、動作の安定性と精度を向上させます。また、耐高温性と耐腐食性も備えているため、高温処理装置や化学環境における支持部品やシールド部品など、様々な環境で安定した性能を発揮します。さらに、従来のディスクは優れた機械的特性も備えています。合金化によって靱性と耐衝撃性が大幅に向上し、大きな機械的応力や振動にも耐えられるため、高強度の産業用途に適しています。

用途面では、従来型タングステン合金ウェハーは幅広いサイズに対応できるため、幅広い用途に適応できます。例えば、航空宇宙分野では、航空機のバランス調整部品や高温部品の製造に使用できます。電子機器業界では、高密度で熱伝導性に優れているため、ヒートシンクや回路支持材に最適です。医療機器業界では、無毒性と耐腐食性を備えているため、シールドや支持部品として使用できます。従来型ウェハーは加工性に優れているため、多様な設計要件に合わせて様々な厚さや形状に製造できます。また、環境に優しくリサイクル性に優れていることも、現代の産業界にとって魅力的な点であり、持続可能な開発目標を遵守しながら性能要件を満たすことができます。

### 2.2.3 大型ウェーハ（直径>100mm）

大型タングステン合金ディスクは、直径 100mm を超える薄い円形のシートです。主に、高強度、高質量、または大型部品を必要とする産業用途で使用されます。その大型サイズのため、これらのディスクは重機、産業機械、または特殊なエンジニアリングプロジェクトでよく使用されます。高密度と優れた機械的特性により、厳しい品質と耐久性の要件を満たすことができます。大型ディスクの開発と製造には、大きな製造上の課題があり、その大型サイズにもかかわらず、均一な性能と構造安定性を維持することが求められます。

大型タングステン合金ディスクの製造は粉末冶金技術をベースとしていますが、より複雑な設備と工程管理が必要です。サイズが大きいため、粉末の混合、プレス、焼結工程において、内部欠陥や性能のばらつきを回避するために、極めて高い精度が求められます。例えば、熱間静水圧プレス技術を用いることで、大型ディスクの密度と強度を効果的に向上させ、微細な気孔を排除し、高負荷環境における信頼性を確保することができます。さらに、大型ディスクの表面処理・加工には、大型 CNC 工作機械などの重機を使用し、高精度な寸法制御と表面仕上げを実現する必要があります。

大型タングステン合金ディスクは、並外れた高密度と機械的特性を特徴としています。その高

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

密度は、カウンターウェイトや重機・エンジニアリング機器の支持部品など、高質量が求められる用途において大きな利点となり、十分な慣性と安定性を提供します。また、耐高温性と耐腐食性も備えているため、高温炉や化学処理装置の重要部品など、過酷な環境下でも安定した性能を維持できます。さらに、これらの大型ディスクは合金化によって機械的強度と靱性が最適化されており、高い機械的応力や衝撃にも耐えられるため、要求の厳しい産業用途にも最適です。

用途面では、大型タングステン合金ディスクは主に重工業やエンジニアリング分野で使用されています。例えば航空宇宙分野では、高密度と耐高温性により、大型航空機のバランス調整部品や高温部品に最適です。エネルギー分野では、風力タービンや原子力発電設備のカウンターウェイトの製造に大型ディスクが使用されています。工業製造分野では、耐摩耗性と耐腐食性により、大型金型や工具部品としての使用に適しています。大型ディスクは環境面でも優れた利点を有しています。無毒性でリサイクル可能な特性により、現代産業の持続可能な開発要件を満たすことができます。

## 2.3 タングステン合金ディスクの用途機能による分類

タングステン合金ディスクの分類システムにおける実用性を重視した方法です。様々な機能シナリオにおけるディスクの役割を分析することで、機能性タングステン合金ディスクの種類を明確に分類することができます。この分類方法は、放射線遮蔽、電気伝導、放熱、耐摩耗性、耐腐食性など、ディスクの性能特性と用途シナリオに直接関係しています。

### 2.3.1 機能性タングステン合金ディスク

機能性タングステン合金ディスクは、特定の用途向けに設計された円形の薄板です。最適化された合金組成と製造プロセスにより、その性能は特定の用途における厳しい要件を満たすことができます。これらのディスクは、タングステン合金の高密度、耐高温性、耐腐食性を最大限に活用しています。ターゲットを絞った設計により、放射線遮蔽、導電性、放熱性、耐摩耗性、耐腐食性において独自の役割を果たします。機能分類の核心は、タングステン合金ディスクの性能と実際の用途要件を組み合わせ、材料の性能を最大限に引き出すことにあります。

機能性タングステン合金ディスクは、通常、粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステンと他の金属元素の比率を調整し、焼結プロセスと表面処理を最適化することで、特定の機能要件を満たすディスクが製造されます。例えば、高い導電性が求められる場合は銅または銀の含有量を増やし、耐摩耗性が求められる場合はニッケルまたは鉄の比率を最適化します。製造工程においては、精密なプロセス制御と高品質の原材料の選択が、機能性ディスクの安定した性能を確保するための鍵となります。さらに、機能性ディスクのサイズと形状は、用途に合わせてカスタマイズすることも可能です。例えば、小型デバイスでは小型で高精度なディスクが求められる一方、重機では大型のディスクが求められる場合があります。

機能性タングステン合金ディスクは、材料科学と産業応用の深い融合を体現しています。ター

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



ゲットを絞った合金設計とプロセスの最適化により、これらのディスクは高温、高压、腐食性環境など、様々な複雑な環境下でも優れた性能を維持します。また、無毒性とリサイクル性も備えているため、医療機器や食品加工機器など、環境に配慮した用途においても大きなメリットをもたらします。機能性ディスクの多様な用途は、現代産業におけるタングステン合金材料の広範な利用を促進し、技術進歩を支えてきました。

### 2.3.1.1 放射線遮蔽用タングステン合金ディスク

放射線遮蔽用タングステン合金ディスクは、放射線の透過を防ぐために特別に設計された薄い円形のシートで、医療、科学、産業分野で広く使用されています。高密度であるため、X線やガンマ線などの高エネルギー放射線を効果的に吸収・遮断し、機器や人員を放射線の影響から保護します。放射線遮蔽材としてのタングステン合金ディスクの利点は、高密度と無毒性にあります。鉛などの従来の遮蔽材と比較して、タングステン合金ディスクは環境に優しく、安全性が重視される用途に適しています。

放射線遮蔽用のタングステン合金ディスクは、通常、粉末冶金法を用いて製造されます。この方法では、タングステン粉末を他の金属粉末（ニッケルや鉄など）と混合し、高温で加圧・焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形ディスクを作製します。放射線遮蔽の要件を満たすには、ディスクの密度と厚さを精密に制御し、所望の遮蔽効果を確保する必要があります。研磨やコーティングなどの表面処理により、耐食性や表面仕上げを向上させるなど、ディスクの性能をさらに向上させ、耐用年数を延ばすことができます。

放射線遮蔽用タングステン合金ディスクの主な特性は、その優れた放射線吸収能です。高密度のため、タングステンは高エネルギー放射線を効果的に遮断し、放射線の透過率を低減します。この特性は、X線装置やCTスキャナーの遮蔽部品など、医療機器に広く利用されており、患者や医療従事者を放射線の危険から守ります。さらに、耐熱性と化学的安定性にも優れているため、高エネルギー粒子を遮蔽する科学研究機器など、過酷な環境下でも性能を維持できます。

用途面では、放射線遮蔽用タングステン合金ディスクは医療分野に限らず、産業や科学研究の分野でも広く利用されています。例えば、非破壊検査装置では、タングステン合金ディスクは放射線を遮蔽し、検査プロセスの安全性を確保するために用いられます。原子力分野では、その高い密度と耐腐食性により、放射線防護部品として理想的な選択肢となっています。さらに、無毒性でリサイクル可能な特性により、医療機器製造など、環境に配慮した分野での適用性が向上し、厳しい安全・環境基準を満たすことができます。

### 2.3.1.2 電気伝導用タングステン合金ディスク

導電性タングステン合金ウエハは、効率的な導電性が求められる用途向けに設計された薄い円形シートです。導電性は通常、銀や銅などの高導電性金属を添加することで最適化されま

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



す。これらのウェハーは、タングステン合金の高密度と耐熱性を維持しながら、電流を効率的に伝導し、エネルギー損失を低減するため、電気・電子分野において重要な役割を果たします。導電性タングステン合金ウェハーの開発は、高性能電気機器に求められる導電性と耐久性という二つの要件に対応しています。

導電性タングステン合金ディスクも粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末を銀または銅粉末と混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、高い導電性と均一な構造を持つ円板を形成します。銀または銅を添加することで、タングステンの高い密度と機械的強度を維持しながら、ディスクの導電性を大幅に向上させます。製造工程では、合金組成と焼結プロセスの精密な制御が導電性を確保するための鍵となります。例えば、銀または銅の比率を調整することで、ディスクの導電性を最適化し、特定の要件を満たすことができます。導電用タングステン合金ディスクの主な特徴は、優れた導電性と耐久性です。銀または銅を添加することで、高電流環境や頻繁なスイッチング動作においても効率的な電流伝導が可能になります。タングステンは高密度で耐高温性に優れているため、高負荷下でもディスクの構造安定性を確保します。さらに、電気用途において優れた耐アーク侵食性を示し、アークによる材料損失を効果的に抑制し、長寿命化を実現します。この特性により、高電圧電気接点、遮断器、回路部品などへの使用に特に適しています。

用途面では、導電用タングステン合金ディスクは電気・電子機器に広く使用されています。例えば、高電圧伝送システムでは、タングステン合金ディスクは電気接点として使用され、効率的な電流伝導を確保します。電子産業では、高い導電性と耐高温性により、回路基板やコネクタに最適な材料となっています。また、無毒性でリサイクル可能な特性も備えているため、医療用電子機器や精密機器など、環境要件が厳しい分野でも、安全性と性能という2つの要件を満たすことができます。

### 2.3.1.3 熱伝導性と放熱性に優れたタングステン合金ディスク

熱伝導性と放熱性に優れたタングステン合金ウェハは、効率的な熱管理を必要とする用途向けに開発された薄い円形シートです。熱伝導性は通常、銅などの高伝導性金属を添加することで向上します。これらのウェハは、電子機器、航空宇宙機器、産業機器において重要な役割を果たし、高温領域から放熱領域へ熱を迅速に伝達することで、機器の過熱を防ぎます。タングステン合金ウェハは高密度で耐熱性に優れているため、熱伝導性と放熱性に優れた独自の利点を備えています。

熱伝導性と放熱性に優れたタングステン合金ディスクは、粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末と銅粉末を混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、高い熱伝導性と均一な構造を持つ円板を形成します。銅の添加によりディスクの熱伝導率が大幅に向上し、熱を素早く伝導できるようになります。また、タングステンの高密度と耐高温性により、高温環境下でもディスクの構造安定性を確保します。製造工程において、銅の配合比と焼結プロセスを正確に制御することが、熱伝導性を確保する鍵となります。例えば、焼結温度を最適

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

化することで、ディスクの密度と熱伝導率を向上させることができます。

放熱・放熱用タングステン合金ディスクの主な特徴は、優れた熱伝導性と熱安定性です。銅を添加することで、高温環境下でも迅速な放熱が可能になり、機器の過熱を防止します。タングステンは熱膨張係数が低いため、温度変化にも耐える寸法安定性を確保します。そのため、プロセッサやパワーモジュールのヒートシンクなど、高性能電子機器に特に適しています。さらに、耐腐食性にも優れているため、湿度の高い環境や化学薬品環境でも安定した性能を発揮し、長寿命を実現します。用途面では、熱伝導性と放熱性に優れたタングステン合金ディスクは、効率的な熱管理が求められる用途で広く使用されています。例えば、電子産業では、高い熱伝導性によりヒートシンクやヒートパイプに最適です。航空宇宙分野では、耐熱性と熱伝導性により高温部品の熱管理に適しています。産業機器では、効果的に熱を放散し、機器の効率と寿命を向上させます。また、無毒性でリサイクル可能な特性を持つことから、医療用電子機器や新エネルギー機器など、環境に配慮した分野での幅広い応用が期待されています。

#### 2.3.1.4 耐摩耗性と耐腐食性を備えたタングステン合金ディスク

耐摩耗性・耐腐食性タングステン合金ディスクは、過酷な環境下での耐摩耗性と耐腐食性が求められる用途向けに開発された薄い円形シートです。これらのディスクは、通常、ニッケルや鉄などの元素を添加することで最適化されています。これらのディスクは、化学産業、海洋工学、重機において重要な役割を果たし、摩耗性や腐食性の高い環境下でも安定した性能を維持します。タングステン合金ディスクは高密度で機械的強度が高いため、耐摩耗性・耐腐食性が求められる用途において優れた性能を発揮します。

耐摩耗性と耐腐食性に優れたタングステン合金ディスクは、粉末冶金技術を用いて製造されています。タングステン粉末をニッケル粉末と鉄粉末と混合し、圧縮成形した後、高温で焼結することで、高い耐摩耗性と耐腐食性を備えた円形ディスクを形成します。ニッケルと鉄の添加により、ディスクの靱性と耐衝撃性が向上するだけでなく、腐食環境における化学的安定性も向上します。製造工程においては、焼結プロセスと表面処理を最適化することが、耐摩耗性と耐腐食性を確保する上で重要です。例えば、研磨やコーティング工程を施すことで、ディスクの表面硬度と耐腐食性をさらに高めることができます。

耐摩耗性と耐腐食性において、タングステンは卓越した耐摩耗性と耐腐食性を備えています。高い硬度とニッケルおよび鉄の添加により、機械加工装置や研削装置の耐摩耗部品など、摩耗の激しい環境でも表面品質を維持できます。また、耐腐食性により、海洋機器や化学反応器の重要部品など、酸性、アルカリ性、または高湿度の環境でも安定した性能を維持できます。さらに、高密度と高い機械的強度により、高い機械的応力にも耐えることができ、過酷な産業用途に適しています。用途面では、耐摩耗性と耐腐食性に優れたタングステン合金ディスクは、長期耐久性が求められる用途で広く使用されています。例えば、化学業界では、その耐腐食性により反応炉やパイプラインの支持部品として適しています。海洋工学分野では、海水腐食に

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

耐え、機器の寿命を延ばします。重機分野では、その耐摩耗性により金型や工具部品として使用できます。また、無毒性でリサイクル可能な特性により、食品加工機器や医療機器など、環境要件の厳しい分野でも、安全性と耐久性という二重の要件を満たすという利点があります。

## 2.3 タングステン合金ディスクの用途機能による分類

機能分類は、タングステン合金ディスクの分類システムにおける目的に基づいたアプローチであり、様々な機能シナリオにおけるディスクの役割を明確に定義します。構造用タングステン合金ディスクは、主要な機能分類カテゴリであり、機械構造における材料の用途に焦点を当て、支持、カウンターウェイト、接続、シーリングなど、多様な機能を網羅しています。これらのディスクは、ターゲットを絞った合金設計と製造プロセスにより、高負荷で複雑な環境において卓越した性能を発揮し、現代産業の多様な要求に応えます。

### 2.3.2 構造用タングステン合金ディスク

構造用タングステン合金ディスクは、タングステン合金の高い密度、強度、耐久性を活かし、機械構造のニーズを満たすように設計された薄い円形シートです。これらのディスクは、構造支持、カウンターウェイト、接続、シーリングにおいて重要な役割を果たします。合金組成と製造プロセスを最適化することで、精密機器から重機まで、幅広い用途のニーズを満たすことができます。構造用ディスクの開発は、材料科学と工学設計の進歩を融合させたものであり、現代産業に欠かせない構造材料となっています。

構造用タングステン合金ディスクは、通常、粉末冶金法を用いて製造されます。この方法では、タングステン粉末を他の金属粉末（ニッケル、鉄、銅など）と混合し、プレス成形した後、高温で焼結することで、高強度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。製造工程では、プロセスパラメータの精密な制御が、ディスクの安定した性能を確保する鍵となります。例えば、焼結温度と圧力を調整することで、ディスクの密度と機械的特性を最適化できます。研削や研磨などの表面処理により、ディスクの寸法精度と表面品質をさらに向上させ、多様な構造機能の要件を満たすことができます。

構造用タングステン合金ディスクの最大の利点は、特定の用途に合わせて特性を調整できることです。例えば、高強度が求められる用途では、ニッケル含有量を増やして靱性を高めることができます。また、高密度が求められる用途では、タングステン比率を最適化して質量を増やすことができます。無毒性でリサイクル可能な特性は、医療機器や食品加工機器など、環境に配慮した用途において、安全性と耐久性という二つの要件を満たす上で大きなメリットをもたらします。

#### 2.3.2.1 構造支持用タングステン合金ディスク

構造支持用タングステン合金ディスクは、機械的な構造支持を提供するために設計された薄い円形の材料です。高い強度と安定性が求められる産業用途で広く使用されています。タングステン合金の高密度と機械的強度を活かし、これらのディスクは高負荷下や複雑な環境下で

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



も機器をしっかりと支え、構造的な安定性と耐久性を確保します。主な利点は、高温、高圧、振動といった過酷な条件下でも、構造的完全性を維持しながら性能を維持できることです。

構造支持用タングステン合金ディスクは、粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末をニッケルや鉄などの金属粉末と混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、高強度で均一な構造を持つ円形薄板ディスクが形成されます。ニッケルと鉄の添加により、ディスクの靱性と耐衝撃性が大幅に向上し、より大きな機械的ストレスに耐えることができます。製造工程においては、焼結プロセスの最適化が非常に重要です。例えば、熱間静水圧プレス技術は、内部欠陥を排除し、ディスクの密度と強度を向上させることができます。さらに、精密な表面処理工程により、ディスクの寸法精度と表面仕上げを確保し、高精度支持部品の要件を満たします。

構造支持用タングステン合金ディスクは、卓越した機械的特性と安定性を特徴としています。タングステンは高密度であるため、限られた空間内で十分な質量と強度を確保できます。また、合金化によって純タングステンの脆性が改善され、振動や衝撃を受ける環境下でも構造的完全性を維持できます。耐高温性と耐腐食性にも優れているため、高温処理装置や化学環境における支持部品など、過酷な環境下でも優れた性能を発揮します。ディスクの形状は設置と統合を容易にし、様々な機械構造にシームレスに組み込むことができます。構造支持用タングステン合金ディスクは、航空宇宙、産業機械、エネルギー機器で広く使用されています。例えば、航空宇宙機器では、高い強度と耐高温性により、エンジンや機体支持部品に最適です。産業機械では、高負荷機器の支持構造として使用され、動作安定性を向上させます。環境に優れ、リサイクル性に優れているため、医療機器などの繊細な分野にも応用でき、現代産業に高性能な構造ソリューションを提供します。

### 2.3.2.2 バランスウェイト用タングステン合金ディスク

カウンターウェイト用タングステン合金ディスクは、機器の質量配分を調整し、動作安定性を向上させるために設計された薄い円形の材料です。精密なバランス調整が求められる用途に広く使用されています。タングステン合金の高密度特性を活かし、小さな容積で高い質量を実現し、バランスと安定性を実現します。設計の柔軟性と高い性能により、回転機器、精密機器、重機において不可欠な存在となっています。

カウンターウェイト用タングステン合金ディスクの製造にも粉末冶金技術が活用されています。タングステン粉末をニッケルや鉄などの金属粉末と混合し、得られたディスクをプレス成形した後、高温で焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形ディスクが得られます。ニッケルと鉄を添加することでディスクの靱性と加工性が向上し、正確なサイズと形状に機械加工することが可能になります。製造工程では、ディスクの密度とサイズを正確に管理することが、望ましいカウンターウェイト効果を得るために不可欠です。さらに、研磨やコーティングなどの表面処理を施すことで、ディスクの耐食性と表面品質を向上させ、耐用年数を延ばすことができます。

カウンターウェイト用タングステン合金ディスクは、高い密度と加工柔軟性を特徴としてい

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



ます。タングステンは高密度であるため、限られたスペース内で十分な質量を確保でき、マイクロモーターや精密機器など、スペースが限られた用途に適しています。優れた機械的特性により、回転や振動のストレスに耐え、長期的な安定性を確保します。さらに、耐腐食性にも優れているため、船舶機器や化学処理装置のカウンターウェイト部品など、湿度の高い環境や化学環境でも性能を維持できます。

用途面では、バランスウェイト用タングステン合金ディスクは、航空宇宙、自動車、精密製造の分野で広く使用されています。例えば、航空宇宙分野では、高密度であることから航空機や衛星の部品バランス調整に適しており、高速運転時の安定性を確保します。自動車業界では、エンジンやホイールのバランス調整に使用され、車両のスムーズな走行を実現します。また、無毒性とリサイクル性という特性から、医療機器や食品加工機器など、環境に配慮した用途においても、安全性と性能という二つの要件を満たす優れた特性を備えています。

### 2.3.2.3 接続および固定用のタングステン合金ディスク

接続・固定用タングステン合金ディスクは、機械的な接続や固定用に設計された薄い円形の材料です。高い強度と安定性が求められる接続用途で広く使用されています。タングステン合金の高い密度と機械的強度を活かし、これらのディスクは接続部品や固定具として機能し、信頼性の高い構造的サポートを提供し、高負荷環境や振動環境における機器の安定性を確保します。円形設計により加工と設置が容易になり、様々な機械システムへのシームレスな統合が可能になります。

接続・固定用のタングステン合金ディスクは、粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末をニッケルや鉄などの金属粉末と混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、高強度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。ニッケルと鉄を添加することで、ディスクの靱性と耐衝撃性が向上し、高応力環境下でも性能を維持できます。製造工程では、精密な寸法管理と表面処理が鍵となります。例えば、精密研削や研磨により、高精度な寸法と表面仕上げを実現し、接続部品の厳しい要件を満たすことができます。

コネクタおよび固定具用のタングステン合金ディスクは、高い強度と精密加工が特徴です。タングステンは高密度で合金化処理されているため、大きな機械的ストレスにも耐えることができ、コネクタや固定具としての使用に最適です。また、耐高温性と耐腐食性も備えているため、高温処理装置や化学薬品環境など、過酷な環境でも性能を維持できます。さらに、ディスクの形状は他の部品とのフィット性を高め、ボルト、リベット、その他の方法で確実な接続を可能にします。

接続・固定用タングステン合金ディスクは、産業機械、航空宇宙、エネルギー機器において幅広く使用されています。例えば、産業機械では、その高い強度により大型部品の接続に最適です。航空宇宙分野では、その耐熱性と安定性により、高温部品や高荷重構造の接続に適してい

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

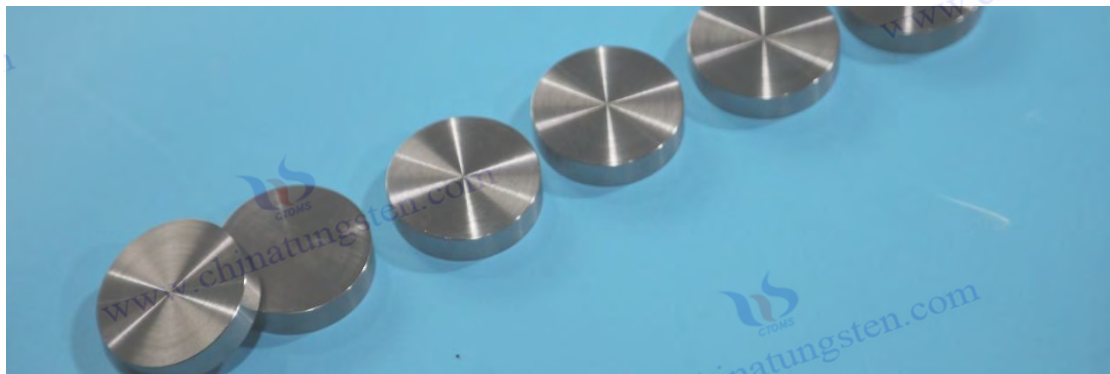
ます。また、環境に優しくリサイクル性に優れているため、医療機器などの繊細な分野にも応用でき、複雑な機械システムの接続に信頼性の高いソリューションを提供します。

#### 2.3.2.4 シールおよび隔離用のタングステン合金ディスク

シーリングおよび遮断用タングステン合金ディスクは、シーリングまたは遮断機能のために設計された薄い円形シートです。ガス、液体、または外部要因からの保護が必要な用途で広く使用されています。タングステン合金の高い密度、耐腐食性、低い熱膨張係数を活かし、これらのディスクは高圧または過酷な環境において信頼性の高いシーリングを提供し、装置の安全性と運用効率を確保します。円形設計と精密機械加工により、シーリング面にぴったりとフィットし、高精度なシーリング要件を満たします。

シールおよび遮断用のタングステン合金ディスクは、粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末をニッケルや鉄などの金属粉末と混合し、圧縮成形した後、高温で焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。製造工程では、精密研磨やコーティングなどの表面処理工程が、シール性能の確保、ディスク表面の仕上げ、化学的安定性の向上に不可欠です。さらに、ディスクのサイズと厚さの精密な制御は、シール要件を満たすために不可欠であり、シール面への完璧なフィットを保証します。

シーリングおよび遮断用途のタングステン合金ディスクは、優れたシール特性と耐久性を特徴としています。タングステンは高密度で熱膨張係数が低いため、高温・高圧環境下でも寸法安定性を維持し、シール不良を防止します。また、耐腐食性にも優れているため、化学反応器や海洋機器のシーリング部品など、酸性、アルカリ性、高湿度の環境下でも性能を維持できます。さらに、高い強度と靱性により機械的ストレスにも耐え、長期的な信頼性を確保します。用途面では、シーリングおよび遮断用のタングステン合金ディスクは、化学産業、エネルギー機器、航空宇宙分野で広く使用されています。例えば、化学産業では耐腐食性により反応炉やパイプラインのシーリングに適しており、エネルギー機器では高密度と安定性により高压容器のシーリングに適しており、航空宇宙分野では耐高温性により高温シーリング部品として使用できます。また、無毒性でリサイクル可能な特性から、医療機器や食品加工機器などにも幅広く応用でき、要求の厳しいシーリング用途に高効率なソリューションを提供します。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウエハ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

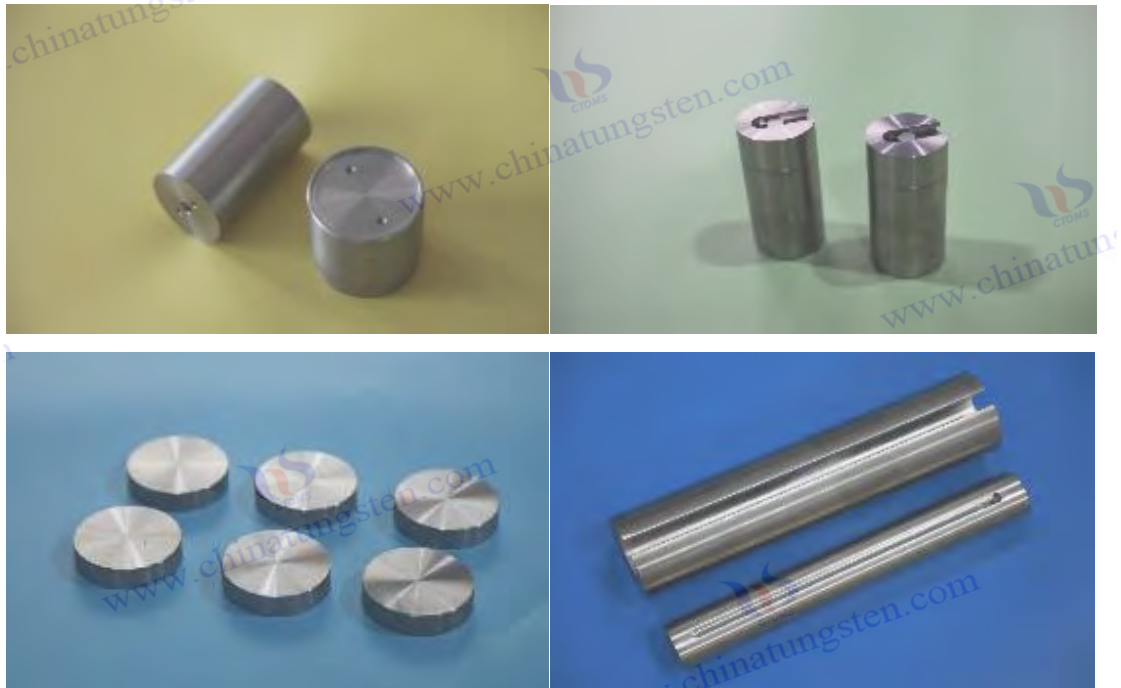
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://www.tungsten-alloy.com)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

### 第3章 タングステン合金ディスクの特性

タングステン合金ディスクは、現代産業における幅広い用途の中核を成しています。その独自の物理的・化学的特性により、様々な過酷な用途において優れた性能を発揮します。高性能材料であるタングステン合金ディスクは、密度、機械的強度、耐熱性、耐腐食性など、幅広い特性を備えています。特に密度特性は重要であり、カウンターウェイト、シールド、構造支持などの用途における有効性を直接左右します。この優れた性能は、タングステン本来の特性だけでなく、合金化技術と製造技術の進歩にも支えられており、精密機器から重機まで、多様なニーズに対応できるディスクを実現しています。

タングステン合金ディスクの中核特性の一つである密度は、その機能性と応用範囲に深く影響を及ぼします。高密度特性は、限られた空間内で大きな質量を提供することを可能にし、精密な質量分布や遮蔽効果を必要とする用途に適しています。密度関連特性の研究と最適化は、タングステン合金ディスク開発の重要な方向性です。合金組成と製造プロセスを調整することで、密度を精密に制御し均一化することができ、ディスクの性能安定性を向上させます。さらに、タングステン合金ディスクは環境に優しくリサイクル性に優れているため、性能を最適化しながら、現代産業の持続可能な開発の要件を満たすことができ、医療、航空宇宙、エレクトロニクスなどの分野への応用を保証します。

タングステン合金ディスクは、材料科学と工学応用の深い融合を実証しています。密度、均一性、そしてアプリケーションへの影響を体系的に分析することで、実世界のシナリオにおける性能をより明確に理解し、材料選定とプロセス最適化のための科学的根拠を得ることができます。

#### 3.1 タングステン合金ディスクの密度関連特性

タングステン合金ディスクの密度は、その最も顕著な特性の一つであり、様々な用途における性能を直接的に決定づけます。密度はディスクの重量と質量分布に影響を与えるだけでなく、機械的特性、シールド効果、安定性にも密接に関連しています。合金組成と製造プロセスを最適化することで、タングステン合金ディスクの密度を精密に制御し、様々な用途のニーズに対応できます。

##### 3.1.1 密度範囲

タングステン合金ディスクの密度範囲は重要な性能指標であり、その高い密度により、多くの産業用途に最適な選択肢となっています。高密度金属であるタングステンは、一般的な金属よりもはるかに高い密度を有しています。他の金属元素（ニッケル、鉄、銅、銀など）と合金化することで、高密度を維持しながら、ディスクの特性を様々な用途に合わせて調整することができます。タングステン合金ディスクの密度範囲は、通常、合金組成と製造プロセスの最適化によって実現され、高密度カウンターウェイトから精密シールドまで、幅広い要件を満たしています。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



タングステン合金ディスクは、通常、粉末冶金技術を用いて製造されます。この技術では、タングステン粉末を他の金属粉末と特定の割合で混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形の薄片を形成します。合金組成の選択は密度値に直接影響します。例えば、ニッケルと鉄を添加すると、高密度を維持しながら靱性を向上させることができます。銅や銀を添加すると、密度はわずかに低下しますが、熱伝導性または電気伝導性が向上します。製造工程では、焼結プロセスの最適化が密度制御に不可欠です。例えば、焼結温度と圧力を調整することで、内部欠陥を回避しながら高密度化を実現できます。

タングステン合金ディスクは、より大きな質量が求められる用途において大きな利点をもたらします。例えば、航空宇宙機器では、高密度ディスクはカウンターウェイトとして機能し、十分な慣性力を提供することで機器の安定性を確保します。医療機器では、その高密度性から放射線遮蔽材として理想的な材料となり、高エネルギー放射線を効果的に吸収します。密度範囲の柔軟性により、タングステン合金ディスクは特定のニーズに合わせてカスタマイズできます。例えば、精密機器ではより薄く高密度のディスクが必要になる場合があり、重機ではより大型で高密度のディスクが必要になる場合があります。

さらに、タングステン合金ディスクの密度範囲は、環境への配慮と密接に関連しています。タングステン合金ディスクは無毒性材料であるため、鉛などの従来の高密度材料よりも安全性とリサイクル性に優れています。そのため、医療や食品加工といった繊細な分野で非常に需要があります。合金組成と製造プロセスを最適化することで、タングステン合金ディスクは高密度を維持しながら環境保護と性能という 2 つの要件を満たし、現代の産業にとって信頼性の高い材料ソリューションを提供します。

### 3.1.2 密度均一性性能

密度均一性はタングステン合金ウェーハの性能において極めて重要な要素であり、高精度・高信頼性が求められるアプリケーションにおける性能に直接影響を及ぼします。密度均一性とは、ウェーハの微細構造全体にわたる質量分布の均一性を指し、アプリケーションにおける性能安定性と構造信頼性を確保します。タングステン合金ウェーハの密度均一性は、高度な製造プロセスと厳格な品質管理によって実現され、複雑な環境下でも安定した性能を実現します。

密度の均一性を実現するには、粉末冶金技術の最適化が不可欠です。製造工程において、タングステン粉末とその他の金属粉末を混合する際には、局所的な密度のばらつきを回避するために、極めて均一なプロセスが求められます。加圧と高温焼結は、密度の均一性に影響を与える重要な工程です。圧力と温度を精密に制御することで、緻密な微細構造を形成し、内部の気孔や欠陥を排除することができます。さらに、熱間静水圧加圧などの高度なプロセスを導入することで、ウェーハの密度の均一性がさらに向上し、高負荷または高精度のアプリケーションにおいて安定した性能を維持できます。

密度の均一性は、タングステン合金ディスクの性能に大きな影響を与えます。航空宇宙機器のバランス調整部品など、精密な質量分布が求められる用途では、密度の均一性によってディス

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ク全体にわたって均一なカウンターウェイトが確保され、局所的な密度差による動作不安定性が回避されます。放射線遮蔽用途では、密度の均一性は遮蔽の信頼性に直接影響します。均一な密度分布は放射線吸収の均一性を確保するためです。さらに、密度の均一性は、耐衝撃性や耐摩耗性などのディスクの機械的特性を向上させ、高応力環境下でも構造的完全性を維持します。

タングステン合金ウェハの優れた特性は、加工性能にも反映されています。均一な微細構造により、表面仕上げと寸法安定性を維持しながら、高精度な形状に加工することが可能です。この特性により、電子機器や医療機器の主要部品など、精密製造分野における幅広い用途への展開が期待されています。密度均一性の最適化は、ウェハの性能向上だけでなく、製造時のスクラップ率の低減、資源効率の向上、そして現代産業の持続可能な開発要件への適合にもつながります。

### 3.1.3 タングステン合金ディスクの用途における密度の影響

密度はタングステン合金ディスクの用途に深く影響し、様々な用途における性能を決定づける重要な要素です。高密度であるタングステン合金ディスクは、限られたスペース内で大きな質量を確保することができ、カウンターウェイト、シールド、構造支持といった要件を満たします。さらに、密度を制御可能かつ均一にすることで、多様な用途の性能要件に適應することが可能になります。密度は、ディスクの物理的特性だけでなく、実用用途における機能的および経済的メリットにも影響を与えます。

タングステン合金ディスクは高密度であるため、カウンターウェイト用途に最適です。例えば、回転機器や精密機器において、高密度ディスクは十分な慣性を提供し、振動を低減し、動作安定性を向上させます。高密度の利点により、小さな容積で大きな質量を実現できるため、航空宇宙機器やマイクロモーターなど、スペースが限られた用途に特に適しています。さらに、密度を制御できるため、メーカーはディスクの重量を特定のニーズに合わせて調整することができ、機器設計との完璧なマッチングを実現します。

放射線遮蔽用途において、タングステン合金ディスクの遮蔽効果は密度によって直接的に左右されます。高密度であるため、X線やガンマ線などの高エネルギー放射線を効果的に吸収し、機器や人員を放射線の影響から保護します。従来の遮蔽材と比較して、タングステン合金ディスクは密度の利点を活かして、より薄い厚さでも同等の遮蔽効果を実現できるため、材料使用量と機器重量を削減できます。この特性は、医療機器、科学研究機器、産業用試験装置において特に重要であり、安全性と効率性の向上につながります。

構造支持および機械用途において、密度はタングステン合金ディスクの強度と安定性に影響を与えます。高密度と最適化された合金組成を組み合わせることで、高温処理装置や重機の重要部品など、高負荷環境下でも信頼性の高い支持力を発揮します。さらに、密度の均一性は安定した性能を確保し、局所的な密度変化による構造破損を防ぎます。さらに、高密度はディスクの耐摩耗性と耐衝撃性を向上させ、過酷な環境下でも長期使用を可能にします。タングステン合金ディスクの優れた点は、環境への配慮にも深く関わっています。無毒でリサイクル可能

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

な材料であるタングステン合金ディスクは、その高密度性により、医療機器や食品加工機器など、従来の高密度材料の代替として大きなメリットをもたらし、安全性と環境負荷の両方の要件を満たします。密度と製造プロセスを最適化することで、タングステン合金ディスクは高性能要件を満たすと同時に資源効率を最大化することができ、現代産業の持続可能な発展に重要な貢献を果たします。

### 3.2 タングステン合金ディスクの耐熱性

タングステン合金ウエハーの優れた耐高温性は、航空宇宙、産業プロセス、エネルギー機器における信頼性を決定づける重要な要素です。この耐高温性は、融点、高温環境における安定性、耐熱衝撃性など、様々な側面を網羅しています。これらの特性は、最適化された合金組成と高度な製造プロセスによって実現され、ウエハーは極度の高温条件下でも優れた性能を維持します。

#### 3.2.1 融点

タングステン合金ウエハーの耐高温性は、その基本的な指標の一つです。非常に高い融点を持つため、高温用途に最適です。タングステン自体は高融点金属です。他の金属元素（ニッケル、鉄、銅、銀など）と合金化することで、高い融点を維持しながら靱性と加工性を向上させることができ、様々な高温環境に適したウエハーを実現できます。タングステン合金ウエハーの融点特性により、多くの従来材料の限界に近い、あるいはそれを超える温度でも正常に動作し、高温処理や過酷な環境において信頼性の高い材料サポートを提供します。

タングステン合金ディスクは、通常、粉末冶金技術を用いて製造されます。この技術では、タングステン粉末を他の金属粉末と特定の割合で混合し、混合物を圧縮成形した後、高温で焼結することで、高融点かつ均一な構造を持つ円形の薄片を生成します。合金組成の選択は、融点に一定の影響を与えます。例えば、ニッケルと鉄を添加すると靱性が向上しますが、融点はわずかに低下する可能性があります。銅や銀を添加すると、熱伝導性または電気伝導性のバランスをとるために融点がさらに調整されます。製造工程では、焼結プロセスを最適化することが、高温性能を維持するために不可欠です。例えば、焼結温度と圧力を正確に制御することで、ディスクの緻密な微細構造を確保し、高温環境下でも性能の安定性を維持できます。タングステン合金ディスクは、極度の温度条件が求められる用途において大きな利点をもたらします。例えば、航空宇宙分野では、高融点ディスクはエンジンや高温キャビン内の高温部品として使用できます。工業プロセス分野では、高温炉や熱処理装置の過酷な条件に耐えながら、構造的完全性を維持できます。融点を制御できるため、メーカーは特定の用途要件に応じてディスクの性能を調整できます。例えば、極端な温度に対応するために高い融点が求められる場合もあれば、融点と熱伝導率などの他の特性とのバランスを取る必要がある場合もあります。

さらに、タングステン合金ディスクの融点特性は、環境への配慮と密接に関連しています。無毒でリサイクル可能な材料であるタングステン合金ディスクは、高温用途において優れた性能を発揮するだけでなく、医療や食品加工などの分野の安全要件も満たしています。合金組成と製造プロセスを最適化することで、タングステン合金ディスクは環境への配慮と持続可能

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



性を維持しながら、高温環境においても信頼性の高い性能を発揮し、現代産業における高温用途を大きくサポートします。

### 3.2.2 高温環境における安定性

高温安定性は、タングステン合金ディスクの耐高温性において重要な要素であり、持続的な高温または極度の熱条件下で物理的および化学的特性を維持する能力を指します。合金化と精密製造プロセスにより、タングステン合金ディスクは高温環境下でも構造的完全性、機械的特性、および化学的安定性を維持し、高温による変形、軟化、または性能低下を回避します。この特性により、タングステン合金ディスクは航空宇宙、エネルギー機器、および産業プロセスにおいて重要な部品となっています。

高温安定性の実現は、粉末冶金技術の最適化にかかっています。製造工程において、タングステン粉末とその他の金属粉末を均一に混合することが、高温安定性を確保するために不可欠です。合金組成の選択は、高温環境におけるウェーハの性能に直接影響します。例えば、ニッケルと鉄を添加することで、ウェーハの靱性と耐酸化性が向上し、高温環境における安定性が向上します。焼結プロセスの最適化も鍵となります。例えば、熱間等方圧加圧（HIP）は、内部の気孔を除去し、ウェーハの密度と構造の均一性を向上させることで、高温条件下でも安定した性能を維持できます。

タングステン合金ディスクは高温環境下でも優れた安定性を発揮するため、様々な過酷な状況下で優れた性能を発揮します。例えば、航空宇宙機器では、高温エンジンや燃焼室内の支持部品や遮蔽部品として機能し、構造的完全性を維持します。エネルギー機器では、高温反応炉や発電装置内で長期間稼働し、熱応力による性能劣化を防ぎます。さらに、耐腐食性にも優れているため、化学処理装置の重要部品など、高温で化学的に活性な環境下でも安定した性能を維持できます。高温安定性のもう一つの利点は、加工精度の向上です。安定した微細構造により、高温環境下でも寸法精度を維持し、熱膨張や変形による寸法変化を防ぎます。この特性により、高温電子機器や医療機器の主要部品など、精密製造分野への幅広い応用が可能です。最適化された高温安定性は、ウェーハの耐用年数を延長し、高温による材料劣化を低減するため、産業用途において長期にわたる信頼性の高いソリューションを提供します。

### 3.2.3 耐熱衝撃性

耐熱衝撃性は、タングステン合金ウェーハの高温性能において重要な要素です。これは、急激な温度変化や熱サイクルを伴う環境において、熱応力による割れや変形に抵抗する能力を指します。合金化処理と最適化された製造プロセスにより、タングステン合金ウェーハは、高温と低温の間の急激な遷移条件下でも構造的完全性と性能安定性を維持することができます。この特性は、航空宇宙、工業炉、電子機器など、頻繁な熱サイクルを必要とする用途において大きな利点となります。耐熱衝撃性の実現は、合金組成と製造プロセスの最適化に大きく依存します。粉末冶金製造プロセスにおいて、ニッケルや鉄などの元素を添加することで、ウェーハの靱性と耐熱応力性が向上し、耐熱衝撃性が向上します。焼結プロセスの最適化は、耐熱衝撃性の向上に極めて重要です。例えば、焼結温度と圧力を制御することで、緻密な微細構造を形

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



成し、内部欠陥を低減することで、熱サイクル試験におけるウェーハの信頼性を向上させることができます。さらに、研磨やコーティングなどの表面処理プロセスによって、ウェーハの耐熱衝撃性をさらに向上させ、表面クラックの発生を低減することができます。

タングステン合金ディスクは、過酷な熱サイクル環境下でも優れた性能を発揮します。例えば、航空宇宙分野では、エンジンや高温キャビンの急速な加熱・冷却時に構造的完全性を維持します。工業炉では、熱応力によるひび割れや変形を生じることなく、頻繁な加熱・冷却サイクルに耐えることができます。低い熱膨張係数は耐熱衝撃性の鍵であり、温度変動下でもディスクの寸法安定性を維持し、熱応力による変形を軽減します。用途面では、タングステン合金ウェーハの耐熱衝撃性は、高性能アプリケーションにおいて幅広い可能性を秘めています。例えば、電子機器ではヒートシンクとして機能し、急激な温度変化による熱応力に耐えることができます。エネルギー機器では、高温反応炉や発電装置での長期稼働に耐え、熱サイクルによる性能劣化を防ぎます。また、無毒性とリサイクル性を備えているため、医療機器などの繊細なアプリケーションにも活用でき、高温環境下でも信頼性の高い性能を発揮し、環境要件も満たします。

### 3.3 タングステン合金ウェーハの表面特性

タングステン合金ウェーハは、精密加工や機能用途における性能に直接影響を与える重要な部品です。表面特性には、粗さ、平坦性、滑らかさといった重要な指標が含まれており、これらは精密製造プロセスと表面処理技術によって実現されます。これらの優れた表面特性により、タングステン合金ウェーハは、電子機器、医療機器、航空宇宙といった高精度・高信頼性が求められる用途において優れた性能を発揮します。

#### 3.3.1 表面粗さパラメータ

表面粗さは、タングステン合金ディスクの重要な性能指標です。表面の微細形状の偏差を指し、接触特性、摩擦特性、そして美観に直接影響を及ぼします。タングステン合金ディスクの表面粗さは、精密な機械加工工程と表面処理技術によって制御され、極めて低い粗さレベルを実現することで、高精度アプリケーションの要求を満たします。粗さパラメータの最適化は、タングステン合金ディスク製造において重要なステップであり、精密機器における性能に直接影響を及ぼします。

タングステン合金ディスクは、主に粉末冶金技術とその後の表面処理によって製造されます。製造工程では、タングステン粉末を他の金属粉末（ニッケル、鉄、銅など）と混合し、圧縮成形した後、高温で焼結することで、均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。焼結プロセスの最適化は、表面粗さに大きな影響を与えます。例えば、焼結温度と圧力を制御することで、表面の微細欠陥を低減し、より滑らかな表面を実現できます。その後、精密研削、研磨、電気化学処理などのプロセスによって表面粗さがさらに低減され、精密用途の要件を満たす非常

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に滑らかな表面が得られます。

タングステン合金ディスクの優れた表面粗さは、接触性能と摩擦特性において大きな利点をもたらします。低粗面は摩擦抵抗を低減し、接触面の追従性を向上させるため、機械接続部や摺動部品におけるディスクの性能を向上させます。さらに、低粗面は耐腐食性にも寄与します。滑らかな表面は腐食性媒体の付着点を減らし、ディスクの耐用年数を延ばします。また、粗さパラメータの精密な制御はディスクの外観を向上させ、高い美観が求められる用途において、より魅力的な製品となります。

表面粗さの最適化は、製造プロセスの持続可能性にも関連しています。効率的な表面処理技術を用いることで、粗さを低減すると同時に、材料の無駄を最小限に抑え、生産効率を向上させることができます。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル性に優れているため、環境に配慮した用途において大きなメリットをもたらします。例えば、医療機器においては、低粗さの表面は細菌の付着を低減し、安全性を向上させることができます。表面粗さの研究と最適化は、タングステン合金ディスクの性能向上に不可欠な基盤となり、高精度用途における幅広い応用を推進しています。

### 3.3.2 平坦度精度

平坦度精度は、タングステン合金ウェーハの表面性能を示すもう一つの重要な指標です。これは、ウェーハ表面が理想的な平面からどれだけずれているかを示し、表面平坦度を測定するための重要なパラメータです。平坦度精度は、精密組立、シーリング、コンタクト用途、特に高精度接合が求められる用途において、ウェーハの性能に直接影響を及ぼします。高度な製造プロセスと精密加工技術により、タングステン合金ウェーハは極めて高い平坦度精度を実現し、要求の厳しい用途のニーズを満たします。

タングステン合金ウェーハの製造工程において、正確な平坦性を実現するには、複数の最適化が必要です。粉末冶金製造においては、タングステン粉末とその他の金属粉末を均一に混合・圧縮することが、均一な平坦性を確保するために不可欠です。高温焼結においては、温度と圧力を精密に制御することで、ウェーハ内部の応力と変形を低減し、表面平坦性を向上させます。その後、CNC 研削やレーザーレベリングなどの精密加工工程を施すことで、平坦性をさらに最適化し、高精度なウェーハ表面を実現します。さらに、熱間等方圧加圧（HIP）を施すことで微細な欠陥を除去し、平坦性精度をさらに向上させます。

高い平坦度精度を備えたタングステン合金ディスクは、様々な用途で優れた性能を発揮します。例えば、精密機械組立においては、高い平坦度によりディスクと他の部品との密着性が確保され、隙間や振動が低減され、装置の動作安定性が向上します。シーリング用途においては、平坦度精度はシーリング効果に直接影響します。平坦面がシール面と完全に整合することで、ガスや液体の漏れを防止します。さらに、高い平坦度はディスクの接触性能を向上させ、電子機器のコネクタなどに使用する場合、安定した電気接続と信号伝送を実現します。平坦度精度の最適化は、製造効率と環境への配慮にも密接に関連しています。精密加工と品質管理により、

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

平坦度不足によるスクラップを削減し、生産効率を向上させることができます。環境に優しいタングステン合金ウェハは、医療分野や食品加工分野で大きなメリットをもたらします。高い平坦性により、細菌付着や腐食のリスクが低減し、安全性が向上します。平坦度精度の研究と向上は、高精度アプリケーションにおけるタングステン合金ウェハの応用を技術的に支えています。

### 3.3.3 表面仕上げの使用への影響

表面仕上げは、タングステン合金ディスクの表面性能において重要な要素です。これは、加工後に得られる滑らかさと外観品質を指し、機能性と耐久性に直接影響します。表面仕上げはディスクの外観に影響を与えるだけでなく、摩擦特性、耐腐食性、接触特性にも大きな影響を与えます。高度な表面処理プロセスにより、タングステン合金ディスクは高品質な表面仕上げを実現し、様々な要求の厳しい用途のニーズを満たします。滑らかな表面仕上げを実現するには、タングステン合金ウェハの製造工程と後処理工程の連携最適化が不可欠です。粉末冶金製造工程では、タングステン粉末と他の金属粉末の混合・焼結において、均一な微細構造を形成するための精密な制御が求められ、後続の表面処理の基礎となります。精密研磨、化学研磨、電気化学処理などのプロセスは、表面仕上げの向上に不可欠であり、表面粗さを大幅に低減することで鏡面のような効果を実現します。さらに、表面コーティング技術を適用することで、ウェハの耐腐食性と耐摩耗性を向上させながら、仕上げをさらに向上させることができます。

優れた表面仕上げは、タングステン合金ウェハの性能に多くのプラス効果をもたらします。第一に、高品質な表面は摩擦係数を大幅に低減し、摺動または接触時のウェハの摩耗を軽減することで、ウェハの耐用年数を延ばします。第二に、滑らかな表面は腐食性媒体の付着点数を減らし、ウェハの耐腐食性を向上させ、湿気や化学薬品を含む環境下でも長期にわたって性能を維持できるようにします。さらに、高品質な表面は接触性能の向上にも役立ちます。例えば、電子機器の電気接点部品として使用した場合、接触抵抗を低減し、信号伝送効率を向上させることができます。表面仕上げの最適化は、タングステン合金ディスク製造の進歩を実証するものです。効率的な表面処理技術により、材料とエネルギーの消費量を削減しながら表面仕上げを改善し、生産効率を向上させることができます。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル性に優れているため、環境に配慮した用途において優位性を発揮します。優れた表面仕上げは汚染物質の付着を低減し、医療機器や食品加工機器の安全要件を満たします。表面仕上げの研究は、タングステン合金ディスクの性能最適化と用途拡大に重要な支援を提供し、高精度・高信頼性が求められる用途における開発を促進します。

### 3.4 タングステン合金ディスクの硬度と耐摩耗性

タングステン合金ディスクは、高負荷・高摩擦環境において優れた性能を発揮するための重要な特性を備えており、機械構造、耐摩耗部品、産業用工具などへの応用に直接影響を与えます。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



硬度はディスクの変形や傷に対する耐性を決定し、耐摩耗性は長期摩擦における耐久性を決定します。最適化された合金組成と高度な製造プロセスにより、タングステン合金ディスクは高い硬度と優れた耐摩耗性を両立し、様々な過酷な用途のニーズを満たします。

### 3.4.1 硬度指数の範囲

硬度はタングステン合金ウェハの重要な性能指標であり、外力による変形、傷、へこみに対する耐性を表します。これは、機械的強度を測る上で重要なパラメータです。タングステン自体は非常に高い硬度を有しており、天然物質の最高硬度に迫ります。他の金属元素（ニッケル、鉄、銅など）と合金化することで、高い硬度を維持しながら靱性と加工性を向上させることができます。この柔軟な硬度範囲により、タングステン合金ウェハは精密部品から高負荷工具まで、多様なニーズに対応できます。

タングステン合金ディスクは粉末冶金法によって製造されます。製造工程では、タングステン粉末を他の金属粉末と特定の割合で混合し、成形した後、高温で焼結することで、高硬度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。合金組成の選択は硬度に大きな影響を与えます。例えば、ニッケルを添加すると、高い硬度を維持しながら靱性を向上させることができます。鉄を添加すると硬度はさらに高まりますが、延性はわずかに低下する可能性があります。焼結プロセスの最適化は硬度にとって非常に重要です。例えば、焼結温度と圧力を制御することで、緻密な微細組織を形成し、ディスクの硬度と変形抵抗を向上させることができます。

タングステン合金ディスクは、機械的ストレスへの耐性が求められる用途に最適です。例えば、工業プロセスにおいて、高硬度ディスクは金型や工具部品として使用され、切削や衝撃による変形を防ぎます。機械構造物においては、その高い硬度により、高負荷下でもディスクの安定性を確保します。硬度指数の範囲が広いこと、メーカーは特定のニーズに合わせてディスクの性能を調整できます。例えば、高硬度が求められる用途ではタングステン含有量を増やし、硬度と靱性のバランスが求められる用途ではニッケルまたは鉄の比率を最適化できます。

硬度の最適化は、製造プロセスの持続可能性にも関連しています。効率的な焼結および表面処理技術により、材料の無駄を削減し、生産効率を向上させながら硬度を高めることができます。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル可能なため、環境に配慮した用途において優位性を発揮します。例えば、医療機器や食品加工機器では、高硬度ディスクは安全要件を満たしながら信頼性の高い性能を提供できます。硬度に関する研究は、タングステン合金ディスクの性能最適化に重要な支援を提供し、高負荷用途への適用を促進します。

### 3.4.2 耐摩耗性能

耐摩耗性とは、タングステン合金ディスクが摩擦・摩耗環境において性能を維持する能力であり、表面が摩耗、傷、または材料損失に耐える能力を指します。タングステン合金ディスクの耐摩耗性は、高い硬度と最適化された微細構造に由来し、高摩擦・高負荷環境においても長期

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



にわたり表面の完全性を維持します。この優れた耐摩耗性は、産業用工具、機械部品、耐摩耗コーティングなど、幅広い用途への応用が期待されます。

耐摩耗性の向上は、タングステン合金ディスクの製造工程における複数の最適化にかかっています。粉末冶金製造においては、タングステン粉末を他の金属粉末（ニッケルや鉄など）と均一に混合し、高温焼結することが耐摩耗性確保の基本となります。ニッケルと鉄の添加は、ディスクの靱性と耐衝撃性を向上させ、摩擦時に発生する可能性のあるマイクロクラックを低減します。焼結プロセスの最適化は耐摩耗性にとって極めて重要です。例えば、熱間等方圧加圧（HIP）は内部の気孔を除去し、緻密な微細構造を形成することで、ディスクの耐摩耗性を向上させることができます。研磨やコーティングなどの表面処理は、耐摩耗性をさらに高め、表面摩耗を低減します。

タングステン合金ディスクは、高摩擦環境において優れた性能を発揮します。例えば、工業プロセスにおいては、金型や切削工具の部品として使用され、高速切削や摩擦による摩耗を抑制します。機械設備においては、摺動部品として使用され、長期摩擦による材料損失を低減します。また、耐腐食性も耐摩耗性を支える重要な要素であり、湿気や化学薬品を含む環境下でもディスクの表面品質を維持し、腐食による摩耗の加速を防ぎます。

耐摩耗性の最適化は、製造効率との統合にもつながります。効率的な表面処理と品質管理により、耐摩耗性を向上させながら生産コストを削減できます。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル性に優れているため、環境に配慮した分野で優位性を発揮します。例えば、医療機器や食品加工機器では、耐摩耗性に優れたディスクを使用することで、メンテナンス頻度を削減し、機器の寿命を延ばすことができます。

### 3.4.3 硬度と耐摩耗性の関係

硬度と耐摩耗性は、タングステン合金ディスクの性能において密接に関連する 2 つの側面です。硬度は耐摩耗性に直接影響し、耐摩耗性はさらに実際の使用における硬度の有効性を反映します。硬度は、材料の変形や傷に対する耐性として、耐摩耗性の基礎となります。一般的に、硬度が高いほど耐摩耗性も高くなります。しかし、硬度と耐摩耗性の関係は単純な直線関係ではなく、合金組成、微細構造、表面処理にも影響されます。これらの要素を最適化することで、タングステン合金ディスクは硬度と耐摩耗性の理想的なバランスを実現できます。

硬度と耐摩耗性の関係は製造プロセスに反映されています。粉末冶金製造において、タングステンの高い硬度は耐摩耗性の基盤となり、ニッケルや鉄などの元素を添加することで靱性を向上させ、高硬度による脆化を防ぎ、耐摩耗性を高めます。焼結プロセスの最適化は、この 2 つの関係において極めて重要です。例えば、焼結温度を精密に制御することで、緻密な微細組織を形成し、硬度を高め、摩擦時に発生する可能性のある微小亀裂を低減することができます。研磨やハードコーティングなどの表面処理プロセスは、硬度と耐摩耗性の相乗効果をさらに高め、ウェーハ表面の耐摩耗性を向上させることができます。

高い硬度は、タングステン合金ディスクの耐摩耗性にとって確固たる基盤となります。例えば、

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高硬度ディスクの表面は傷や摩耗に効果的に耐性し、長期使用においても品質を維持します。しかし、硬度が高すぎると靱性が不十分になり、衝撃や振動の大きい環境ではディスクが割れやすくなります。そのため、合金化処理によって硬度と靱性のバランスを最適化することが重要です。例えば、ニッケル含有量を増やすことで靱性が向上し、高い硬度を維持しながら耐摩耗性を高めることができます。この関係により、タングステン合金ディスクは様々な摩擦環境で優れた性能を発揮します。

硬度と耐摩耗性の関連性は、環境保護との統合にも反映されています。タングステン合金ディスクは無毒でリサイクル可能なため、医療分野や食品加工分野で優位性を発揮します。高い硬度と耐摩耗性を組み合わせることで、部品の交換頻度を減らし、資源消費を削減できます。製造プロセスを最適化することで、硬度と耐摩耗性を向上させると同時に、エネルギーの無駄を減らし、生産効率を向上させることができます。

### 3.5 タングステン合金ディスクの強度と靱性

タングステン合金ディスクは、その機械的特性の中核を成す要素であり、高負荷および動的環境における性能に直接影響を及ぼします。引張強度と曲げ強度の両方を包含する強度は、ディスクの伸張および曲げ変形に対する抵抗力を反映します。一方、衝撃靱性に反映される靱性は、衝撃や振動によるディスクの破損に対する耐性を決定します。最適化された合金組成と高度な製造プロセスにより、タングステン合金ディスクは強度と靱性の理想的なバランスを実現し、精密部品から高負荷構造物まで、多様な要件を満たします。

#### 3.5.1 引張強度値

引張強度はタングステン合金ディスクの重要な機械的特性であり、引張荷重下での破壊耐性を定義し、強度と信頼性を測る重要なパラメータとなります。タングステンは本質的に優れた強度を有していますが、脆性のため直接的な用途は限られています。タングステン合金ディスクを他の金属元素（ニッケル、鉄、銅など）と合金化することで、高い引張強度を維持しながら靱性と加工性を向上させることができ、様々な高負荷シナリオに適した製品となります。最適化された合金組成と製造プロセスにより、幅広い引張強度を実現し、精密機器から重機まで、多様な要件に対応します。

タングステン合金ディスクは粉末冶金法によって製造されます。製造工程では、タングステン粉末とその他の金属粉末を特定の割合で混合し、成形した後、高温で焼結することで、高強度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。合金組成の選択は引張強度に大きな影響を与えます。例えば、ニッケルを添加すると靱性が向上し、引張強度が向上します。一方、鉄を添加すると強度はさらに向上しますが、延性はわずかに低下する可能性があります。焼結プロセスの最適化は引張強度に不可欠です。例えば、熱間静水圧プレスは内部欠陥を排除し、緻密な微細組織を形成することで、ディスクの引張強度を向上させることができます。

高い引張強度を持つタングステン合金ディスクは、引張荷重を必要とする用途に最適です。例えば、機械構造においては、支持部品として使用され、引張応力に耐え、構造安定性を確保し

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ます。航空宇宙分野では、高い引張強度を活かして接続部品として使用され、高負荷環境における引張力に耐えます。引張強度を制御できるため、メーカーはディスクの性能を特定のニーズに合わせて調整できます。例えば、高強度が求められる用途ではタングステン含有量を増やし、強度と靱性のバランスが求められる用途ではニッケルまたは鉄の比率を最適化できます。

引張強度の最適化は、製造プロセスの持続可能性にも関連しています。効率的な焼結および加工技術により、材料の無駄を削減し、生産効率を向上させながら、引張強度を高めることが可能です。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル可能であるため、環境に配慮した分野において優位性を発揮します。例えば、医療機器や食品加工機器においては、高引張強度ディスクは安全要件を満たしながら信頼性の高い性能を提供します。

### 3.5.2 曲げ強度性能

曲げ強度、つまりタングステン合金ディスクが曲げ荷重下で変形や破損に抵抗する能力は、その機械的特性を示す重要な指標であり、複雑な応力環境における性能に直接影響を及ぼします。合金化と製造プロセスの最適化により、タングステン合金ディスクは高い曲げ強度を維持しながら靱性を向上させ、曲げ応力による脆性破壊を防止します。この曲げ強度は、機械構造、航空宇宙、産業用工具など、曲げ荷重を必要とする用途において大きな利点となります。

曲げ強度の実現は、粉末冶金技術の最適化にかかっています。製造工程において、タングステン粉末と他の金属粉末を均一に混合し、高温焼結を行うことが、曲げ強度を確保するための基礎となります。ニッケルと鉄の添加は、ウェーハの靱性と耐割れ性を向上させ、曲げ応力下での破損の可能性を低減します。焼結プロセスの最適化は、曲げ強度にとって非常に重要です。例えば、焼結温度と圧力を制御することで、緻密な微細構造を形成でき、ウェーハの曲げ強度を向上させることができます。さらに、研磨やコーティングなどの表面処理プロセスによって、曲げ強度をさらに高め、表面欠陥による応力集中を軽減することができます。

タングステン合金ディスクは、複雑な応力環境下でも優れた性能を発揮します。例えば、産業機械においては、支持部やコネクタとして機能し、曲げ応力に耐え、構造安定性を確保します。航空宇宙分野では、高い曲げ強度により、高速航空機が生み出す複雑な応力にも耐えることができます。さらに、耐熱性と耐腐食性も高い曲げ強度を誇り、高温環境や化学環境下でも安定した性能を維持し、環境要因による強度低下を防ぎます。

曲げ強度の最適化は、タングステン合金ディスクの製造効率の向上にも繋がります。効率的な加工技術と品質管理技術により、曲げ強度を高めつつ生産コストを削減することが可能です。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル性に優れているため、医療機器や食品加工機器など、環境負荷の高い用途において大きなメリットをもたらします。高い曲げ強度を持つディスクは、安全性と環境要件を満たしながら、信頼性の高い性能を提供します。

### 3.5.3 衝撃靱性指数

衝撃靱性は、タングステン合金ディスクが衝撃や振動負荷下で破壊に耐える能力です。これは

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



韌性性能の重要な指標であり、動的環境における信頼性に直接影響します。タングステンは本質的に高い硬度を持ちますが、韌性は比較的低いです。タングステン合金ディスクは、ニッケルや鉄などの他の金属元素と合金化することで、衝撃韌性を大幅に向上させ、衝撃や振動による脆性破壊を防止します。この衝撃韌性は、合金組成と製造プロセスの最適化によって実現され、高衝撃条件下でもディスクが安定した性能を維持できるようにします。

衝撃韌性の向上は、粉末冶金製造プロセスにおける複数の最適化にかかっています。ニッケルと鉄の添加は、衝撃韌性の向上、ディスクの延性と耐割れ性の向上、そして衝撃荷重下での潜在的な破損の低減に不可欠です。焼結プロセスの最適化は、衝撃韌性の向上に不可欠です。例えば、熱間等方圧加圧（HIP）は、緻密な微細構造を形成し、内部の気孔を排除することで、ディスクの耐衝撃性を向上させます。さらに、研磨やハードコーティングなどの表面処理は、表面欠陥を低減し、衝撃環境におけるディスクの耐久性を向上させます。

タングステン合金ディスクは、動的な環境下でも優れた性能を発揮します。例えば、機械設備においては、摺動部品や回転部品として振動や衝撃荷重に耐え、構造の完全性を維持します。航空宇宙分野では、接統部品や支持部品として使用され、航空機の運航に伴う衝撃力に耐えます。さらに、耐高温性と耐腐食性も備えているため、衝撃韌性も向上し、高温環境や化学環境下でも韌性を維持し、環境要因による性能低下を防ぎます。

衝撃韌性の最適化は、タングステン合金ウェハの環境への配慮にも関連しています。無毒性でリサイクル可能な特性は、医療分野や食品加工分野で大きなメリットをもたらします。高衝撃韌性ウェハは、部品の交換頻度と資源消費を削減します。効率的な製造プロセスにより、衝撃韌性の向上と同時に、エネルギーの無駄を削減し、生産効率を向上させることができます。

### 3.5.4 タングステン合金ディスクの用途における強度の影響

強度はタングステン合金ディスクの中核となる機械的特性であり、引張強度、曲げ強度、その他の特性を含み、高負荷環境における性能に直接影響を及ぼします。強度はディスクの変形、破損、応力に対する耐性を決定づけ、高い機械的性能が求められる用途において重要な役割を果たします。ニッケルや鉄などの元素を添加する合金化プロセスにより、タングステン合金ディスクは高い強度を維持しながら韌性を向上させ、複雑な応力環境下でも構造安定性を維持します。

タングステン合金ディスクの用途における強度の影響は、様々な側面に反映されています。まず、高強度ディスクはより大きな機械的ストレスに耐えることができるため、機械構造の支持部品や接統部品としての使用に適しています。例えば、航空宇宙機器では、高強度ディスクはエンジンや機体部品として使用され、高速運転時の引張応力や曲げ応力に耐え、機器の信頼性を確保します。次に、強度はディスクの耐久性にも影響を与えます。高強度ディスクは、長期間の使用による疲労や変形に耐えることができ、耐用年数を延ばします。さらに、強度は加工性能にも関連しています。高強度ディスクは、精密加工によって寸法精度を維持できるため、高精度用途のニーズを満たすことができます。製造工程において、強度を最適化するには粉末冶金技術の精密な制御が不可欠です。タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、高温焼結す

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



ることで緻密な微細構造が形成され、ウェーハの引張強度と曲げ強度が向上します。熱間静水圧プレスなどの高度なプロセスにより、強度の均一性が向上し、内部欠陥が低減し、高負荷環境におけるウェーハの信頼性が確保されます。合金組成の調整も重要です。例えば、ニッケル含有量を増やすことで、強度と靱性のバランスを保ち、様々な用途のニーズに対応できます。タングステン合金ウェーハの強度は、環境への配慮にも関連しています。高強度ウェーハは、部品の交換頻度を低減し、資源消費量を削減し、持続可能な開発の要件を満たします。また、無毒性であることから、医療分野や食品加工分野で優位性を発揮し、高負荷環境下でも信頼性の高い性能を発揮しながら安全基準を満たします。最適化された強度は、高応力環境下におけるタングステン合金ウェーハの応用に確固たる基盤を提供し、現代産業における幅広い発展を牽引しています。

### 3.5.5 タングステン合金ウェーハの用途における靱性の影響

靱性とは、タングステン合金ディスクが動的環境、特に衝撃や振動条件下での破損に耐える能力であり、脆性破壊を防ぎ、構造的完全性を維持します。タングステンは本質的に高い硬度を持ちますが、靱性は比較的低いです。ニッケルや鉄などの元素を添加する合金化プロセスにより、タングステン合金ディスクは衝撃靱性を大幅に向上させ、複雑な動的環境において優れた性能を発揮します。靱性はディスクの用途に大きな影響を与え、高振動、衝撃、または周期的な負荷がかかる状況における信頼性を左右します。

タングステン合金ディスクの用途における靱性の影響は、主に耐破壊性と長期耐久性に表れます。高い靱性により、ディスクは衝撃や振動環境下における亀裂の発生や拡大を抑制できます。例えば、機械設備における摺動部品や回転部品として、頻繁な動的負荷に耐え、安定した性能を維持できます。航空宇宙分野では、高靱性ディスクは接統部品や支持部品として使用され、航空機の運航中の衝撃力に抵抗し、構造の完全性を確保します。さらに、靱性はディスクの加工性能にも影響を与えます。高靱性ディスクは、旋削加工やフライス加工などの加工工程を経て、構造安定性を維持しながら複雑な形状に加工することができます。製造プロセスにおいて、靱性の最適化は合金組成と加工工程の相乗効果に大きく依存します。ニッケルと鉄の添加はウェーハの延性と耐割れ性を大幅に向上させ、高温焼結と熱間等方圧加圧（HIP）は緻密な微細構造を形成し、内部欠陥を低減し、衝撃靱性を向上させます。研磨やコーティングなどの表面処理も靱性を高め、表面割れの発生を低減します。合金組成を精密に制御することで、ウェーハの靱性と強度のバランスを実現し、様々な用途のニーズに対応します。靱性の最適化は、タングステン合金ウェーハの環境的利点も実証しています。高靱性ウェーハは、衝撃や振動による部品の故障を低減し、メンテナンスや交換頻度を削減し、資源の無駄を最小限に抑えることができます。無毒性でリサイクル可能な特性は、医療分野や食品加工分野における幅広い応用の可能性を秘めており、安全性と環境要件を満たしながら、動的な環境下でも信頼性の高い性能を発揮します。靱性研究は、タングステン合金ウェーハを高度に動的な用途に適用するための技術的支援を提供し、現代産業におけるタングステン合金ウェーハの発展の基盤を築きます。

### 3.6 タングステン合金ディスクの放射線遮蔽性能

タングステン合金ディスクは、特殊な用途において重要な特性を有しています。高密度で原子

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

番号が高いため、X線やガンマ線などの高エネルギー放射線を効果的に吸収・遮断します。この特性により、医療、科学、産業分野において、機器や人員を放射線の危険から保護する遮蔽部品として、タングステン合金ディスクは不可欠な存在となっています。タングステン合金ディスクの放射線遮蔽特性は、最適化された合金組成と改良された製造プロセスによって実現されており、高放射線環境において信頼性の高い保護を提供します。

放射線遮蔽性能の達成は、タングステン合金ディスクの高密度かつ均一な微細構造にかかっています。粉末冶金製造工程では、タングステン粉末を他の金属粉末（ニッケルや鉄など）と混合し、圧縮成形後、高温で焼結することで、高密度かつ均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。高密度は遮蔽性能の要であり、ディスクは高エネルギー放射線を効果的に吸収し、透過の可能性を低減します。合金組成の最適化は、遮蔽性能に大きな影響を与えます。例えば、ニッケルと鉄を添加することで靱性が向上し、高放射線環境における構造安定性が確保されます。熱間静水圧プレスなどの焼結工程を最適化することで、内部の気孔が除去され、密度の均一性が向上し、遮蔽効果が向上します。

タングステン合金ディスクは医療機器に広く使用されています。例えば、X線装置やCTスキャナーの遮蔽部品として使用され、患者と医療従事者を放射線の危険から守ります。原子力分野では、高密度と耐腐食性により放射線防護部品として理想的な選択肢となっています。鉛などの従来の遮蔽材料と比較して、タングステン合金ディスクは無毒でリサイクル可能であり、より薄い厚さでも同等の遮蔽効果が得られるため、材料使用量と機器重量を削減できます。

放射線遮蔽性能の最適化は、製造効率と環境への配慮にも関連しています。効率的な焼結・加工技術は、遮蔽性能を向上させると同時に、材料の無駄を削減し、生産効率を高めることができます。タングステン合金は無毒性であるため、医療・科学研究分野で高い需要があり、厳格な安全基準と環境基準を満たしています。放射線遮蔽特性の研究は、高放射線環境におけるタングステン合金ウェハの応用に科学的根拠を提供し、医療、科学、産業分野における幅広い発展を促進します。

### 3.6.1 ガンマ線に対する遮蔽効果

タングステン合金ディスクのガンマ線遮蔽性能は、その重要な指標です。これは、タングステン合金ディスクの高密度と高原子番号が、高エネルギーガンマ線を効果的に吸収し、透過率を低減することに起因します。ガンマ線は透過性の高い電磁放射線であり、原子力施設、医療放射線療法、科学研究実験などで頻繁に使用されるため、極めて高い密度と安定性を備えた遮蔽材料が求められます。タングステン合金ディスクは、ニッケルや鉄などの元素を添加する合金化処理を施すことで、高密度を維持しながら靱性と構造安定性を向上させ、優れたガンマ線遮蔽性能を実現しています。

タングステン合金ディスクは、粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末を他の

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

金属粉末と混合し、圧縮成形した後、高温で焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。ガンマ線遮蔽効果を高めるには、合金組成の最適化が不可欠です。例えば、ニッケルを添加することでディスクの靱性が向上し、高放射線環境下における応力誘起割れを防止できます。熱間静水圧プレスなどの焼結プロセスを最適化することで、内部の気孔が除去され、密度の均一性が向上し、ディスクのガンマ線吸収能力が向上します。研磨などの表面処理も、表面欠陥を低減し、安定した遮蔽効果を確保します。

タングステン合金ディスクは、ガンマ線に対する遮蔽効果に優れており、高放射線環境において大きなメリットをもたらします。例えば、医療分野では、放射線治療装置の遮蔽部材として使用され、患者や医療従事者をガンマ線の有害な影響から守ります。原子力施設では、その高い密度と安定性から、原子炉や廃棄物処理設備の遮蔽材として最適です。また、無毒性であるため、鉛などの従来の遮蔽材よりも環境に優しく、医療研究や科学研究にも適しています。さらに、タングステン合金ディスクは高密度であるため、比較的薄い厚さでも優れた遮蔽効果を発揮し、機器の軽量化と設計の柔軟性向上を実現します。

ガンマ線遮蔽の最適化は、製造効率と環境への配慮にもつながります。効率的な焼結・加工技術は、遮蔽性能を向上させると同時に、材料廃棄物を削減します。また、リサイクル性に優れているため、資源循環にも有利で、現代産業の持続可能な開発要件を満たしています。タングステン合金ウェハのガンマ線遮蔽効果は、高放射線環境下における信頼性の高い防護ソリューションを提供し、医療・科学研究における幅広い応用を促進しています。

### 3.6.2 X線遮蔽能力

タングステン合金ディスクのX線遮蔽能力は、放射線遮蔽性能におけるもう一つの重要な要素です。高密度で原子番号が高いため、X線を効果的に吸収・遮断し、機器や人へのX線透過のリスクを低減します。X線は医療診断、産業試験、科学研究など幅広い分野で利用されており、高密度で優れた構造安定性を備えた遮蔽材料が求められています。タングステン合金ディスクは、合金化技術と精密製造プロセスにより、優れたX線遮蔽性能を発揮し、高精度と安全性の要件を満たしています。

製造工程では、粉末冶金技術を用いてタングステン合金ディスクを製造します。タングステン粉末を他の金属粉末（ニッケル、鉄、銅など）と混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。合金組成の選択は、X線遮蔽能力に大きな影響を与えます。例えば、ニッケルと鉄を添加することで、ディスクの靱性と耐割れ性が向上し、高放射線環境下でも構造の完全性を確保できます。焼結温度と圧力の制御など、焼結プロセスを最適化することで、ディスクの密度と均一性を高め、X線吸収能力を向上させることができます。研磨やコーティングなどの表面処理工程により、ディスクの性能安定性がさらに向上します。タングステン合金ディスクは、その優れたX線遮蔽性能により、医療分野や産業分野で広く使用されています。例えば、X線装置やCTスキャナーの遮蔽部品として

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



使用され、オペレーターや患者を放射線の危険から保護します。産業用非破壊検査においては、その高密度により X 線を効果的に遮断し、検査プロセスの安全性を確保します。また、非毒性でリサイクル可能であることから、医療機器など、環境に配慮した用途においても、厳しい安全基準および環境基準を満たすことができます。さらに、タングステン合金ディスクは高密度であるため、比較的薄い厚さでも効率的な遮蔽が可能で、機器設計の最適化にも役立ちます。

X 線遮蔽性能の最適化は製造効率にも関連しています。効率的な処理と品質管理技術は、遮蔽性能を向上させると同時に生産コストを削減できます。リサイクル性に優れているため、資源利用に有利であり、環境への影響を軽減します。タングステン合金ウェハの X 線遮蔽性能は、医療診断や産業試験におけるアプリケーションを信頼性高くサポートし、高精度アプリケーションの開発を促進します。

### 3.6.3 シールド性能と厚さの関係

タングステン合金ディスクの遮蔽性能は厚さと密接に関係しており、厚さはガンマ線や X 線などの高エネルギー放射線の吸収能力に直接影響します。高密度はタングステン合金ディスクの遮蔽性能の中核を成し、厚さは放射線の減衰率を決定します。ディスクの厚さを調整することで、低強度から高強度の放射線防護まで、様々な遮蔽効果を実現できます。この関係により、タングステン合金ディスクは設計と適用において高い柔軟性を備え、特定のシナリオに基づいて最適な遮蔽性能を実現できます。

製造工程では、粉末冶金技術と加工技術によってタングステン合金ディスクの厚さを精密に制御します。タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、圧縮成形した後、高温で焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。厚さの制御には、合金組成と焼結プロセスを総合的に考慮する必要があります。例えば、熱間等方圧成形（HIP）はディスク密度の均一性を向上させ、異なる厚さでも一貫したシールド効果を確保できます。その後、研削や旋削などの加工技術によって、特定のシールド要件に合わせてディスクの厚さを精密に調整することができます。

遮蔽性能と厚さの関係は、放射線減衰能力に反映されます。厚いディスクはより多くの放射線エネルギーを吸収するため、原子力施設や放射線治療装置などの高強度放射線環境に適しています。一方、薄いディスクは、医療診断装置などの低強度放射線環境に適しています。タングステン合金ディスクの厚さは柔軟性が高いため、材料使用量と装置重量を最適化しながら、様々な状況で最適な遮蔽効果を実現できます。高密度であるため、従来の材料と同等の遮蔽効果をより薄い厚さで実現でき、設計効率が向上します。

厚さの最適化は、環境性能と製造効率にも関連しています。厚さを正確に制御することで、遮蔽要件を満たすと同時に、材料の無駄を減らし、資源利用率を向上させることができます。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル性に優れているため、医療研究や科学研究において優位性を発揮し、安全性と環境要件を満たしています。遮蔽性能と厚さの関係に関する研究は、タングステン合金ディスクの設計と応用に科学的根拠を提供し、高放射線環境における幅広い使用を促進します。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



### 3.6.4 鉛遮蔽効果との比較

タングステン合金ディスクは、従来の鉛遮蔽材に比べて、特に高密度、環境への配慮、そして適用範囲の柔軟性において、大きな遮蔽効果を発揮します。従来の遮蔽材である鉛は、その高密度と低コストから放射線防護に広く使用されていますが、その毒性与環境への影響により、特定の分野での適用が制限されています。タングステン合金ディスクは、高密度、無毒性、そしてリサイクル性に優れており、鉛の理想的な代替品として、医療、科学、産業用途においてより安全で効果的な遮蔽を提供します。

タングステン合金ディスクは、高密度と高原子番号によってガンマ線と X 線を効果的に吸収します。鉛と比較して、タングステン合金ディスクは一般的に同じ厚さでより高い遮蔽効率を示し、より薄い厚さでも同等の遮蔽効果が得られるため、材料使用量と機器重量を削減できます。タングステン合金ディスクは粉末冶金技術を用いて製造されます。タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、加圧成形した後、高温で焼結することで、高密度で均一な構造を持つ円形ディスクを形成します。ニッケルや鉄を添加するなど、合金組成を最適化することで、ディスクの靱性と安定性が向上し、遮蔽効果がさらに高まります。

鉛と比較したタングステン合金ディスクの最大のメリットの一つは、環境に優しいことです。鉛は有毒であり、環境や人体への悪影響が懸念されますが、タングステン合金ディスクは無毒でリサイクル可能なため、医療機器や食品加工機器といった繊細な用途に適しています。さらに、タングステン合金ディスクは鉛よりも優れた機械的特性を有しています。高い強度と靱性により、高負荷環境や動的環境においても構造安定性を維持し、応力による変形や割れを防ぎます。

タングステン合金ディスクは、鉛に比べて製造と適用の柔軟性に優れています。精密機械加工と表面処理により、高精度と平滑性を実現し、複雑な設計要件を満たします。また、リサイクル性に優れているため、資源の無駄を削減し、持続可能な開発にも貢献します。鉛との遮蔽効果の比較研究は、高放射線環境下における応用の理論的裏付けとなり、医療、科学、産業分野における幅広い開発を促進しています。

### 3.7 タングステン合金ディスクの電気伝導率と熱伝導率

タングステン合金ウエハは、電子機器、電気工学、熱管理といった用途において重要な特性を有し、高性能デバイスの性能に直接影響を与えます。電気伝導性はウエハの電流伝導効率を決定し、熱伝導性は熱の伝達と放散能力を決定します。合金化技術と精密製造プロセスにより、タングステン合金ウエハは電気伝導性と熱伝導性の最適なバランスを実現し、精密電子機器から高温機器まで、多様な要件を満たします。

#### 3.7.1 導電率パラメータ

電気伝導性はタングステン合金ディスクの重要な性能指標であり、電流を伝導する能力を指

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

し、電気・電子用途における有効性を評価するための重要なパラメータです。タングステン自体は抵抗率が高く、導電性は比較的低いですが、銅や銀などの導電性の高い他の金属と合金化することで、タングステン合金ディスクの導電性を大幅に向上させることができ、高性能電気機器の要求を満たすことができます。導電率パラメータの最適化は、合金組成と製造プロセスの精密な制御によって実現され、低電力から高電力まで、幅広い用途に適応できます。

タングステン合金ディスクは、粉末冶金法によって製造されます。製造工程では、タングステン粉末を高導電性金属粉末（銅や銀など）と特定の比率で混合し、成形した後、高温で焼結することで、均一な構造と優れた導電性を備えた円板を形成します。合金組成の選択は、導電性に直接影響します。例えば、銅を添加すると、高い機械的強度を維持しながら導電性を大幅に向上させることができます。銀を添加すると導電性がさらに向上し、高精度の電気用途に適しています。焼結プロセスの最適化は、導電性にとって非常に重要です。例えば、焼結温度と圧力を制御することで、緻密な微細構造を形成でき、抵抗を低減し、電流伝導効率を向上させることができます。

高導電性タングステン合金ディスクは、電気・電子分野において大きなメリットをもたらします。例えば、高電圧電気システムにおいては、接点やコネクタとして機能し、効率的な電流伝導を確保し、エネルギー損失を低減します。電子機器においては、その高い導電性から回路基板やコネクタに最適な材料となり、信号伝送効率を向上させます。さらに、耐高温性と耐アーキ性も導電性を高め、高負荷環境下でも安定した性能を維持し、過熱やアーキ放電による性能低下を防ぎます。

導電性パラメータの最適化は、製造効率と環境への配慮にも関連しています。効率的な焼結および加工技術により、導電性を向上させると同時に、材料の無駄を削減し、生産効率を高めることができます。タングステン合金ウェハは無毒性でリサイクル性に優れているため、環境に配慮した分野において優位性を発揮します。例えば、医療用電子機器においては、高導電性ウェハは安全性と環境要件を満たしながら信頼性の高い性能を提供できます。導電性研究は、タングステン合金ウェハの電気分野への応用を技術的に支援し、高性能用途における開発を促進しています。

### 3.7.2 熱伝導率の範囲

熱伝導率は、熱管理分野におけるタングステン合金ウェハの重要な性能指標です。熱伝導率は熱伝導率を指し、放熱効果を測る重要なパラメータです。タングステン自体の熱伝導率は低いですが、高伝導性金属と合金化することでタングステン合金ウェハの熱伝導率を大幅に向上させることができ、効率的な放熱が求められる用途において優れた性能を発揮します。この熱伝導率の柔軟性は、合金組成と製造プロセスの最適化によって実現され、電子機器から高温の産業用途まで、多様な要件に対応します。

熱伝導率の向上は、粉末冶金技術の最適化にかかっています。製造工程では、タングステン粉

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

末を銅粉末などの高熱伝導性金属粉末と混合し、成形した後、高温で焼結することで、高熱伝導性と均一な構造を持つ円形薄片を形成します。銅の添加は熱伝導率向上の鍵です。銅の高い熱伝導率はディスクの熱伝導率を大幅に向上させることができ、タングステンの高密度と耐高温性は、高温環境下におけるディスクの構造安定性を確保します。焼結プロセスの最適化は熱伝導率にとって極めて重要です。例えば、熱間静水圧プレス技術により、緻密な微細構造を形成できるため、熱抵抗が低減し、熱伝導効率が向上します。

高い熱伝導率を持つタングステン合金ディスクは、熱管理において幅広い用途に使用されています。例えば、電子機器ではヒートシンクやヒートパイプとして機能し、高温部から放熱部へ熱を素早く伝達することで過熱を防止します。航空宇宙分野では、高い熱伝導率と耐高温性により、高温部品の熱管理に適しており、過酷な環境下でも機器の信頼性を確保します。また、低い熱膨張係数も熱伝導率を高め、温度変動下でもディスクの寸法安定性を維持し、熱応力による変形を防ぎます。

熱伝導率範囲の最適化は、タングステン合金ディスクの製造効率の向上も反映しています。効率的な加工技術と品質管理技術により、熱伝導率を向上させながら生産コストを削減できます。タングステン合金ディスクは無毒性でリサイクル性に優れているため、環境に配慮した分野において優位性を発揮します。例えば、医療用電子機器や新エネルギー機器において、高熱伝導率ディスクは安全性と環境要件を満たしながら効率的な放熱を実現します。熱伝導率の研究は、タングステン合金ディスクを熱管理分野に適用するための科学的根拠を提供し、現代産業におけるその発展を促進します。

### 3.7.3 電気伝導率と熱伝導率の相関関係

電気伝導率と熱伝導率は、タングステン合金ウェハの電気伝導性と熱伝導性を示す密接に関連する2つの指標であり、電気および熱管理における性能に共同で影響を与えます。電気伝導率はウェハの電流伝導能力を反映し、熱伝導率は熱伝導能力を反映します。どちらも材料の微細構造と合金組成という同様の物理的基盤を共有しています。合金組成と製造プロセスを最適化することで、タングステン合金ウェハは電気伝導性と熱伝導性の両方を相乗的に向上させ、高性能デバイスの要求を満たすことができます。

電気伝導性と熱伝導性の相関関係は、主に材料内の自由電子の動きに起因します。銅や銀などの高伝導性・高熱伝導性の金属をタングステン合金ディスクに添加すると、自由電子の密度と移動度が向上し、電気伝導性と熱伝導性の両方が向上します。粉末冶金製造プロセスでは、タングステン粉末と銅または銀粉末を均一に混合し、高温焼結することで緻密な微細構造が形成され、電子と熱の散乱が低減され、伝導効率が向上します。温度や圧力の制御など、焼結プロセスを最適化することで、電気伝導性と熱伝導性の相乗効果をさらに高めることができます。

電気伝導性と熱伝導性の相関関係により、タングステン合金ウェハは、電流と熱の両方を効率的に同時に伝導する必要がある用途において、独自の利点を発揮します。例えば、高性能電子

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



機器では、高い電気伝導性によって効率的な電流伝導が確保され、高い熱伝導性によって熱が速やかに放散され、過熱を防止します。電気システムでは、接点や接続部品として機能し、電流伝導と熱管理を同時に行うことで、過熱による性能低下を回避します。さらに、耐高温性と耐腐食性もタングステン合金ウェハの電気伝導性と熱伝導性の安定性を高め、過酷な環境下でも性能を維持します。

電気伝導性と熱伝導性の最適化は、環境保護と製造効率にも関連しています。タングステン合金ウェハは、無毒性とリサイクル性に優れているため、医療分野や新エネルギー分野で優位性を発揮します。高い電気伝導性と熱伝導性を必要とする用途において、環境要件を満たしながら信頼性の高い性能を発揮します。効率的な製造プロセスにより、電気伝導性と熱伝導性を向上させると同時に、エネルギー消費を削減し、生産効率を向上させることができます。電気伝導性と熱伝導性の相関関係に関する研究は、タングステン合金ウェハの電気・熱管理分野への応用を理論的に裏付けており、高性能用途における幅広い開発を促進しています。

#### 3.7.4 タングステン合金ディスクの電気伝導性に影響を与える要因

タングステン合金ウェハの導電性は、電気・電子用途において極めて重要な特性です。この特性は、合金組成、微細構造、製造プロセス、環境条件など、様々な要因の影響を受けます。導電性はウェハの電流伝導効率を決定し、接点、コネクタ、回路部品における性能に直接影響を及ぼします。これらの要因を最適化することで、タングステン合金ウェハは効率的な電流伝導を実現し、高性能デバイスの要求を満たすことができます。

合金組成は導電性に最も影響を与える要因です。タングステン自体は抵抗率が高く導電性が低いですが、銅や銀などの導電性の高い金属を添加することで、ウェーハの導電性を大幅に向上させることができます。例えば、タングステン銅合金（W-Cu）は、タングステンの欠点を銅の高い導電性で補い、高電流環境で優れた性能を発揮します。しかし、合金組成比は厳密に制御する必要があります。タングステンの含有量が多すぎると導電性が低下し、銅の含有量が多すぎるとウェーハの機械的強度と耐熱性が低下する可能性があります。

微細構造は電気伝導性に大きな影響を与えます。タングステン合金ウェハの微細構造は粉末冶金法によって形成されます。均一な粒度分布と緻密な構造は電子散乱を低減し、導電性を向上させます。一方、内部の気孔、不純物、あるいは粒界欠陥は抵抗を増加させ、伝導効率を低下させます。そのため、高温焼結と熱間静水圧加圧（HIP）は製造工程において極めて重要であり、微細欠陥を排除し、緻密な構造を形成することで導電性を最適化します。

製造プロセスは導電性に直接影響を及ぼします。粉末冶金プロセスでは、タングステン粉末と銅または銀粉末の混合均一性、プレス圧力、焼結温度などがウェーハの導電性に影響を与えます。例えば、高温焼結は金属粒子の結合を促進し、粒界抵抗を低減します。一方、熱間等方圧プレスは構造密度をさらに高め、抵抗を低減します。さらに、研磨などの表面処理は表面欠陥を低減し、接触導電性を向上させることができます。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

温度や腐食環境などの環境条件も導電性に影響を与える可能性があります。高温は電子移動度を低下させ、導電性の低下につながります。しかし、タングステン合金ウェハは耐熱性が高いため、高温環境下でも比較的安定した導電性を維持できます。腐食環境は表面酸化を引き起こし、接触抵抗を増加させる可能性があるため、耐腐食性合金成分（ニッケルなど）を添加することで、ウェハの長期的な導電性安定性を高めることができます。

合金組成、微細構造、製造プロセスを最適化することで、タングステン合金ディスクの導電性を大幅に向上させ、電気・電子機器の要求を満たすことができます。無毒性とリサイクル性という特長は、医療用電子機器など、環境に配慮した用途において、安全要件を満たしながら効率的な導電性を提供するという利点をもたらします。導電性因子に関する研究は、高性能用途におけるディスクの応用を科学的に裏付けています。

### 3.7.5 タングステン合金ディスクの熱伝導率に影響を与える要因

タングステン合金ウェハの熱伝導率は、熱管理アプリケーションにおいて極めて重要な特性です。この特性は、合金組成、微細構造、製造プロセス、環境条件など、様々な要因の影響を受けます。熱伝導率はウェハの熱伝達と放熱の効率を決定づけ、電子機器、航空宇宙、産業用途における熱管理性能に直接影響を与えます。これらの要因を最適化することで、タングステン合金ウェハは効率的な熱伝導を実現し、高性能な放熱要件を満たすことができます。

合金組成は熱伝導率に影響を与える重要な要素です。タングステン自体の熱伝導率は低く（約 173 W/m·K）、銅などの高熱伝導率金属を添加することで、タングステン合金ディスクの熱伝導率を大幅に向上させることができます（約 401 W/m·K）。例えば、タングステン銅合金は銅の高い熱伝導率を利用してディスクの熱伝導率を高め、ヒートシンクやヒートパイプに適しています。合金比率の管理は非常に重要です。タングステンの含有量が多すぎると熱伝導率が低下し、銅の含有量が多すぎると耐熱性や機械的強度が低下する可能性があります。

微細構造は熱伝導率に大きな影響を与えます。均一な粒度分布と緻密な微細構造は放熱を低減し、熱伝導率を向上させます。一方、内部の気孔、不純物、あるいは粒界欠陥は熱抵抗を増加させ、熱伝導率を低下させます。そのため、粉末冶金製造工程では、タングステン粉末と銅粉末を均一に混合し、高温焼結することで緻密な構造を形成し、熱伝導率を最適化します。さらに、熱間静水圧加压により微細欠陥が除去され、熱伝導率が向上します。製造プロセスは熱伝導率に直接影響を与えます。粉末冶金においては、加压圧力、焼結温度、冷却速度がすべてウェハの熱伝導率に影響を与えます。高温焼結は金属粒子の結合を促進し、粒界熱抵抗を低減します。一方、熱間等方圧加压（HIP）は高密度構造を形成し、熱伝達抵抗を低減します。研磨などの表面処理は表面粗さを低減し、熱接触効率を向上させることで、熱伝導率を向上させることができます。

温度や腐食環境などの環境条件も熱伝導率に影響を与える可能性があります。高温は熱伝導率を低下させる可能性がありますが、タングステン合金ウェハは高い耐熱性を備えているため、高温環境下でも安定した熱伝導率を維持できます。腐食環境下では表面酸化が起こり、熱

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

抵抗が増加する可能性があるため、耐腐食性合金元素（ニッケルなど）を添加することで、ウェハの長期的な熱安定性を向上させることができます。さらに、急激な温度変化は熱応力を引き起こし、熱伝導率に影響を与える可能性があります。タングステン合金ウェハの低い熱膨張係数は、この影響を最小限に抑えます。合金組成、微細構造、製造プロセスを最適化することで、タングステン合金ウェハの熱伝導率を大幅に向上させ、電子機器や高温産業用途の放熱要件を満たすことができます。無毒性でリサイクル可能な特性は、医療分野や新エネルギー分野での優位性を高め、環境要件を満たしながら効率的な熱伝導性を提供します。熱伝導率因子の研究は、熱管理シナリオにおけるウェハの応用を技術的にサポートします。

### 3.8 CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェハー MSDS

製品安全データシート（MSDS）は、CTIA GROUP LTD のタングステン合金ディスクの安全な使用、保管、取り扱いに関する詳細なガイダンスを提供しており、化学組成、物理的特性、潜在的な危険性、および安全対策について網羅しています。タングステン合金ディスクは通常、タングステン（W）を主成分とし、ニッケル（Ni）、鉄（Fe）、銅（Cu）などの添加剤を加えて作られています。高密度、耐高温性、無毒性を特徴としており、医療、航空宇宙、産業分野で広く使用されています。

#### 1. 危険の特定

- 健康被害: タングステン合金ウェハー自体は無毒ですが、切断、研削、研磨の過程で金属粉塵が発生する可能性があります。吸入すると、呼吸器系への刺激や珪肺症に類似した肺線維症を引き起こす可能性があります。
- 物理的危険性: 爆発や可燃性の危険はありませんが、高密度のため取り扱い中に傷害を負う可能性があります。
- 環境への危険性: 無毒、リサイクル可能、環境に重大な害を与えません。

#### 2. 消火対策

- 燃焼特性: タングステン合金ディスクは不燃性です。
- 消火方法: 乾燥粉末消火器または二酸化炭素消火器を使用し、水は使用しないでください。

#### 3. 漏れの緊急処置

- 漏れリスク: ソリッド ウェーハには漏れリスクはありません。

#### 4. 操作と保管

- 取り扱い上の注意: 怪我を避けるために、高密度ウェーハを取り扱う際には適切なツールを使用してください。
- 保管条件: 乾燥した換気の良い環境で保管し、湿気や腐食性物質との接触を避けてください。

#### 5. 曝露管理と個人保護

- 技術的制御: 処理中は局所排気装置または集塵システムを使用してください。
- 個人用保護具: 防塵マスク、安全メガネ、手袋を着用してください。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



## 6. 物理的および化学的性質

- 外観: 滑らかな表面を持つ銀灰色の金属ディスク。
- 密度: 15~18.5 g/cm<sup>3</sup>。
- 融点: 約 3000~3400℃。
- 溶解性: 水には溶けず、酸やアルカリによる腐食には耐性があるが、フッ化水素酸と濃硝酸の混合物には溶ける。

## 7. 安定性と反応性

- 安定性: 室温で安定しており、高温でも酸化に耐性があります。
- 反応性: 水、酸、塩基とは反応しませんが、高温では強力な酸化剤と反応する可能性があります。

## 8. 生態学的情報

- 環境への影響: 無毒、リサイクル可能、環境に大きな影響を与えません。
- 生体蓄積: 生体蓄積のリスクはありません。

## 9. 廃棄

- 廃棄方法: リサイクル可能な金属として扱い、無作為に廃棄されないように専門のリサイクル施設に送ってください。

## 10. 配送情報

- 輸送区分: 非危険物。輸送中は、高密度による物理的損傷を防ぐようご注意ください。
- 梱包要件: 輸送中の損傷を防ぐために、丈夫な梱包を使用してください。

## 11. 規制情報

- OSHA(米国労働安全衛生局) や REACH(化学物質の登録、評価、認可および制限) などの国際的な物質安全基準に準拠しています。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウエハ

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## 第4章 タングステン合金ディスクの性能試験方法

タングステン合金ディスクは、その品質と用途の有効性を確保する上で極めて重要であり、密度、強度、電気伝導率、熱伝導率など、複数の評価手法が求められます。科学的かつ精密な試験方法により、ディスクの性能パラメータを正確に測定し、材料選定、プロセス最適化、そして用途設計のための信頼できる基盤を提供します。タングステン合金ディスクは、高い密度、強度、そして耐熱性を備えているため、航空宇宙、医療、エレクトロニクス、そして産業分野で広く使用されています。性能試験には、正確で一貫した結果を保証するために、高精度な装置と標準化された操作手順が必要です。

タングステン合金ディスクの中核特性である密度は、カウンターウェイト、シールド、構造支持などの用途における有効性に直接影響を及ぼします。密度試験法では、ディスクの体積、質量、密度分布を測定することで、設計要件を満たしているかどうかを評価します。これらの試験法は、ディスクの物理的特性を検証するだけでなく、製造中の品質管理のための貴重な基準も提供します。タングステン合金ディスクは環境に優しくリサイクル性に優れているため、試験中の安全な操作と環境影響管理には細心の注意が必要です。

### 4.1 タングステン合金ディスクの密度試験方法

タングステン合金ウェハの性能評価は、カウンターウェイト、放射線遮蔽、構造支持といった高密度用途における性能に直接影響を与える重要なステップです。密度試験法では、ウェハの体積、質量、密度分布を測定し、設計要件を満たしているかどうかを評価します。試験法の精度と信頼性はウェハの品質確保に不可欠であり、試験精度を高めるために複数の技術を組み合わせることがよくあります。

#### 4.1.1 排水法による密度測定

置換法は、タングステン合金ディスクを液体に浸漬した際の浮力の変化を測定することで、その体積と密度を測定する古典的な密度試験法です。この方法は、物体が液体に浸漬すると液体が押し退けるという原理に基づいており、規則的な形状のディスクに適しており、簡便性、低コスト、高精度などの利点があります。タングステン合金ディスクの密度試験に広く使用されている置換法は、信頼性の高い密度データを迅速に提供し、品質管理と性能評価の基礎となります。

**原理:** 置換法は、円板の乾燥重量と液体に浸漬した際の重量の差を測定することで密度を求めます。置換された液体の体積は、密度が既知の液体（脱イオン水など）を用いて算出します。円板の体積は浮力の変化に基づいて算出され、密度は質量に基づいて算出されます。

#### テスト手順:

1. 高精度電子天秤を用いてタングステン合金ディスクの乾燥重量を測定し、質量値を記録します。通常、1000 分の 1 グラムの精度が求められます。
2. ディスクを細いワイヤーで吊り下げ、密度がわかっている液体（脱イオン水など）に

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

浸します。ディスクが完全に水に浸かっていて、容器の壁に触れていないことを確認します。

3. 電子天秤を使用して液体中のディスクの重量を測定し、重量の差を計算して浮力を決定します。
4. 浮力に基づいてディスクの体積を計算します。
5. ディスクの密度は、乾燥重量と体積を組み合わせで計算されました。
6. 測定を複数回繰り返し、平均値を取ることで精度が向上します。

**利点と限界:** 置換法は使い方が簡単で、必要な機器も最小限であるため、研究室と産業の両方の用途に適しています。精度は天秤の分解能と液体の純度に依存しますが、一般的には非常に高くなります。ただし、不規則な形状のディスクや表面が微細孔のあるサンプルの場合、液体が細孔に浸透し、体積測定誤差が生じる可能性があります。そのため、測定前にディスク表面が滑らかで、目に見える細孔がないことを確認してください。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、試験液には脱イオン水またはアルコールを使用し、気泡の混入を防ぎます。また、サーモスタットを用いて液温を制御し、安定した密度値を確保します。水置換試験から得られる密度データは、タングステン合金ウェーハの品質管理の信頼できる基盤となり、特にカウンターウェイトやシールド用途における性能検証に適しています。

#### 4.1.2 密度均一性の放射線検査

放射線透過試験は、タングステン合金ディスクの密度均一性を評価するための非破壊検査方法です。放射線がディスクを透過した後の強度変化を分析することで、ディスク内の密度分布を判定できます。密度均一性はディスクの性能安定性に直接影響します。例えば、放射線遮蔽やカウンターウェイト用途では、密度の不均一性は遮蔽効果の低下や質量分布の不均一性につながる可能性があります。高精度かつ非破壊検査である放射線透過試験は、タングステン合金ディスクの密度均一性試験に広く利用されています。

**検査原理:** X線透過試験は、X線またはガンマ線の透過力を利用します。ウェーハを透過した後の放射線強度の変化を測定することで、密度分布を分析します。高密度領域は放射線をより強く吸収するため透過強度が低くなり、低密度領域はより高い透過強度を示します。ウェーハの異なる領域をスキャンすることで密度分布画像が生成され、均一性の評価が可能になります。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクを放射線検査装置（X線 CT スキャナなど）のテストプラットフォームに置き、ディスクが固定され、表面がきれいであることを確認します。
2. 適切な放射線源（X線管やガンマ線源など）を選択し、ウェーハの厚さと密度に合わせて放射線エネルギーと強度を調整します。
3. ウェーハのさまざまな領域をスキャンし、放射線が浸透した後の強度データを記録し、密度分布画像を生成します。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



4. 画像解析ソフトウェアを使用してデータを処理し、さまざまな領域の密度値を計算し、密度の均一性を評価しました。
5. 結果に対して統計分析を実行し、密度偏差が許容範囲内にあるかどうかを判断します。通常、許容範囲内では  $\pm 1\%$  未満である必要があります。

**利点と限界:** X線検査は非破壊検査であり、高精度であるため、ウェーハ内の密度分布を正確に検出できます。特に、放射線遮蔽部品などの高精度が求められる用途に適しています。しかし、装置は高価で、専門の人員が必要であり、厳格な放射線防護が必要です。検査精度は放射線エネルギーと装置の解像度によって制限され、非常に薄いウェーハや厚いウェーハの場合は検査パラメータの調整が必要になる場合があります。

**最適化対策:** 検出精度を向上させるため、高解像度 X線 CT 装置と多角度スキャン技術を組み合わせて、3次元密度分布画像を生成します。同時に、X線源と検出器を校正し、データの精度を確保する必要があります。X線検査による密度均一性データは、特に航空宇宙分野や医療分野において、タングステン合金ウェーハの品質管理の重要な基盤となります。

#### 4.1.3 計量法の補助検証

重量法は、簡便かつ直接的な密度試験法です。タングステン合金ディスクの乾燥重量を測定し、既知の幾何学的寸法に基づいて体積を算出することで密度を決定します。重量法は、水置換試験や放射線透過試験の補助的な検証方法として、密度データの迅速な検証方法として、あるいは実験室環境が限られている場合の主試験方法として、しばしば用いられます。その簡便性と低コスト性から、予備評価や品質管理に適しています。

**試験原理** 重量法は、ディスクの質量と体積を測定することで密度を計算します。体積は通常、ディスクの幾何学的寸法（直径や厚さなど）を測定することで計算され、規則的な形状のディスクに適しています。

##### テスト手順:

1. 高精度電子天秤を用いてタングステン合金ディスクの乾燥重量を測定し、質量値を記録します。通常、1000 分の 1 グラムの精度が求められます。
2. 高精度測定ツール（マイクロメーターやレーザー距離計など）を使用して、ディスクの直径と厚さを測定し、体積を計算します。
3. ディスクの密度は、乾燥重量と体積を組み合わせることで計算されました。
4. 測定を複数回繰り返し、平均値を取ることで精度が向上します。
5. 結果を水置換データまたは放射線データと比較して、密度値の正確性を確認します。

**利点と限界:** 重量法は操作が簡単で、必要な機器も最小限であるため、迅速な試験や現場での適用に適しています。その精度は、幾何学的測定の精度とウェーハ形状の規則性に依存します。不規則な形状や凹凸のあるウェーハでは、体積計算が不正確になる可能性があります。さらに、重量法は密度の均一性を直接評価することができないため、全体の密度の予備的な検証にしか適していません。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

**最適化対策:** 試験精度を向上させるために、高精度測定ツール（レーザースキャナーなど）を用いて幾何学的寸法を測定し、正確な体積計算を行うことができます。同時に、水置換試験や放射線透過試験とクロスバリデーションを組み合わせることで、誤差を低減できます。補助的な検証方法としての計量法は、タングステン合金ディスクの密度試験を簡便かつ確実にサポートし、特に製造工程における迅速な品質管理に役立ちます。

## 4.2 タングステン合金ディスクの耐高温性試験方法

タングステン合金ウェハは、高温環境における性能評価において重要なステップであり、航空宇宙、産業プロセス、エネルギー機器などの用途に直接影響を及ぼします。耐高温性には、融点、高温耐久強度、耐熱衝撃性といった重要な指標が含まれます。科学的な試験方法を用いることで、高温環境下におけるウェハの性能安定性を包括的に評価することができます。

### 4.2.1 示差熱分析による融点測定

示差熱分析（DTA）は、タングステン合金ディスクの融点を測定するための一般的な高温性能試験方法です。加熱中のサンプルと基準試料の温度差を分析することで、相転移温度を決定します。融点はタングステン合金ディスクの耐高温性を示す中核的な指標であり、高温環境における適用範囲に直接影響します。DTA は高精度で高感度であるため、タングステン合金ディスクの融点試験に広く利用されており、正確な融点データを提供し、高温アプリケーション設計の基礎となります。

**試験原理:** 示差熱分析（DTA）は、タングステン合金のディスクサンプルと参照物質（酸化アルミニウムなど）を同時に加熱し、両者の温度差を測定する方法です。ディスクが融解などの相転移を起こすと、熱を吸収または放出し、参照物質との温度差が変化します。これにより特徴的なピークが生成され、融点を特定できます。試験は通常、酸化を防ぐため、不活性ガス（アルゴンなど）下で行われます。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを小さな断片（通常は数ミリグラム）に切断して準備し、表面がきれい且不純物がないことを確認します。
2. 試料と基準物質を示差熱分析装置のるつぼに入れ、高温の炉の中に入れます。
3. 不活性ガス保護下で、サンプルを一定速度（10°C/分など）で加熱し、サンプルと参照物質の温度変化を記録します。
4. 示差熱曲線を分析し、融解によって生じる吸熱ピークを特定し、融点温度を決定します。
5. テストを数回繰り返し、平均値を取って精度を高め、標準値と比較して検証します。

**利点と限界:** 示差熱分析は高精度かつ高感度であるため、正確な融点測定が可能で、実験室環境に適しています。しかし、試験装置は高価で、必要なサンプルサイズも小さいため、大型ウェーハを直接試験することは困難です。さらに、高温ではサンプルがるつぼ材料と反応する可能性があるため、適切なるつぼ材料を選択する必要があります。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、高純度不活性ガスを用いて酸化を防ぎ、機器を校正して正確な温度測定を確保し、熱重量分析（TGA）との同時試験を組み合わせることで、質量減少による試験結果への影響を排除します。示差熱分析によって測定された融点データは、特に航空宇宙産業や工業炉などの高温用途におけるタングステン合金ディスクの性能を評価するための信頼性の高い根拠となります。

#### 4.2.2 高温耐久強度試験

高温耐久強度試験は、タングステン合金ディスクが高温・高応力環境下において変形や破損に抵抗する能力を評価する方法であり、長期にわたる高温負荷に対する機械的安定性を反映しています。タングステン合金ディスクは、高い融点と高い強度を有するため、高温環境下で 사용되는構造部品によく使用されます。高温耐久強度試験は、航空宇宙エンジンや高温産業機器における信頼性を検証することができます。

**試験原理:** 高温耐久強度試験は、ディスクサンプルに一定の応力を加え、規定の期間における変形または破壊時間を測定することにより、高温における機械的特性を評価します。試験は通常、高温炉内で実施され、精密荷重装置と変位センサーを用いてサンプルのひずみ挙動を記録します。

##### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備し、表面が滑らかで欠陥がないことを確認するために標準標本（シリンダーや薄いシートなど）に加工します。
2. 高温耐久試験機に試験片を設置し、試験温度（合金組成に応じて通常は 1000°C 以上）を設定します。
3. 不活性ガスまたは真空環境で、一定の引張応力または圧縮応力を加え、試験片の変形または破壊時間を記録します。
4. ひずみ-時間曲線を分析して、高温耐久強度と耐久時間を決定します。
5. さまざまなストレスと温度条件下で繰り返しテストを実施し、ウェーハの性能安定性を総合的に評価します。

**利点と制限:** 高温耐久強度試験は、実際の高温動作環境をシミュレートし、ウェーハの長期性能を評価できるため、航空宇宙および産業用途に適しています。ただし、試験サイクルが長く、設備要件が高く、操作が複雑で、高温環境ではサンプルの酸化が発生する可能性があり、制御された試験雰囲気が必要です。最適化策: 試験精度を向上させるために、高純度不活性ガスまたは真空環境を使用して酸化を防止したり、高精度変位センサーを使用して変形を記録したり、有限要素解析を組み合わせることで複雑な応力環境におけるウェーハの性能を予測したりできます。

#### 4.2.3 熱衝撃試験方法

熱衝撃試験は、急激な温度変化を伴う環境下におけるタングステン合金ディスクの耐亀裂性

##### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



と性能安定性を評価する方法であり、熱衝撃に対する耐性を反映しています。タングステン合金ディスクは、航空宇宙エンジンや電子機器の放熱部品など、高温かつ急激な熱サイクルを伴う環境でよく使用されます。熱衝撃試験は、急激な温度変化下における信頼性を検証することができます。

**試験原理:** 熱衝撃試験では、ウェハサンプルを高温と低温の間で急速に循環させ、熱応力下におけるひび割れ、変形、または性能劣化を観察します。通常、この試験では、加熱炉と冷却媒体（水や液体窒素など）に交互にさらすことで、サンプルの熱衝撃耐性を評価します。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備し、標準サイズに加工して、表面にひび割れや欠陥がないことを確認します。
2. サンプルを高温炉に入れて指定温度（例：1000℃以上）まで加熱し、その温度で一定時間（例：10 分）保持します。
3. サンプルをすぐに冷たい媒体（室温の水や液体窒素など）に移して冷却し、熱衝撃サイクルを完了します。
4. 複数の熱衝撃サイクルを繰り返し、顕微鏡検査または超音波検査を使用してサンプルの表面と内部に亀裂、変形、または特性の変化がないか検査します。
5. 熱衝撃サイクル数とサンプルの破損状況を記録し、熱衝撃耐性を評価しました。

**利点と限界:** 熱衝撃試験は、実際の熱サイクル環境をシミュレートすることで、ウェーハの熱衝撃耐性を評価し、高温動的アプリケーションに適したものにすることができます。しかし、試験条件は厳しく、設備要件も高く、サンプルの急速冷却は応力集中を引き起こし、結果に歪みをもたらす可能性があります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、熱衝撃サイクルパラメータ（温度差やサイクル数など）を最適化し、非破壊検査技術を用いて内部欠陥を分析し、適切な冷却媒体を選択して応力損傷を低減します。熱衝撃試験は、特に航空宇宙およびエレクトロニクス分野において、高温動的環境におけるタングステン合金ウェーハの性能を評価するための信頼性の高い基盤を提供します。

### 4.3 タングステン合金ディスクの表面特性試験方法

タングステン合金ウェーハの表面品質を評価することは、精密機械、電子接続、シーリング部品などの高精度で要求の厳しい用途における有効性に直接影響する重要なステップです。表面性能には、粗さ、平坦性、滑らかさなどの主要な指標が含まれます。科学的な試験方法により、ウェーハの表面特性を包括的に評価できます。試験方法の精度と信頼性はウェーハの品質を保証する上で非常に重要であり、試験精度を高めるために複数の技術が組み合わせられることがよくあります。以下では、粗さ計による表面粗さの測定、平坦性試験装置の操作、光沢計による表面滑らかさの測定に焦点を当て、タングステン合金ウェーハの表面性能に対する試験方法とその重要性について詳しく説明していきます。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

#### 4.3.1 粗さ計による表面粗さの測定

表面粗さは、タングステン合金ウェーハの表面性能を示す重要な指標であり、微細形状の偏差を反映し、接触性能、摩擦特性、シール効果に直接影響を及ぼします。粗さ計による測定は、一般的に用いられる試験方法です。接触型または非接触型の測定器を用いてウェーハ表面の粗さパラメータを測定し、高精度な表面品質データを提供します。高感度で操作が標準化された粗さ計は、タングステン合金ウェーハの表面粗さ試験に広く利用されており、品質管理と性能評価の基礎となっています。

**試験原理:** 粗さ計は、プローブまたはレーザーを用いてウェーハ表面を走査し、表面高さの微細な変化を記録し、Ra（算術平均粗さ）やRz（最大高低差）などの粗さパラメータを生成します。接触式粗さ計は、プローブを用いて表面に直接接触することで高さの変化を測定します。非接触式粗さ計は、光線の反射を利用して表面形状を分析します。

##### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備し、表面がきれいであり油、汚れ、不純物がないことを確認します。
2. サンプルが安定していて振動がないことを確認するために、ディスクを粗さ試験機のテストプラットフォームに固定します。
3. ウェーハのサイズと表面特性に基づいて、適切な粗さ計（接触型、非接触型など）とプローブタイプを選択します。
4. 測定パラメータ（スキャン長さや速度など）を設定し、ウェーハ表面に沿って複数の方向（半径方向や円周方向など）でスキャンします。
5. 粗さパラメータ（Ra、Rz など）を記録し、データを分析して平均値を計算します。
6. 異なる領域で測定を繰り返し、結果の一貫性を確認し、粗さデータの正確性を確保します。

**利点と限界:** 粗さ計は高い精度と再現性を備えているため、研究室と産業の両方での使用に適しており、標準化された粗さパラメータを提供します。接触式の機器は安価ですが、柔らかい表面には小さな傷が残る可能性があります。非接触式の機器は精度は高いですが、高価です。試験結果は表面の清浄度と機器の校正に影響を受けるため、試験条件を厳密に管理する必要があります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、非接触型レーザー粗さ計を用いてウェーハ表面へのダメージを最小限に抑えます。測定の一貫性を確保するために、定期的に機器の校正を実施してください。不純物による干渉を避けるため、試験前にウェーハ表面を洗浄してください。

#### 4.3.2 平坦度試験装置の操作

平坦度はタングステン合金ウェーハの表面性能を示す重要な指標であり、理想的な平面からの表面偏差の度合いを反映し、精密組立およびシーリングアプリケーションにおける適合性に直接影響を及ぼします。平坦度試験装置は、接触式または非接触式を用いてウェーハ表面の

##### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

平坦度を測定し、高精度な平坦度データを提供します。高精度で標準化された操作性を備えた平坦度試験は、タングステン合金ウェーハの表面特性を試験するために広く利用されており、高精度アプリケーションの要求を満たすことを保証しています。

**試験原理:** 平坦度試験装置は、ウェーハ表面上の各点の基準面に対する高さの偏差を測定することで平坦度データを生成します。接触式試験装置（座標測定機など）は、プローブを用いて表面を走査し、高さの変化を記録します。非接触式試験装置（レーザー干渉計や光学式平坦度計など）は、光線を反射させることで表面形状を分析し、偏差を計算します。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備し、表面がきれいで油、汚れ、粒子などがないことを確認します。
2. サンプルが安定していて傾いていないことを確認するために、ウェーハを平坦度試験装置のテストプラットフォームに固定します。
3. ウェーハのサイズと精度要件に基づいて、適切なテスト機器（3 座標測定機やレーザー干渉計など）を選択します。
4. 測定パラメータを設定し、ウェーハ表面に沿ってフルスキャンを実行し、各ポイントの高さデータを記録します。
5. 解析ソフトウェアを使用してデータを処理し、平坦度偏差マップを生成し、平坦度値を計算します。
6. 結果の一貫性を確認し、データの正確性を確保するために、さまざまな領域で測定を繰り返します。

**利点と限界:** 平坦度試験装置は高い精度と再現性を備えており、ウェーハ表面の平坦度を正確に評価できます。シーリング部品や電子コネクタなどの高精度アプリケーションに適しています。非接触式装置は表面損傷を回避できますが、高価です。接触式装置は安価ですが、プローブの摩耗の影響を受ける可能性があります。試験結果はサンプルの固定や環境振動の影響を受けるため、試験条件の厳格な管理が必要です。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるために、高解像度レーザー干渉計を用いてより詳細な平坦度データを取得することができます。また、試験中に防振プラットフォームを使用することで環境干渉を低減し、測定精度を確保するために機器を定期的に校正する必要があります。平坦度試験の結果は、精密組立およびシーリング用途におけるタングステン合金ウェーハの性能検証に重要なサポートを提供します。

#### 4.3.3 表面仕上げを測定する光沢計

表面仕上げは、タングステン合金ディスクの表面性能を示す重要な指標です。表面の滑らかさと外観品質を反映し、摩擦性能、耐腐食性、そして美観に直接影響を与えます。光沢計による測定は、ディスク表面からの反射光の強度を測定することで表面仕上げレベルを評価する一般的な試験方法です。光沢計は、その簡便性と迅速性から、タングステン合金ディスクの表面仕上げ試験に広く使用されており、品質管理と性能評価の基礎となります。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

**試験原理:** 光沢計は、ウェーハ表面に一定角度の光線を照射し、反射光の強度を測定することで光沢値（通常は光沢単位（GU）で表されます）を生成します。表面が滑らかであれば光が強く反射するため光沢値は高くなります。一方、表面が粗いほど光が散乱するため光沢値は低くなります。試験は通常、標準角度（20°、60°、85°など）で実施されます。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備し、表面がきれいで油、指紋、粒子などが無いことを確認します。
2. ディスクを光沢計のテストプラットフォームに置き、サンプルが安定していて傾いていないことを確認します。
3. 適切なテスト角度（例: 60° が一般的な角度）を選択し、光沢計を校正して精度を確保します。
4. 光沢計のプロブをウェーハ表面に向け、光線を放射し、反射光の強度を記録して光沢値を生成します。
5. ウェーハ表面の異なる領域で測定を繰り返し、平均値を取得して精度を向上させます。
6. 光沢データを分析し、標準値と比較して、表面仕上げが要件を満たしているかどうかを評価します。

**利点と限界:** 光沢計は操作が簡単で直感的な結果を提供するため、ウェーハの表面仕上げを迅速に評価するのに適しており、産業現場や研究室で広く使用されています。しかし、試験結果は表面の清浄度や周囲光の影響を受けるため、試験条件を厳密に管理する必要があります。さらに、光沢値は表面の平滑性のみを反映するものであり、粗さや平坦性といった他の表面特性を直接評価することはできません。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、周囲光による干渉を避けるため、暗室または暗い環境で試験を実施してください。多角度光沢計を用いて、様々な角度から仕上げ状態を総合的に評価してください。正確な結果を得るために、試験前にウェーハ表面を徹底的に洗浄してください。光沢計による測定結果は、特に電子機器や医療分野において、タングステン合金ウェーハのトライボロジー特性と美観特性を評価するための重要な証拠となります。

## 4.4 タングステン合金ディスクの硬度および耐摩耗性の試験方法

タングステン合金ディスクは、高負荷および摩擦環境における性能評価に不可欠であり、産業用工具、機械構造、耐摩耗部品への応用に直接影響を与えます。硬度はディスクの変形や傷に対する耐性を反映し、耐摩耗性は長期摩擦における耐久性を決定します。試験方法の精度と信頼性はディスクの品質確保に不可欠であり、試験精度を高めるために複数の技術を組み合わせることがよくあります。

### 4.4.1 ビッカース硬度計による硬度測定

ビッカース硬度試験は、一般的に用いられる硬度試験方法です。タングステン合金ディスクの表面に所定の荷重を加え、その圧痕の大きさを測定することで、ディスクの硬度を評価します。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



高い精度と幅広い適用性を備えたピッカース硬度試験は、タングステン合金ディスクの高硬度特性の測定に最適です。信頼性の高い硬度データを提供し、品質管理と性能評価の基礎となります。硬度は、特に産業用工具や機械部品において、ディスクの変形や摩耗に対する耐性に直接影響します。

**試験原理:** ピッカース硬度計は、ダイヤモンド製の四角錐圧子を用いてウェーハ表面に所定の荷重を加え、圧痕を形成します。圧痕の対角線の長さを測定することで硬度値を算出します。ピッカース硬度計は幅広い硬度範囲に対応しており、圧痕の形状が規則的であるため、タングステン合金などの高硬度材料に適しています。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備します。表面は油汚れ、傷、酸化皮膜のない滑らかな状態になるまで研磨する必要があります。
2. ディスクをピッカース硬度計の試験プラットフォームに固定し、サンプルが安定して傾いていないことを確認します。
3. 適切なテスト荷重 (ディスクの硬度に応じて、通常は 1 ～ 10 kg) と荷重時間 (10 ～ 15 秒) を選択します。
4. ダイヤモンド圧子を使用してウェーハの表面に荷重を加えて圧痕を形成し、圧痕の対角線の長さを記録しました。
5. ピッカース硬度 (HV) は、圧痕の大きさに基づいて算出されます。複数の箇所で試験を繰り返し、平均値を求めます。
6. データを分析し、標準硬度値と比較して、ウェーハの硬度が要件を満たしているかどうかを評価します。

**利点と限界:** ピッカース硬さ試験は高精度で小さな圧痕を生じるため、高硬度材料や薄型ウェーハの試験に適しています。研究室や産業現場で広く使用されています。しかし、試験結果は表面品質や荷重の選択に左右され、粗い表面や凹凸のある表面では誤差が生じる可能性があります。さらに、試験装置の精度を確保するには定期的な校正が必要です。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、ウェーハ表面を細かく研磨して滑らかで欠陥のない表面を確保し、適切な荷重を選択して圧痕の深すぎや浅すぎを回避します。また、高解像度顕微鏡を用いて圧痕のサイズを測定します。ピッカース硬度計で測定された硬度データは、特に産業用工具や耐摩耗部品の分野において、高荷重環境におけるタングステン合金ウェーハの性能を検証するための信頼できる根拠となります。

#### 4.4.2 摩耗試験機を用いた耐摩耗性試験

摩耗試験は、タングステン合金ディスクの耐摩耗性を評価する主要な方法です。摩耗試験機は、摩擦と摩耗をシミュレートすることにより、特定の条件下でのディスクの材料損失または表面変化を測定します。耐摩耗性は、機械の摺動部品や切削工具などの高摩擦環境において、ディスクの耐用年数に直接影響します。摩耗試験機は制御可能で標準化された操作性を備えているため、タングステン合金ディスクの耐摩耗性試験に広く利用されており、性能評価に不可

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

欠なデータを提供します。

**試験原理** 摩耗試験機は、ディスク表面に特定の荷重と摩擦条件（滑りや研削など）を負荷し、サンプルの質量減少、体積減少、または表面形状の変化を測定することで、耐摩耗性を評価します。一般的な試験方法には、実際の摩擦環境をシミュレートするピンオンディスク摩耗試験や研削ホイール摩耗試験などがあります。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備します。表面は洗浄し、規定の粗さになるまで研磨する必要があります。
2. ディスクを摩耗試験機の試験プラットフォームに固定し、適切な摩擦カップル（鋼球や研削ホイールなど）と試験条件（荷重、速度、時間など）を選択します。
3. 試験機を起動し、一定の荷重を加えて摩擦試験を実施し、試験時間と摩擦距離を記録します。
4. 試験後、ディスクの質量損失を測定（高精度天秤を使用）するか、表面摩耗傷のサイズを測定します（顕微鏡またはプロファイロメータを使用）。
5. 摩耗率（質量減少率や体積減少率など）を計算し、異なる領域でテストを繰り返し、平均値を取得します。
6. データを分析し、標準の耐摩耗性要件と比較して、ウェーハの耐摩耗性を評価します。

**利点と限界:** 摩耗試験機は実際の摩擦環境をシミュレートできるため、信頼性の高い耐摩耗データを提供し、様々な摩耗シナリオの試験に適しています。しかし、試験結果は摩擦条件、環境要因（湿度など）、そして相手材の材質の影響を受けやすいため、試験パラメータを厳密に管理する必要があります。さらに、装置は高価で、試験サイクルも長くなります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるには、試験条件（恒温恒湿など）を標準化し、実際のアプリケーションで使用される摩擦ペアを選択し、高精度測定機器を用いて摩耗を解析します。摩耗試験機から得られる耐摩耗性データは、特に機械部品や工具の製造において、高摩擦環境におけるタングステン合金ディスクの性能検証に重要なサポートを提供します。

#### 4.4.3 硬度と耐摩耗性の相関分析試験

硬度と耐摩耗性の相関分析試験は、タングステン合金ディスクにおける硬度と耐摩耗性の関係を調査します。硬度試験と摩耗試験のデータを統合することで、両者がどのように相互に影響し合うかを分析します。硬度は耐摩耗性の基本ですが、相関関係は直線的ではありません。靱性、微細構造、表面処理などの要因もこの関係に影響を与えます。この試験は、特に高い耐摩耗性が求められる用途において、ディスクの設計と製造プロセスを最適化するための科学的根拠を提供します。

**試験原理:** この硬度と耐摩耗性の相関試験は、ビッカース硬さ試験と摩耗試験を組み合わせたもので、様々な硬度レベルのディスクの耐摩耗性を測定し、硬度が摩耗速度に及ぼす影響を分析します。合金組成、熱処理、または表面処理を調整することで、様々な硬度のディスクサン

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

プルを作成し、それらの耐摩耗性を比較することで、両者の関係を明らかにします。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクサンプルを複数セット用意し、合金組成（ニッケルや鉄の含有量など）や熱処理プロセスを調整することで、さまざまな硬度レベルを実現します。
2. ビッカース硬度計を使用して各サンプル グループの硬度値を測定し、データを記録して一貫したテスト条件を確保します。
3. 摩耗試験は、摩耗試験機を使用して各サンプル グループに対して実行され、同じ摩擦条件（荷重、速度、時間など）を制御して、質量損失または摩耗傷のサイズを測定しました。
4. 硬度と摩耗のデータを整理し、硬度と摩耗率の関係の曲線を描き、相関関係を分析します。
5. 統計分析ソフトウェア（回帰分析など）を使用して、硬度と耐摩耗性の間の相関係数を評価し、主要な影響要因を特定しました。
6. 微細構造解析（走査型電子顕微鏡観察など）と組み合わせて、硬度や耐摩耗性の微視的メカニズムを探ります。

**利点と限界:** 相関分析試験は、硬度と耐摩耗性の間に存在する本質的な関係を明らかにすることができ、材料最適化のための科学的根拠を提供し、高耐摩耗性アプリケーションの設計に適しています。しかし、この試験では複数のサンプルセットを準備する必要があり、コストがかかります。さらに、結果は合金組成、微細組織、試験条件の影響を受けるため、複数の要因を包括的に分析する必要があります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるために、サンプルグループの数を増やしてより広い硬度範囲をカバーしたり、試験条件の標準化によってデータの比較可能性を確保したり、微細構造分析と組み合わせて硬度と耐摩耗性のメカニズムに関する詳細な研究を実施したりすることができます。

#### 4.5 タングステン合金ディスクの強度と靱性の試験方法

タングステン合金ウェハの強度評価は、高負荷・動的環境における性能評価に不可欠であり、機械構造、航空宇宙、産業用ツールへの応用に直接影響を及ぼします。引張強度と曲げ強度を含む強度は、ウェハの伸張および曲げ変形に対する耐性を反映します。衝撃靱性によって測定される靱性は、衝撃や振動に対するウェハの破壊耐性を決定します。正確で信頼性の高い試験方法はウェハの品質確保に不可欠であり、試験精度を高めるために複数の技術を組み合わせることがよくあります。

##### 4.5.1 万能試験機による引張強度測定

引張強度はタングステン合金ディスクの重要な機械的特性であり、引張荷重下での破壊に対

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

する耐性を反映し、強度と信頼性を測定するための重要なパラメータとなります。万能試験機は、ディスクサンプルに引張荷重を加え、最大応力と破壊前の変形挙動を測定することで引張強度を評価する多用途試験装置です。高精度、柔軟性、標準化された操作性を備えた万能試験機は、タングステン合金ディスクの引張強度試験に広く使用されており、機械構造物や航空宇宙部品の性能検証のための信頼性の高いデータを提供します。

**試験原理:** 万能試験機は、ディスク状のサンプルに徐々に増加する引張荷重を加え、サンプルが破断するまでの応力とひずみの変化を記録します。引張強度は、サンプルが破断するまでに耐えられる最大応力として定義され、通常はメガパスカル（MPa）で測定されます。

#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備し、表面が滑らかで、ひび割れや欠陥がなく、国際規格（ASTME8 など）に準拠していることを確認しながら、標準引張試験片（ダンベル型や円筒型など）に加工します。
2. 試験片を万能試験機のクランプに固定し、確実に固定されていること、試験片の軸が荷重方向と一致していることを確認します。
3. 荷重速度（通常 1 ～ 5 mm/分）、データ取得頻度、環境条件（室温または高温など）などのテスト パラメータを設定します。
4. 試験機を始動し、引張荷重を加え、試験片が破損するまでの荷重-変位曲線を記録します。
5. テストデータを分析し、引張強度（最大荷重を試験片の断面積で割ったもの）、破断伸び、弾性係数を計算します。
6. 異なる領域または複数のサンプルグループでテストを繰り返し、平均値を取得して精度を向上させ、検証のために標準値と比較します。
7. 破断面を（顕微鏡または走査型電子顕微鏡を使用して）検査し、破断面の種類（延性または脆性）を分析して材料特性を評価します。

**利点と限界:** 万能試験機は高い試験精度を備え、幅広い材料と試験条件に適しており、包括的な引張性能データを提供するため、実験室と産業の両方での使用に適しています。しかし、試験結果は試験片の準備と治具の調整の品質に左右されます。不規則な形状のディスクは標準試験片に加工する必要があり、試験コストが増加します。さらに、高温試験には特殊な高温治具と環境制御装置が必要となり、操作が複雑になります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、高精度変位センサーとロードセルを用いて正確なデータを取得します。試験片は表面欠陥を除去するために精密研磨する必要があります。また、コンピュータ制御システムを用いてリアルタイムデータを記録し、人為的ミスを削減する必要があります。高温試験中は、不活性ガスによる酸化防止策を講じます。

#### 4.5.2 曲げ強度を測定するための 3 点曲げ試験

曲げ強度とは、タングステン合金ディスクが曲げ荷重下で変形や破損に耐える能力です。これは機械的特性の重要な指標であり、複雑な応力環境における性能に直接影響します。3 点曲げ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



試験は、ディスクサンプルに集中荷重を加え、曲げ応力下での性能を測定することで曲げ強度を評価する、一般的に用いられる試験方法です。3点曲げ試験は、その簡便性、信頼性、そして標準化された操作性から、タングステン合金ディスクの曲げ強度試験に広く利用されており、機械構造物や産業用工具の性能検証に不可欠なデータを提供します。

**試験原理:** 3点曲げ試験では、試験片の両端に支持点を設け、中央に集中荷重を加えることで試験片を曲げます。曲げ強度は、最大荷重と試験片の幾何学的寸法を測定することで算出され、ディスクの曲げおよび破壊に対する抵抗力を反映します。この試験では、試験片のたわみと破壊挙動も記録されるため、強度と靱性の包括的な評価が可能です。

#### テスト手順:

1. タングステン合金のディスクサンプルを作製し、国際規格（ASTM E290 など）に適合した寸法の標準的な長方形または円形の薄片に加工します。表面は滑らかで欠陥がないことが必要です。
2. 試験片を 3 点曲げ試験機の 2 つの支持点に置き、試験片が水平であり、支持点の間隔が適切であることを確認します（通常、試験片の長さの 4 ～ 5 倍）。
3. 荷重速度（通常 0.5 ～ 2 mm/分）、サポート ポイント間隔、データ取得頻度などのテスト パラメータを設定します。
4. 試験機の荷重ヘッドを使用して、試験片の中央に徐々に増加する荷重をかけ、試験片が破損するか最大たわみに達するまで、荷重-たわみ曲線を記録します。
5. 試験データを分析し、曲げ強度を計算し、試験片の寸法と破壊挙動に基づいて性能を評価します。
6. 複数のサンプルグループでテストを繰り返し、平均値を取得して精度を向上させ、標準値と比較して検証します。
7. 顕微鏡または走査型電子顕微鏡を使用して破壊面を検査し、破壊のメカニズム（延性破壊または脆性破壊など）を分析します。

**利点と限界:** 3点曲げ試験は操作が簡単で直感的な結果が得られるため、ウェーハの曲げ特性評価に適しており、研究室や産業界で広く使用されています。しかし、試験結果は試験片のサイズ、支持点間隔、荷重速度の影響を受けるため、試験条件を厳密に管理する必要があります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるために、高精度ロードセルと変位センサーを用いて正確なデータを確保し、サンプル準備プロセスを最適化して表面欠陥を排除し、支持点間隔と荷重速度を標準化して試験誤差を低減します。3点曲げ試験で測定された曲げ強度データは、特に航空宇宙および機械部品分野において、複雑な応力環境下におけるタングステン合金ディスクの性能検証に重要な情報を提供します。

#### 4.5.3 衝撃靱性試験機

衝撃靱性は、タングステン合金ディスクが衝撃または振動荷重下で破壊に耐える能力です。これは靱性性能の重要な指標であり、動的環境における信頼性に直接影響します。衝撃試験は、ディスクサンプルに過渡的な衝撃荷重を加え、吸収エネルギーと破壊挙動を測定することで、

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

衝撃靱性を評価する一般的な方法です。高い効率性と標準化された操作性により、衝撃試験機はタングステン合金ディスクの衝撃靱性試験に広く使用されており、航空宇宙および機械装置の動的性能検証に不可欠なデータを提供します。

**試験原理:** 衝撃試験機は、振り子または落錘を用いて試験片に瞬間的な衝撃荷重を加えます。破壊時に吸収されるエネルギーを測定し、試験片の衝撃靱性を反映します。一般的な試験方法には、シャルピー衝撃試験と落錘衝撃試験があり、これらはウェーハの耐衝撃性評価に適しています。試験結果は、吸収エネルギー（ジュール）または破壊特性として表されます。

#### テスト手順:

1. タングステン合金のディスクサンプルを作製し、標準衝撃試験片（シャルピーV ノッチ試験片など）に加工します。寸法は国際規格（ASTM E23 など）に準拠し、表面は滑らかで欠陥がないことが必要です。
2. ノッチの位置が衝撃方向と一致するように試験片を衝撃試験機のサポートフレームに固定します（シャルピー試験の場合）。
3. 振り子のエネルギー（通常 50 ～ 300 J）、衝撃速度、周囲温度（室温または極低温など）などのテストパラメータを設定します。
4. 振り子を解放するか重りを落として試験片に衝撃荷重を加え、吸収エネルギーと破壊状態を記録します。
5. 破断面を（顕微鏡または走査型電子顕微鏡を使用して）検査し、破断面の種類（延性または脆性）を分析します。
6. 複数のサンプルグループでテストを繰り返し、平均値を取得して精度を向上させ、標準値と比較して検証します。
7. 異なる温度でテストを実行し、低温または高温環境におけるウェーハの衝撃靱性の变化を評価できます。

**利点と限界:** 衝撃試験は、ウェーハの耐衝撃性を迅速に評価し、実際の動的環境をシミュレートすることで、航空宇宙および機械用途に適した製品を開発します。しかし、試験結果は試験片のノッチ品質、温度、および衝撃エネルギーの影響を受けるため、試験条件の厳格な管理が必要です。タングステン合金ウェーハは硬度が高いため、靱性が低い場合があります。試験中は脆性破壊の可能性を考慮する必要があります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、高精度エネルギー測定システムを用いて正確な吸収エネルギーを記録します。また、試験片のノッチ加工プロセスを最適化してノッチ形状の一貫性を確保し、様々な温度条件で試験することで、ウェーハの靱性性能を総合的に評価します。衝撃試験機で測定された衝撃靱性データは、特に航空宇宙および機械設備分野において、動的環境におけるタングステン合金ウェーハの性能を検証するための信頼できる根拠となります。

#### 4.6 タングステン合金ディスクの放射線遮蔽性能試験方法

タングステン合金ウェーハの検査は、高放射線環境に対する防護能力を評価する上で重要なステップであり、医療、科学、原子力用途における有効性に直接影響を及ぼします。放射線遮蔽

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

性能には、ガンマ線と X 線の吸収、そしてそれらの厚さとの関係が含まれます。科学的な試験方法を用いることで、ウェハの遮蔽効果を包括的に評価できます。試験方法の精度と信頼性はウェハの品質確保に不可欠であり、試験精度を高めるために複数の技術を組み合わせることがよくあります。

#### 4.6.1 $\gamma$ 線遮蔽効果検出装置の使用

ガンマ線遮蔽効果試験は、透過性の高いガンマ線に対するタングステン合金ディスクの吸収能力を評価する重要な方法です。原子力施設、放射線治療医療、科学研究実験などで広く利用されています。ガンマ線検出装置は、ガンマ線の減衰を測定することでディスクの遮蔽性能を評価します。タングステン合金ディスクは、高密度で原子番号が大きいため、ガンマ線を効果的に吸収し、透過率を低減します。高精度かつ安全なこの試験装置は、ディスクの遮蔽効果を評価するのに最適であり、高放射線環境での用途に信頼性の高いデータを提供します。

**試験原理:** ガンマ線遮蔽効果試験装置は、コバルト 60 やセシウム 137 などの放射性線源を用いてガンマ線を放射します。ウェーハを透過したガンマ線の強度を測定することで遮蔽効果を評価します。高密度ウェーハはガンマ線を多く吸収するため、透過強度は低くなります。試験は通常、制御された環境で実施され、検出器でガンマ線の強度を記録し、減衰率を分析します。

##### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備し、表面がきれいで欠陥がないこと、サイズがテスト要件を満たしていることを確認します（例：直径 50 mm、厚さ 5 ~ 20 mm）。
2. ガンマ線検出装置のテスト プラットフォームにウェーハを固定し、線源と検出器との位置合わせを確実にします。
3. 適切なガンマ線源（コバルト 60、エネルギー約 1.17~1.33MeV など）を選択し、放射線の強度と照射時間を設定します。
4. ディスクがない場合、初期の放射線強度が基準値として測定されます。
5. ディスクを光線の経路に配置し、透過光線の強度を測定し、減衰データを記録します。
6. 異なる領域または複数のサンプル グループでテストを繰り返し、平均を取得して精度を向上させます。
7. 減衰率データを分析し、標準遮蔽要件と比較して、ウェーハのガンマ線遮蔽性能を評価します。
8. 作業者の安全を確保し、放射線安全規制に準拠するために、保護対策（鉛遮蔽室など）を使用してください。

**利点と限界:**  $\gamma$  線遮蔽効果試験装置は、高精度の減衰データを提供するため、高放射線環境におけるウェーハの性能評価に適しています。試験結果は直感的に理解でき、標準値と直接比較できます。しかし、試験には特殊な放射線防護装置と資格が必要であり、複雑でコストもかかります。さらに、放射線源のエネルギーとウェーハの厚さのマッチングが試験精度に影響を与える可能性があるため、アプリケーションシナリオに合わせて適切な試験パラメータを設定

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

する必要があります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、高解像度検出器（高純度ゲルマニウム検出器など）を用いて放射線強度を記録し、放射線源と検出器を校正してデータ精度を確保します。さらに、厚さや合金組成が異なる複数のサンプルセットを試験することで、遮蔽性能を総合的に評価します。ガンマ線遮蔽効果試験は、タングステン合金ディスクを原子力分野や医療分野に適用するための信頼できる基盤を提供し、高放射線環境における防護能力を確保します。

#### 4.6.2 X 線減衰率試験手順

X 線減衰試験は、タングステン合金ディスクの X 線吸収能力を評価する重要な方法です。医療診断機器（X 線装置や CT スキャナーなど）や産業用非破壊検査に広く使用されています。タングステン合金ディスクは高密度で原子番号が高いため、X 線を効果的に遮断し、機器や人への X 線透過のリスクを低減します。X 線減衰試験は、ディスクの X 線減衰を測定することで遮蔽性能を評価し、高精度アプリケーションに不可欠なデータを提供します。

**試験原理:** X 線減衰率試験では、X 線源を用いて特定のエネルギーの X 線を照射します。ウェーハを透過した X 線の強度を測定し、減衰率を算出します。高密度ウェーハは X 線を多く吸収するため、透過強度は低くなります。この試験は通常、実験室環境で実施され、X 線検出器を用いて強度の変化を記録します。

##### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクサンプルを準備します。表面は清潔で欠陥がなく、サイズは試験要件を満たす必要があります（例: 直径 50mm、厚さ 2~10mm）。
2. X 線検査装置のサンプルホルダーにディスクを固定し、X 線源と検出器との位置合わせを確実にします。
3. 適切な X 線源（例: X 線管、エネルギー範囲 50~150 kVp）を選択し、管電圧と電流を設定し、照射時間を調整します。
4. ディスクがない場合、初期の X 線強度が基準値として測定されました。
5. ディスクを X 線経路に配置し、透過した放射線の強度を測定し、減衰データを記録します。
6. 異なるエネルギー レベル（例: 80 kVp、120 kVp）でテストを繰り返し、異なる X 線エネルギーでのウェーハの遮蔽性能を評価します。
7. 減衰率データを分析し、透過率（透過強度と初期強度の比）を計算し、標準的な遮蔽要件と比較します。
8. 複数のサンプル グループまたは異なる領域でテストを繰り返し、平均値を取得して精度を向上させます。
9. 放射線安全規制を遵守し、保護シールドを使用してオペレーターの安全を確保します。

**利点と限界:** X 線減衰率試験は、ウェーハの X 線遮蔽性能を正確に評価できるため、医療および産業用途における性能検証に適しています。試験装置は比較的入手しやすく、操作も簡単

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



です。しかし、試験結果は X 線エネルギー、ウェーハの厚さ、検出器の感度に影響を受けるため、試験条件を厳密に管理する必要があります。さらに、高エネルギー X 線を用いた試験には、より厳格な防護対策が必要です。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、高解像度 X 線検出器を用いて正確な強度測定を実現し、複数の X 線エネルギーを試験することで実際の適用範囲をカバーします。また、X 線源と検出器を校正することで誤差を低減します。X 線減衰率試験は、医療診断や産業試験におけるタングステン合金ディスクの遮蔽性能を検証するための信頼性の高いサポートを提供し、高精度アプリケーションにおける有効性を確保します。

#### 4.6.3 異なる厚さのタングステン合金ディスクの遮蔽性能の比較

タングステン合金ディスクは、厚さがガンマ線および X 線遮蔽効果に与える影響を評価し、ディスクの設計と適用を最適化するための基盤を提供することを目的としています。厚さは遮蔽性能に影響を与える重要な要因です。厚いディスクはより多くの放射線エネルギーを吸収するため、高強度放射線環境に適しています。一方、薄いディスクは低強度放射線シナリオに適しています。この試験では、様々な厚さのディスクの減衰率を比較することにより、厚さと遮蔽性能の関係を明らかにします。

**試験原理:** 遮蔽性能と厚さの関係は、材料中における放射線の指数関数的減衰に基づいています。試験では、様々な厚さのディスクを通過するガンマ線または X 線の透過強度を測定し、減衰率を比較することで、厚さが遮蔽効果に与える影響を評価します。試験は通常、ガンマ線と X 線検出装置を組み合わせて実施し、様々な放射線の種類をカバーします。

##### テスト手順:

1. 一般的なアプリケーションシナリオをカバーする厚さ（例：1 mm、5 mm、10 mm、20 mm）のタングステン合金ディスクサンプルを複数セット用意し、各サンプルセットが一貫した材料で作られていることを確認します。
2. 放射線源と検出器の位置合わせを確実にしながら、放射線検査装置のサンプルホルダーにディスクを 1 枚ずつ固定します。
3. 適切な放射線源（コバルト 60 ガンマ線や X 線管など）を選択し、放射線エネルギーと強度を設定し、初期の放射線強度を記録します。
4. 各厚さディスクのセットをテストし、透過光線の強度を測定し、減衰データを記録します。
5. 異なるエネルギーレベル（ガンマ線の場合は 1.25 MeV、X 線の場合は 80~120 kVp など）でテストを繰り返し、厚さが遮蔽性能に与える影響を評価します。
6. データを分析し、厚さと減衰率の関係の曲線を描き、異なる厚さのウェーハの遮蔽効果を比較します。
7. 統計解析ソフトウェアを使用して減衰率の差を計算し、最適な厚さの範囲を決定しました。
8. テスト中は放射線安全規制が遵守されていることを確認し、オペレーターを保護するために保護シールドを使用してください。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

**利点と限界:** 厚さ比較試験は、厚さが遮蔽性能に与える影響を直感的に明らかにすることができ、ウェーハ設計の最適化のための科学的根拠を提供するため、医療、科学、産業用途に適しています。しかし、試験には複数のサンプルセットが必要となり、コストがかかります。また、結果は放射線エネルギーや合金組成の影響を受けるため、複数の要因を総合的に考慮する必要があります。厚いウェーハを試験する場合、減衰が大きいため検出器の信号が弱くなる可能性があり、高感度検出器の使用が必要になります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるために、厚さ試験点を追加することでより広い厚さ範囲をカバーできます。高解像度検出器を使用して低強度透過信号を正確に記録し、微細構造分析を組み合わせることで、厚さの変化が材料密度に与える影響を評価することができます。様々な厚さのディスクの遮蔽性能比較試験は、高放射線環境向けタングステン合金ディスクの設計を最適化するための重要なデータを提供し、医療分野や原子力エネルギー分野への適用を促進します。

#### 4.7 タングステン合金ディスクの電気伝導率および熱伝導率の試験方法

タングステン合金ウェーハの性能評価は、電子機器、電気工学、および熱管理アプリケーションにおける有効性を評価する上で重要なステップです。これらの性能は、電流伝導と熱伝達の性能に直接影響します。電気伝導率はウェーハの電流伝導効率を反映し、熱伝導率は熱を放散および管理する能力を決定します。正確で信頼性の高い試験方法はウェーハの品質確保に不可欠であり、試験精度を高めるために複数の技術が組み合わされることがよくあります。

##### 4.7.1.4 端子法による導電率測定

四端子法は、高精度な導電率試験法です。タングステン合金ウェーハの表面に定電流を流し、電圧降下を測定することで、ウェーハの抵抗率と導電率を計算します。四端子法は、高精度、低接触抵抗、幅広い適用性から、タングステン合金ウェーハの導電率試験に広く用いられています。

信頼性の高い電気性能データを提供し、電子・電気アプリケーションにおける性能検証の基礎となります。導電率は、接点、コネクタ、回路部品におけるウェーハの性能に直接影響します。

**試験原理:** 4プローブ法では、等間隔に配置された4本のプローブをウェーハ表面に接触させます。外側の2本のプローブは定電流を印加し、内側の2本のプローブは電圧降下を測定することで抵抗率を算出します。導電率は抵抗率の逆数であり、ウェーハの電流伝導能力を反映しています。この方法では、電流と電圧の測定経路を分離することで接触抵抗の影響を排除し、試験精度を向上させます。

##### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクのサンプルを準備します。良好な接触を確保するため、表面は油汚れ、酸化皮膜、不純物のない滑らかな表面になるまで研磨する必要があります。
2. サンプルが安定していて振動がないことを確認するために、4 プローブ テスト デバ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

イスのプラットフォームにウェーハを固定します。

3. 4つのプローブがウェーハ表面に垂直に接触し、プローブ間隔が均一になるように4つのプローブアセンブリを調整します。
4. 高精度の電流源と電圧計を使用して、定電流値（通常 1 ~ 100 mA）や電圧測定範囲などのテストパラメータを設定します。
5. 一定の電流が流され、内部プローブの電圧降下が測定され、データが記録されます。
6. ウェーハ表面の異なる領域（中央と端など）で測定を繰り返し、平均を取ることで精度を向上させます。
7. 電圧降下と電流値から抵抗率を計算し、導電率に変換して標準値と比較して検証します。
8. サンプルの表面状態を確認し、必要に応じて顕微鏡で接触点を観察し、損傷や汚染がないことを確認します。

**利点と限界:** 4プローブ法は高精度で接触抵抗が低いため、タングステン銅合金ウェーハなどの高導電性材料の検査に適しています。研究室や産業現場で広く使用されています。しかし、検査結果は表面品質とプローブの接触状態によって影響を受けるため、表面の平滑性とプローブの位置合わせが重要です。検査装置は定期的な校正が必要であり、薄いウェーハや不規則な形状のウェーハには特殊な治具が必要になる場合があります。

**最適化対策:** 試験精度を向上させるため、高精度の電流源と電圧計を用いて正確なデータを取得し、ウェーハ表面を精密に研磨して接触抵抗を低減します。さらに、異なる合金組成（タングステン-銅、タングステン-銀など）を含む複数のサンプルセットを試験することで、導電性を総合的に評価します。四端子法を用いて測定された導電性データは、電気・電子用途、特に回路接続および接触用途におけるタングステン合金ウェーハの性能を検証するための信頼性の高い根拠となります。

#### 4.7.2 熱線法による熱伝導率測定

ホットワイヤ法は、一般的に使用されている熱伝導率試験方法です。タングステン合金ディスクに熱パルスを印加し、温度応答を測定することで熱伝導率を算出します。高い精度、迅速性、そして適用性から、ホットワイヤ法はタングステン合金ディスクの熱伝導率試験に広く使用されています。信頼性の高い熱性能データを提供し、熱管理アプリケーションにおける性能検証の基礎となります。熱伝導率は、ヒートシンク、ヒートパイプ、高温機器におけるディスクの性能に直接影響します。試験原理: ホットワイヤ法では、ウェーハサンプルに細いホットワイヤ（ニッケルクロムワイヤなど）を埋め込み、一定電力の熱パルスを印加し、ホットワイヤ近傍の温度変化を経時的に測定します。熱伝導率は温度応答速度に基づいて算出され、ウェーハの熱伝導能力を反映します。試験は通常、外部からの干渉を最小限に抑えるため、温度制御された環境で実施されます。

#### テスト手順:

1. タングステン合金のディスクサンプルを準備し、標準サイズ（長方形または円形スラ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

- イスなど）に加工します。表面は清潔で欠陥がないようにしてください。
2. 薄い加熱線をウェーハに埋め込むか、加熱線を表面に取り付けて、加熱線とサンプル間の良好な接触を確保します。
  3. サンプルを熱線試験装置の一定温度環境に置き、熱線を電源と温度センサーに接続します。
  4. 熱パルス電力（通常 0.1 ~ 1 W）、加熱時間（数秒~数十秒）、温度測定周波数などのテスト パラメータを設定します。
  5. 熱パルスが適用され、ホットライン付近の温度の変化が時間とともに記録され、温度時間曲線が生成されます。
  6. 温度応答データを分析し、熱伝導率を計算し、異なる領域でテストを繰り返し、平均値を取得します。
  7. 標準熱伝導率の値と比較して、ウェーハの熱伝導率が要件を満たしているかどうかを確認します。
  8. 必要に応じて導電性接着剤を使用して接触を強化します。

**利点と制限:** ホットワイヤ法は、高精度と迅速性という利点があります。タングステン銅合金ディスクなどの高熱伝導率材料のテストに適しており、実際の熱管理環境をシミュレートできます。ただし、テスト結果はホットワイヤの接触品質と周囲温度の影響を受け、テスト条件を厳密に管理する必要があります。薄いディスクの場合、ホットワイヤの埋め込みが困難な場合があります、表面接着が必要です。最適化対策: テスト精度を向上させるために、高精度温度センサーと一定温度環境を使用して外部干渉を低減し、ホットワイヤとサンプルの接触方法を最適化して熱伝達効率を確保し、異なる合金組成と厚さをカバーする複数のサンプルグループをテストし、熱伝導率を総合的に評価します。ホットワイヤ法で測定された熱伝導率データは、特に電子機器や航空宇宙用途における熱管理分野におけるタングステン合金ディスクの性能検証に重要なサポートを提供します。

#### 4.7.3 電気伝導率と熱伝導率の相関試験

電気伝導率と熱伝導率の相関試験は、タングステン合金ウェーハの電気伝導率と熱伝導率の関係を調査します。両者の性能データを包括的に測定することで、固有の相関関係を分析し、材料設計の最適化のための基礎を提供します。金属材料では、電気伝導率と熱伝導率はどちらも自由電子の移動に依存しているため、しばしば相関関係にあります。この試験では、異なる合金組成や処理条件下での電気伝導率と熱伝導率を比較することで、その根底にあるメカニズムを明らかにします。

**試験原理:** 電気伝導率と熱伝導率の相関試験は、電気伝導率を測定する4探針法と熱伝導率を測定するホットワイヤ法を組み合わせたものです。合金組成やプロセス条件が異なる複数のウェーハサンプルを準備し、それらの電気伝導率と熱伝導率を測定して、両者の関係を分析します。この試験は、通常、特定の条件下では熱伝導率は電気伝導率に比例するというヴィーデマン・フランツの法則に基づいています。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

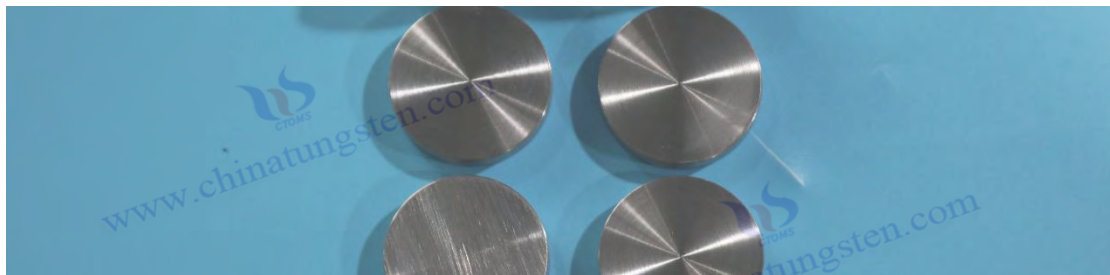


#### テスト手順:

1. タングステン合金ディスクサンプルを複数セット用意し、合金組成（タングステン銅比、ニッケル含有量など）や製造プロセス（焼結温度など）を調整することで、異なる電気伝導率と熱伝導率を持つサンプルを取得します。
2. 各サンプルグループの導電率は4プローブ法を使用して測定され、一貫したテスト条件を確保するために抵抗率と導電率のデータが記録されました。
3. 各サンプルグループの熱伝導率を熱線法で測定し、温度応答データを記録し、熱伝導率を計算しました。
4. 電気伝導率と熱伝導率のデータを整理し、両者の関係曲線を描き、相関関係を分析します。
5. 統計解析ソフトウェア（回帰分析など）を使用して、電気伝導率と熱伝導率の相関係数を計算し、相関の強さを評価しました。
6. 微細構造分析（走査型電子顕微鏡による粒子構造の観察など）と組み合わせて、電気伝導性と熱伝導性の微視的メカニズムを探ります。
7. データの信頼性を確保し、理論モデルと比較して検証するために、複数のサンプルグループでテストを繰り返します。
8. テスト結果を分析して、合金組成や微細構造など、相関関係に影響を与える主要因を特定します。

**利点と限界:** 相関試験は、電気伝導率と熱伝導率の本質的な関係を明らかにすることができ、ウェーハ設計の最適化のための科学的根拠を提供するとともに、電子機器や熱管理用途の材料開発に適しています。しかし、試験には複数のサンプルセットが必要となり、コストがかかります。また、結果は合金組成、微細構造、試験条件の影響を受けるため、複数の要因を包括的に分析する必要があります。さらに、高硬度タングステン合金ではヴィーデマン・フランツの法則に逸脱が生じる場合があります、実験データに基づく補正が必要です。

**最適化策:** 試験精度を向上させるために、サンプルグループ数を増やし、より広範囲の合金組成とプロセス条件をカバーします。試験条件を標準化することで、比較可能な電気伝導率と熱伝導率のデータを確保できます。また、微細構造解析と併せて相関メカニズムの詳細な研究を実施することもできます。電気伝導率と熱伝導率の相関関係は、タングステン合金ウェーハの性能を最適化するための理論的裏付けとなり、電子機器や電気システムなど、電流と熱の効率的な同時伝導が求められる用途への適用を促進します。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェーハ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

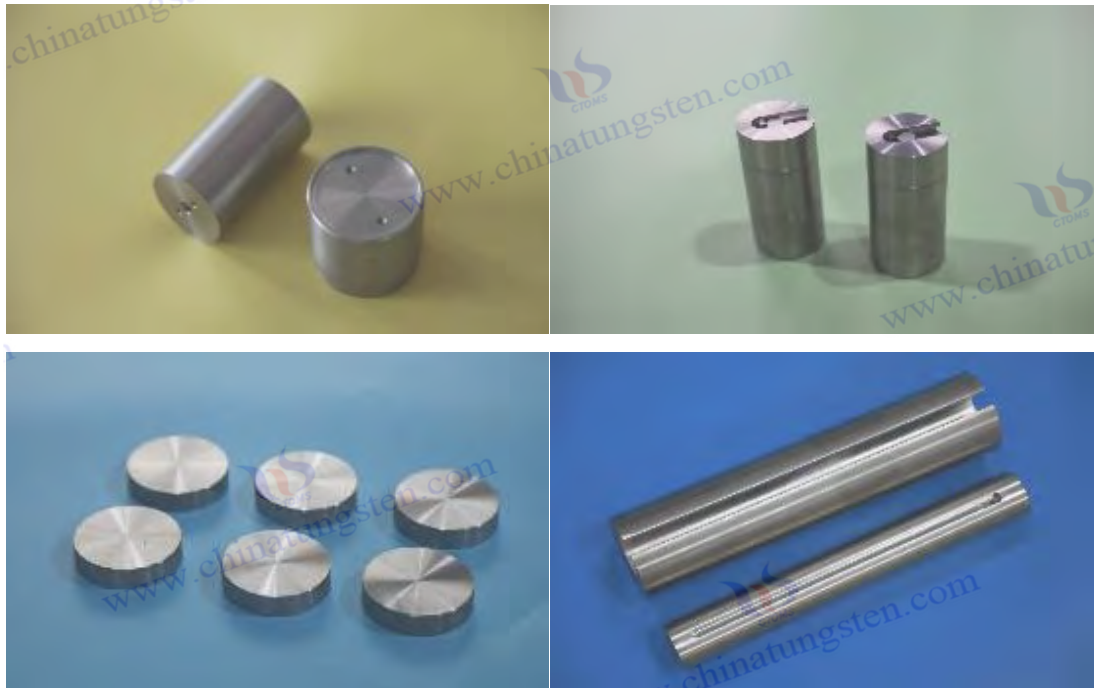
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://www.tungsten-alloy.com)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

## 第5章 タングステン合金ディスクの製造工程

タングステン合金ディスクは、その高品質と高性能を確保するための重要なステップであり、原材料の選定、前処理、成形、焼結、後処理など、複数の工程を経ます。科学的かつ精密な製造技術により、ディスクの物理的・機械的特性が最適化され、航空宇宙、医療、エレクトロニクス、産業分野の厳しい要件を満たしています。タングステン合金ディスクは、高い密度、強度、耐熱性、放射線遮蔽特性を備えているため、カウンターウェイト、シールド部品、電気接点、熱管理部品などの用途に広く使用されています。製造工程では、厳格な品質管理と標準化された作業手順が求められ、一貫性と信頼性の高い製品性能を確保しています。

原材料の選定と前処理は、タングステン合金ディスクの製造において極めて重要であり、最終的な性能に直接影響を及ぼします。原材料の品質と配合は、ディスクの密度、強度、電気伝導性、熱伝導性を決定づけます。一方、前処理は原材料の均一性と純度を確保し、その後の成形と焼結の基礎を築きます。タングステン合金ディスクの環境への配慮とリサイクル性を確保するには、製造過程における資源効率と環境影響管理に重点を置く必要があります。

### 5.1 タングステン合金ディスクの原材料の選択と前処理

タングステン合金ウェハは製造プロセスの出発点であり、ウェハの微細構造と性能を直接決定します。原材料は主に高純度タングステン粉末とその他の合金元素（ニッケル、鉄、銅、銀など）で構成されています。科学的な選別と前処理により、原材料が高性能ウェハの製造要件を満たすことが保証されます。前処理には粉末の選別、洗浄、混合が含まれ、原材料の純度、粒子サイズ、均一性を向上させ、後続の粉末冶金プロセスのための高品質な基盤を提供します。

#### 5.1.1 タングステン粉末の純度と選別

タングステン粉末は、タングステン合金ウェハの主要原料です。その純度と粒子径は、ウェハの密度、強度、微細構造の均一性に直接影響します。高純度タングステン粉末は、不純物による性能への悪影響を低減し、適切な粒子径分布は粉末の流動性と成形性の向上に役立ちます。タングステン粉末の純度と選別は、原料前処理における重要なステップです。厳格な品質管理により、タングステン粉末は高性能ウェハの製造要件を満たすことが保証されます。

**プロセス原理:** タングステン粉末の純度と選別は、不純物（酸化物、炭素、硫黄など）を除去し、粉末冶金プロセスの要件を満たす粒度分布を制御するように設計されています。高純度タングステン粉末（通常 99.9%以上）は、微細欠陥を低減し、ウェーハ密度と機械的特性を向上させます。選別では、振動篩または気流分級機を用いて大きすぎる粒子と小さすぎる粒子を除去し、均一な粒度分布（通常 1~10 $\mu$ m の範囲）を確保することで、粉末の流動性と圧縮特性を最適化します。

**プロセス手順:** 高純度タングステン粉末の選別と純度管理は、ASTM B777 規格（純度 $\geq$ 99.9%）を満たす原材料を選択することから始まります。不純度レベル（例：酸素 $\leq$ 0.05%）は、サブラ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



イヤーから提供された化学分析レポートを使用して確認されます。次に、タングステン粉末を超音波洗浄システムに入れ、脱イオン水またはエタノールで洗浄して表面酸化物と有機不純物を除去します。洗浄後、真空または不活性ガス雰囲気乾燥させます。次に、高精度振動篩または空気分級機を使用して粉末を選別し、粒子サイズを  $1\sim 5\mu\text{m}$  または  $5\sim 10\mu\text{m}$  の範囲内に制御して、大きすぎる粒子（均一性に影響する）や微粒子（凝集しやすい）を除去します。次に、レーザー粒度分布分析装置を使用して粒度分布を測定し、平均粒子サイズ（D50）と分布範囲を記録して、プロセス要件への準拠を確認します。純度試験は、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）または蛍光 X 線分析法（XRF）を用いて実施し、不純物レベルが基準値を下回っていることを確認します。選別されたタングステン粉末は、酸化や汚染を防ぐため、乾燥した無塵環境で密閉容器に保管されます。タングステン粉末はバッチごとにサンプリングされ、純度と粒子サイズの一貫性を確保するために試験が行われ、データはトレーサビリティのために記録されます。

**利点と限界:** 高純度タングステン粉末と均一な粒度分布は、ウェーハ密度と性能の一貫性を大幅に向上させ、高精度アプリケーションに適しています。しかし、高純度タングステン粉末は高価であり、選別工程には高度な設備が必要となるため、生産コストが増加します。さらに、選別中や保管中に微粒子が凝集する可能性があるため、厳格な環境管理が必要です。

**最適化対策:** プロセス効率を向上させるために、自動選別装置を用いて手作業によるミスを削減する、高純度不活性ガス（アルゴンなど）を用いてタングステン粉末の酸化を防ぐ、多段階選別プロセスを組み合わせることで粒度分布を最適化するという対策が考えられます。タングステン粉末の純度と選別プロセスは、特に放射線遮蔽やカウンターウェイト用途において、高性能なタングステン合金ウェーハ製造の確固たる基盤となります。

### 5.1.2 材料組成比と混合

タングステン合金ディスクの製造において、材料の配合比と混合は重要な工程です。タングステン粉末とその他の合金元素の配合比と均一性を正確に制御することで、ディスクの機械的特性、電気伝導性、熱伝導性が最適化されます。適切な配合比は強度、靱性、その他の特性のバランスを保ち、均一な混合は均一な微細構造を確保し、性能のばらつきを最小限に抑えます。

**プロセス原理:** 材料の配合比は、ウェーハの用途要件に基づいて決定されます。例えば、高密度カウンターウェイトには高いタングステン含有量（90～95 重量%）が必要であり、高導電性用途では銅または銀の含有量を増やす必要があります。混合プロセスでは、機械式混合装置またはボールミル装置を用いてタングステン粉末を他の金属粉末と均一に分散させ、均一な粉末混合物を形成します。これにより、後続のプレスおよび焼結工程に高品質な原料が供給されます。この均一な混合により、ミクロ偏析が低減され、ウェーハの性能安定性が向上します。

**プロセス手順:** 材料成分比と混合: まず、用途要件に基づいて合金比を設計します。たとえば、高密度カウンターウェイト用のタングステン - ニッケル - 鉄（W-Ni-Fe）合金の比率は 90:7:3 ですが、導電性用途のタングステン - 銅（W-Cu）合金の比率は 70:30 です。正確な混合比を

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



確保するために、高精度電子天秤（精度 $\geq 0.001\text{g}$ ）を使用してタングステン、ニッケル、鉄、または銅の粉末を計量します。計量した粉末を V 型ミキサー、遊星ボールミル、または 3 次元ブレンダーに入れます。流動性を向上させるために、適切な量の添加剤（エタノール、ポリビニルアルコールなど）を追加します。混合時間を 100~300rpm の速度で 2~8 時間に設定します。酸化を防ぐため、不活性雰囲気（窒素やアルゴンなど）下で混合します。混合後、走査型電子顕微鏡（SEM）またはエネルギー分散型分光法（EDS）を用いて粉末をサンプリングし、元素分布分析を行い、均一性（元素分布偏差 $\pm 1\%$ 以下）を確認します。混合粉末は直ちに密封し、酸化や汚染を防ぐため、乾燥した環境で保管します。混合粉末はバッチごとにサンプリングを行い、化学組成と粒度分布を分析し、配合設計およびプロセス要件を満たしていることを確認します。

**利点と限界:** 正確な成分比率と均一な混合は、ウェーハの性能を最適化し、多様なアプリケーション要件を満たし、高精度生産に適しています。しかし、装置の性能や不適切な操作により、混合プロセスにムラが生じ、ウェーハの品質に影響を与える可能性があります。さらに、高導電性合金（W-Cu など）は銅粉末の使用量を増やす必要があるため、コストが増加し、密度が低下する可能性があります。

**最適化対策:** 混合均一性を向上させるため、高効率三次元ミキサーの使用や混合時間の延長、粉碎助剤の使用による粉末の凝集抑制、多点サンプリングと分析による元素分布の均一化などを実施します。材料組成比と混合プロセスは、高性能タングステン合金ウェーハの製造における重要な保証であり、エレクトロニクス、医療、航空宇宙分野における幅広い応用を促進します。

## 5.2 タングステン合金ディスクの成形プロセス

タングステン合金ディスクは、製造工程の中核を成す工程です。前処理された粉末材料は、プレスと焼結によって、高密度で優れた性能を持つ円形ディスクへと加工されます。成形工程は、粉末プレスと焼結という 2 つの主要工程で構成され、それぞれ初期形状の成形と材料の緻密化を担います。精密な成形により、高性能用途に必要なディスクの寸法精度、密度の均一性、そして機械的特性が確保されます。

### 5.2.1 粉末プレス

粉末プレスは、タングステン合金ディスク成形の第一段階です。均一に混合されたタングステン合金粉末を金型に押し込み、予備的な形状と密度を持つディスクブランクを成形することで、その後の焼結工程の基礎を築きます。粉末プレス工程は、その高い効率性と精度により、タングステン合金ディスクの製造に広く利用されており、ディスクブランクの寸法安定性と構造安定性を確保します。

**プロセス原理:** 粉末プレスは、タングステン合金粉末（タングステン-ニッケル-鉄、タングステン-銅など）を油圧または機械圧力で圧縮し、所定の強度と形状を持つピレットを成形しま

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。プレス工程では、粉末粒子が高圧下で塑性変形と粒子再配列を起こし、緻密なピレット構造を形成します。プレス工程では、圧力、金型設計、粉末の流動性を制御することで、ピレットの密度と形状が要件を満たすようにする必要があります。

**プロセス手順:** 粉末プレス工程は、前処理済みのタングステン合金粉末（純度選別済み、均一に混合）を高精度の円形金型に充填することから始まります。金型表面は、欠陥発生を防ぐため、滑らかで汚染のない状態に保たれます。粉末は高精度電子天秤を用いて計量され、毎回均一な充填量を確保することで、ブランクの密度を均一に保ちます。次に、金型を油圧プレスまたは機械プレスにセットし、適切な圧力を加えて初期強度を備えた円形ブランクを成形します。プレス工程中は圧力と変位を監視し、ブランクの厚さを一定に保ちます。プレス後、ブランクは慎重に取り出され、光学顕微鏡またはプロファイロメーターを用いて表面品質と寸法を検査し、ひび割れや変形がないか確認します。ブランクは焼結まで乾燥した無塵環境に保管されます。粉末の汚染を防ぐため、工程全体はクリーンルーム内で実施する必要があります。また、品質トレーサビリティを確保するために、ブランクの各バッチごとにプレスパラメータ（圧力や時間など）を記録します。

**利点と限界:** 粉末成形プロセスは効率が高く、低コストで、高精度のディスクブランクを迅速に製造できるため、大量生産に適しています。しかし、成形プロセス中の圧力の不均一性や粉末の流動性の不足は密度の偏差につながり、ブランクの品質に影響を与える可能性があります。さらに、タングステン粉末は硬度が高いため、金型の摩耗を引き起こす可能性があり、高強度の金型材料を使用する必要があります。

**最適化対策:** プレス品質を向上させるために、均一な密度を確保するために等方圧プレス技術（冷間等方圧プレスなど）を用いる、離型抵抗を低減するために金型設計を最適化する、粉末の流動性を向上させるためにプレス助剤（ポリビニルアルコールなど）を用いるなどの方法があります。粉末プレスは、特にカウンターウェイトやシールド部品の製造において、タングステン合金ディスクの高精度成形の信頼性の高い基盤となります。

## 5.2.2 焼結プロセス

焼結工程は、タングステン合金ディスクの製造において重要な工程です。高温処理により、プレスされたブランク内の粉末粒子が結合し、高密度で高強度のディスクが形成されます。焼結工程により、ブランク内の気孔が除去され、材料の密度と機械的特性が向上し、ディスクの究極の性能が確保されます。焼結工程は、その高い効率性と性能最適化能力により、タングステン合金ディスクの製造に広く利用されています。

**プロセス原理:** 焼結プロセスでは、ブランクを高温（通常 1300~1600°C）で加熱・圧縮することで、粉末粒子が拡散、表面結合、そして粒成長によって緻密な構造を形成します。タングステン合金ディスクは、通常、液相焼結法を用いて焼結されます。添加された低融点金属（ニッケルや銅など）は焼結温度で溶融し、粒子の結合を促進し、密度と強度を高めます。焼結プロセスは、酸化を防ぐため、不活性雰囲気または真空中で実施する必要があります。

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

**プロセス手順:** 焼結プロセスは、プレスされたディスクブランクを高温焼結炉（真空炉や水素保護炉など）に配置することから始まります。高純度セラミックまたはグラファイト製のるつぽを用いてブランクを保持し、汚染のない状態を確保します。焼結温度は、熱応力を回避するために 5~10°C/分の制御された昇温速度で設定します。ブランクは、液相焼結と粒子結合を促進するために、焼結温度で 2~6 時間保持されます。酸化を防ぐため、不活性ガス（アルゴンなど）または水素が導入されます。その後、急冷による割れを防ぐため、ブランクは制御された速度で室温まで冷却されます。焼結後、高精度電子天秤を用いてディスクの密度を測定し、X 線非破壊検査を実施して内部の気孔や欠陥を検査します。必要に応じて、焼結中に形成された酸化層や表面欠陥を除去するために、ディスク表面を研磨します。焼結パラメータ（温度、保持時間、雰囲気など）は、品質トレーサビリティのために焼結ディスクの各バッチごとに記録されます。

**利点と限界:** 焼結プロセスはウェーハの密度と機械的特性を大幅に向上させるため、高性能アプリケーションに適しています。しかし、高温焼結は多くのエネルギーを消費し、厳格な設備を必要とします。さらに、不適切な温度制御は、粒子の過大化や残留気孔の発生につながり、性能を損なう可能性があります。さらに、液相焼結は低融点金属の揮発による組成偏差を引き起こす可能性があるため、焼結条件の精密な制御が求められます。

**最適化対策:** 焼結品質を向上させるため、熱間静水圧加圧（HIP）による気孔率のさらなる低減、焼結温度プロファイルの最適化による熱応力低減、高純度シールドガスの使用による酸化防止などが挙げられます。焼結プロセスは、高密度・高性能なタングステン合金ウェーハの製造において重要な保証となり、航空宇宙、医療、エレクトロニクス分野における幅広い応用を推進しています。

### 5.3 タングステン合金ディスクの加工技術

タングステン合金ディスクは、製造工程において極めて重要な工程です。焼結ブランクは、切断、研削、表面処理を経て、高精度で優れた表面品質を持つディスクに加工されます。この工程により、ディスクの寸法精度、表面仕上げ、機械的特性が確保され、航空宇宙、医療、電子産業における高性能部品の要件を満たします。タングステン合金は硬度と密度が高いため、加工が難しく、欠陥や材料の無駄を避けるために、高精度な設備とプロセスパラメータの制御が必要です。以下では、切断、研削、表面処理に焦点を当て、タングステン合金ディスクの加工工程と用途について詳しく説明します。

#### 5.3.1 切断と研削

タングステン合金ディスク加工において、切断と研削は中心的な工程です。機械加工により余分な材料を除去し、ディスクを正確なサイズと形状に成形することで、高精度アプリケーションの要件を満たすことができます。タングステン合金は硬度と密度が高いため、切断と研削が難しく、高品質な加工を実現するには高性能な切削工具と精密機器が必要です。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



**プロセス原理:** 切削と研削は、高速回転工具または研磨剤を用いて焼結タングステン合金ブランクから材料を除去し、目標サイズと表面品質を実現します。切削は主に粗加工に使用され、大きな余分な部分を除去し、ディスク形状の初期形成を行います。研削は仕上げ加工に使用され、寸法精度と表面仕上げをさらに向上させます。タングステン合金は硬度が高いため、効率的で高品質な加工を実現するために、ダイヤモンドまたは立方晶窒化ホウ素（CBN）工具と研磨剤を使用する必要があります。

**工程手順:** タングステン合金ディスクの切断・研削工程は、焼結ブランクを準備することから始まります。表面に目に見える欠陥がないことを確認するためです。次に、超音波洗浄機を用いて油分や不純物を除去します。ブランクは、CNC 旋盤またはマシニングセンターの治具に高精度クランプ装置を用いて固定し、加工中の安定性を確保し、振動を防止します。切削工程では、ダイヤモンド工具または CBN 工具を選択し、適切な切削パラメータを設定します。余分な材料は旋削またはフライス加工によって除去され、初期のディスク形状が形成されます。切削後、レーザー距離計またはマイクロメータを用いて寸法精度を確認し、設計要件を満たしていることを確認します。次に、研削工程が始まります。精密グラインダーとダイヤモンド砥石を用いて低速送りで切削を行い、クーラントスプレーを用いてディスクの表面とエッジを微調整することで、最適な表面仕上げと寸法精度を実現します。加工中は、欠陥を防止するため、工具と砥石の摩耗を定期的に点検し、交換する必要があります。加工後、ディスクは超音波洗浄され、切削液と金属片が除去されます。その後、プロファイロメータを用いて表面品質と寸法の均一性を検査します。品質トレーサビリティを確保するため、加工されたウェーハのバッチごとに、切削および研削パラメータ（速度、送り速度、加工時間など）を記録する必要があります。

**利点と限界:** 切削・研削加工は、高精度な寸法と表面品質を実現し、航空宇宙産業やエレクトロニクス産業の厳しいウェーハ要件を満たすことができます。しかし、タングステン合金は硬度が高いため、工具の摩耗が早く、加工コストが高くなります。さらに、切削中にマイクロクラックが発生する可能性があるため、加工パラメータの厳格な管理が必要です。さらに、研削加工中にクーラントを使用すると、環境への影響を考慮した廃棄コストが増加する可能性があります。

**最適化対策:** 加工効率と品質を向上させるために、CNC マシニングセンターと自動化治具の導入により手作業によるミスを削減できます。また、高性能ダイヤモンド切削工具と研磨材を使用することで工具寿命を延ばし、最適化されたクーラント配合により環境への影響を低減し、加工安定性を向上させることができます。

### 5.3.2 表面処理

表面処理は、タングステン合金ウェーハ加工において重要な工程です。研磨、コーティング、化学処理などのプロセスにより、ウェーハの表面仕上げ、耐腐食性、機能性能が向上し、特定のアプリケーションシナリオのニーズを満たすことができます。表面処理は、ウェーハの外観

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



と性能を向上させるだけでなく、複雑な環境下における耐久性も向上させます。

**プロセス原理:** 表面処理は、機械的、化学的、または物理的な方法を用いてタングステン合金ディスクの表面を改質し、加工欠陥の除去、仕上げの改善、あるいは耐摩耗性、耐腐食性、導電性を向上させるための機能性コーティングの付加を行います。タングステン合金は硬度が高く化学的に安定しているため、表面処理には処理効果と材料性能の安定性を確保するための特殊な設備とプロセスが必要です。

**工程手順:** タングステン合金ウェハの表面処理は、切断・研削後のウェハを検査することから始まります。表面にひび割れ、傷、残留応力がないことを確認します。次に、超音波洗浄を用いて表面の油分や粒子を除去します。研磨工程では、ダイヤモンド研磨ペーストを用いた精密研磨機を用いて低速・中圧でウェハ表面を鏡面仕上げにし、平滑性と外観を向上させます。研磨後、表面形状測定装置と顕微鏡を用いて表面品質を検査し、微細欠陥がないことを確認します。耐食性や導電性の向上が求められるウェハの場合は、無電解めっきまたは物理蒸着(PVD)プロセスを用いてニッケル、金、銀などのコーティングを施し、導電性と耐食性を向上させることができます。コーティングは真空環境で行われ、均一なコーティングと強力な密着性を確保するために、堆積温度と速度が制御されます。表面処理後、蛍光 X 線 (XRF) 分析を用いてコーティングの組成と厚さを分析し、設計要件への適合性を確認します。必要に応じて化学洗浄を行い、残留化学物質を除去します。また、ウェーハは脱イオン水でリンスし、清浄な表面状態を確保します。表面処理されたウェーハは、品質トレーサビリティを確保するために、研磨およびコーティングパラメータ（研磨時間、コーティング厚さ、成膜条件など）がバッチごとに記録されます。

**利点と限界:** 表面処理はウェーハ表面品質と機能性能を大幅に向上させ、電子機器、医療、航空宇宙分野の厳しい要件を満たすことができます。しかし、研磨およびコーティング工程には高精度の設備が必要となり、生産コストが増加します。さらに、コーティング技術が不適切だと密着性が低下する可能性があり、プロセスパラメータの厳格な管理が必要となります。さらに、化学処理では廃水が発生する可能性があり、環境への影響を最小限に抑えるためには適切な処理が必要です。

**最適化対策:** 表面処理の効率と品質を向上させるため、自動研磨装置とオンライン監視システムを導入し、手作業によるミスを削減します。コーティング工程のパラメータを最適化し、コーティングの均一性と密着性を確保します。また、環境に優しい洗浄剤と廃液処理システムを導入し、環境への影響を低減します。表面処理プロセスは、タングステン合金ウェーハの高性能応用にとって重要な保証であり、高精度かつ複雑な環境における幅広い使用を促進します。

#### 5.4 タングステン合金ディスクの品質管理と検査

タングステン合金ウェーハは、密度、強度、表面特性、放射線遮蔽性能といった高い基準を満たすために不可欠な製造工程において重要な部品です。品質管理では、完成品のオンライン監視

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

と抜き取り検査を実施し、製造工程中の主要パラメータをリアルタイムで追跡することで、逸脱を迅速に特定し、修正します。試験では、体系的な試験方法を用いて、ウェハの性能がアプリケーション要件を満たしていることを確認します。これらのプロセスは、生産効率を向上させ、不良品率を低減し、航空宇宙、医療、電子機器などのアプリケーションに信頼性の高いサポートを提供します。以下では、成形工程のオンライン監視と完成品の全特性の抜き取り検査に焦点を当て、タングステン合金ウェハの品質管理と試験のプロセスと用途について詳しく説明します。

#### 5.4.1 成形プロセスのオンライン監視

成形工程のオンライン監視は、タングステン合金ディスク製造において用いられるリアルタイム品質管理手法です。粉末成形および焼結工程における主要パラメータを監視することで、ブランクディスクおよび焼結ディスクの寸法精度、密度、構造均一性を確保します。高い効率とリアルタイム性を備えたオンライン監視は、生産上の逸脱を迅速に検出し、不良品を削減します。タングステン合金ディスクの高精度生産に広く利用されています。

**プロセス原理:** 成形プロセスのオンラインモニタリングは、センサー、制御システム、データ分析装置を用いて、プレスおよび焼結プロセス中のリアルタイムパラメータ（圧力、温度、密度分布など）を収集します。これらのパラメータを基準値と比較することで、プロセスの安定性を判断します。モニタリングシステムは、プレスされたブランクの密度偏差、焼結中の温度変動、または気孔の形成を検出し、ウェハ品質が要件を満たしていることを保証します。

**プロセスステップ:** 成形プロセスのオンライン監視は、粉末成形段階から始まります。高精度圧力センサーと変位センサーは、プレス機の圧力と金型の変位を監視し、プレス工程中に力-変位曲線をリアルタイムで記録することで、ピレットの厚さの均一性とクラックのない製造を保証します。プレス後、レーザー距離計または超音波検出器がピレットの表面と寸法を高速スキャンし、変形や表面欠陥がないか確認します。焼結段階では、高温センサーと赤外線温度計が焼結炉内の温度をリアルタイムで監視し、安定した加熱速度と保持時間を確保することで、熱応力や異常な粒成長を回避します。焼結中は、オンライン X 線密度測定装置または超音波探傷装置がウェハの密度分布（目標密度は理論密度の 95%以上）を監視し、内部の気孔や偏析を検出します。監視データはコンピュータ制御システムによってリアルタイムで分析され、標準パラメータと比較されます。逸脱（圧力の制限値超過や温度変動など）が検出された場合、装置パラメータが自動的に調整されるか、アラームが発せられます。すべての監視データは、プロセスの最適化と品質のトレーサビリティのために品質管理システムに記録されます。

**利点と限界:** オンライン監視は生産上の逸脱をリアルタイムで検知できるため、生産効率と製品合格率を向上させることができ、高精度・大規模生産に適しています。しかし、監視システムには高精度センサーと複雑なデータ分析ソフトウェアが必要であり、設備投資と保守コストが高額になります。さらに、監視結果は環境干渉の影響を受ける可能性があるため、生産環境の厳格な管理が必要です。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

**最適化対策:** 監視精度を向上させるために、マルチポイント センサー システムを使用して、プレスおよび焼結プロセスの主要なパラメーターを包括的にカバーし、人工知能アルゴリズムを使用して監視データを分析し、潜在的な欠陥を予測し、定期的にセンサーを校正してデータの精度を確保します。

#### 5.4.2 完成品の全性能項目のランダム検査

完成品の全性能検査は、タングステン合金ウェハの製造後工程における品質検証工程です。完成ウェハの密度、寸法、機械特性、表面品質、放射線遮蔽性能を体系的に試験することにより、設計要件およびアプリケーション要件を満たしていることを確認します。包括的かつ代表性の高い検査は、生産バッチの一貫性を検証し、製品品質認証の根拠となります。

**プロセス原理:** 完成品のフルスケール性能検査は、ランダム サンプルング試験によって実施され、ウェーハの物理的・機械的特性（密度、硬度、引張強度、表面粗さ、平坦度などの主要な指標を含む）を評価します。これらの検査では、標準化された試験方法（ASTM 規格など）と高精度機器を用いて、ウェーハが技術仕様を満たしていることを確認し、バッチ間の性能の一貫性を分析します。

**プロセス手順:** 完成品の完全な性能検査は、ランダム サンプルングから始まります。サンプル（通常 5 ～ 10%）は、代表性を確保するために統計的サンプルング標準（ISO 2859 など）に従って各バッチのウェーハからランダムに選択されます。サンプルは最初に高精度電子天秤を使用して質量が測定され、寸法はレーザー距離計またはマイクロメータで測定され、密度が計算されて目標値を満たしていることを確認します。次に、ビッカース硬度計を使用して硬度がテストされ、硬度値（HV）が記録されて標準への準拠が検証されます。機械テストには、ウェーハの強度と靱性を評価するための万能試験機（ASTM E8 に準拠）を使用した引張強度と 3 点曲げ試験（ASTM E290 に準拠）を使用した曲げ強度が含まれます。表面品質は粗さ計を使用して、平坦性は平坦度計を使用して測定され、精密アセンブリ要件を満たしていることを確認します。放射線遮蔽性能は、ガンマ線または X 線減衰試験を用いてウェーハの放射線吸収能力を測定し、評価します。すべての試験データは品質報告書に記録され、技術仕様と照合してバッチ合格率を決定します。ランダム検査で不合格となったバッチは、全数検査または手直しが必要となり、原因を分析してプロセスを最適化します。

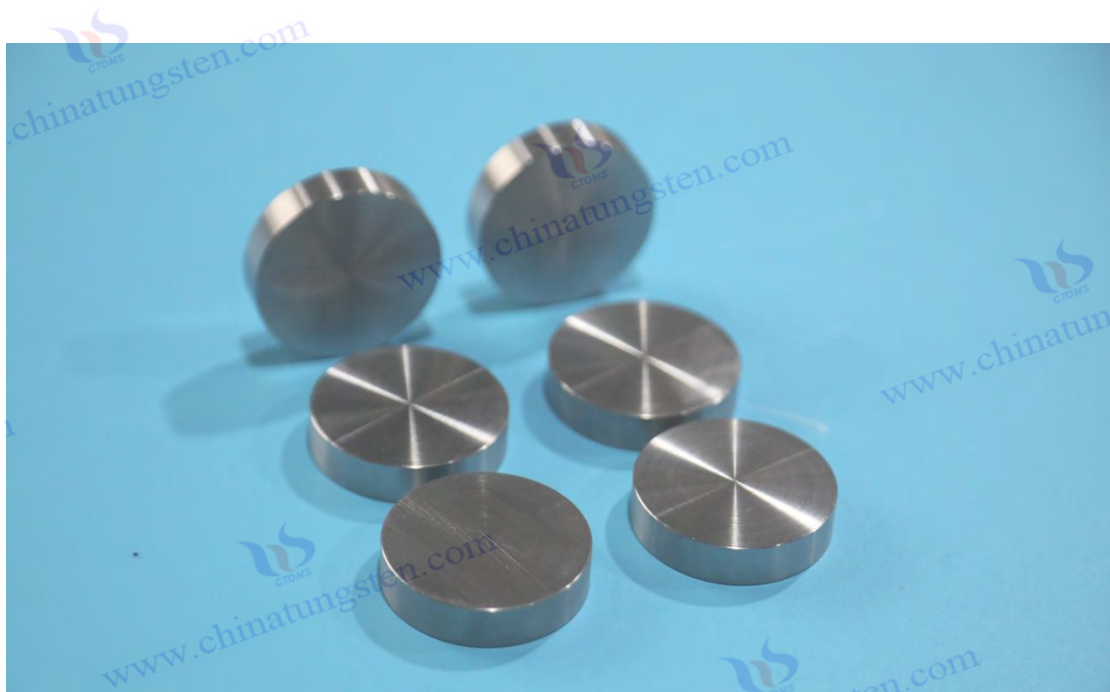
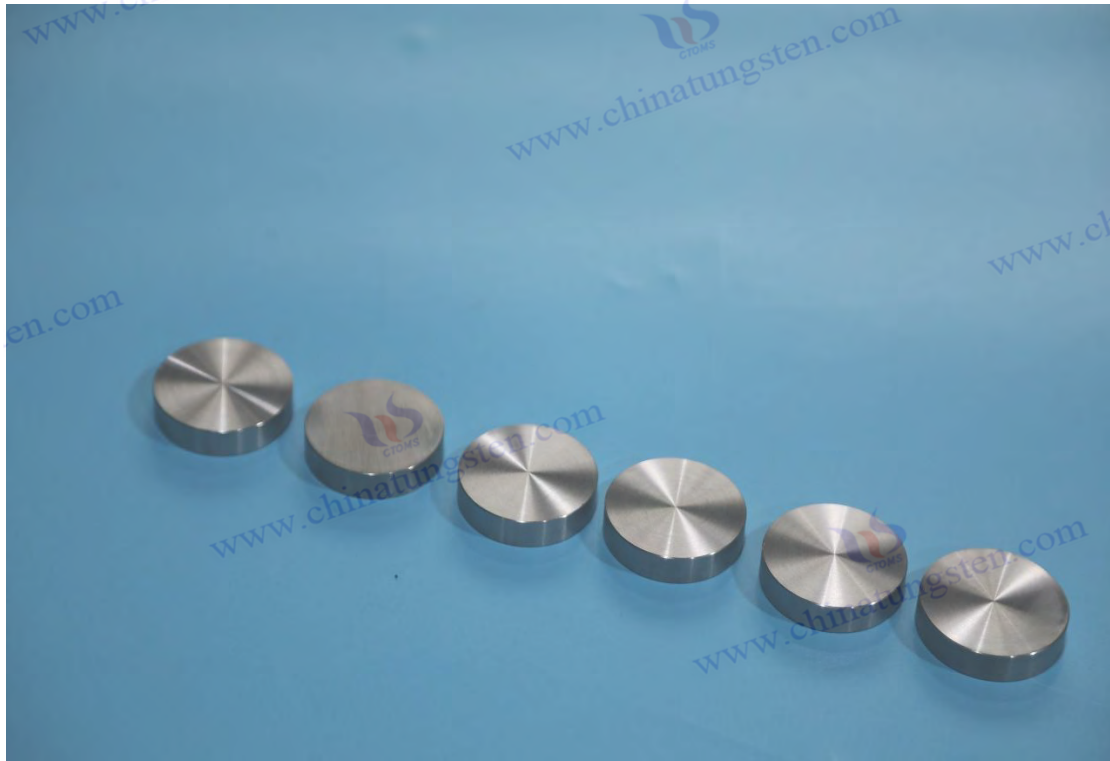
**利点と限界:** 完成品のフルスケール性能サンプルングは、ウェーハの性能を包括的に評価し、多様なアプリケーション要件を満たし、品質認証および顧客受入に適していることを保証します。しかし、サンプルング範囲が限られているため、個々の欠陥を見逃す可能性があり、テストサイクルが長くなるため、生産コストが増加します。さらに、高精度の試験装置は定期的な校正が必要であり、運用効率に対する要求が高くなります。

**最適化策:** サンプルング効率を向上させるために、自動試験装置を用いて試験サイクルを短縮し、サンプルング比率を高めてより多くの性能パラメータをカバーし、非破壊検査技術（X 線 CT など）を組み合わせることで内部構造の詳細な分析を実施します。完成品の完全な性能サンプリ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



ングは、タングステン合金ウェハの品質検証を体系的にサポートし、医療、航空宇宙、エレクトロニクス分野における信頼性の高い応用を促進します。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェハ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



## 第6章 タングステン合金ウエハの応用分野

タングステン合金ディスクは、高密度、優れた機械的特性、耐高温性、そして優れた放射線遮蔽能力を備え、多くのハイテク分野で幅広い応用価値を実証しています。その独自の物理的・化学的特性により、航空宇宙、医療、電子工学、工業、そして科学研究において欠かせない材料となっています。精密な製造工程を経たタングステン合金ディスクは、高負荷環境におけるカウンターウェイト、高放射線環境における遮蔽、高温条件下での構造安定性など、厳しい応用要件を満たすことができます。さらに、無毒性とリサイクル性も備えているため、環境に配慮した分野における魅力を高め、現代産業の持続可能な開発と安全性に対する要求を満たしています。医療機器、航空宇宙部品、電子コネクタ、工業用工具などの分野において、多様な性能を備えたタングステン合金ディスクは、高精度と信頼性の実現に不可欠な役割を果たしています。

### 6.1 医療機器におけるタングステン合金ディスクの応用

タングステン合金ディスクの主な用途は、高密度と高原子番号であり、放射線遮蔽に理想的な材料となっています。また、機械的強度と耐腐食性にも優れているため、複雑な医療環境にも適しています。医療分野では、タングステン合金ディスクは放射線治療装置、診断機器、防護装置に広く使用されており、患者と医療従事者に安全で効果的な放射線防護を提供しています。高密度であるため、X線やガンマ線などの高エネルギー放射線を効果的に吸収・遮断するとともに、コンパクトなサイズを維持しており、精密医療機器の設計要件に適しています。タングステン合金ディスクは加工性に優れており、粉末冶金および精密機械加工プロセスを通じてさまざまな形状とサイズに製造でき、さまざまな医療機器の要件を満たすことができます。さらに、無毒性とリサイクル可能性により、医療用途、特に厳しい生体適合性と環境影響要件が求められる用途において、安全で環境に優しい製品となっています。医療機器にタングステン合金ディスクを使用すると、機器の性能が向上するだけでなく、放射線治療や診断技術の進歩が促進され、現代医学の発展に重要なサポートを提供します。

放射線治療装置において、タングステン合金ディスクは主に高エネルギー放射線を遮蔽し、治療の精度と安全性を確保するために使用されています。例えば、直線加速器、ガンマナイフ装置、陽子線治療装置においては、タングステン合金ディスクは遮蔽部品として使用され、放射線漏洩を効果的に低減し、周囲の人や機器を保護しています。耐高温性と機械的安定性に優れているため、高強度放射線や複雑なストレス環境下でも性能を維持し、装置の長期的な信頼性を確保しています。さらに、タングステン合金ディスクは優れた表面仕上げと寸法精度を備えており、他の部品との統合が容易で、医療機器の高精度な組み立て要件を満たしています。CTスキャナーやX線装置などの診断装置では、タングステン合金ディスクはコリメータや遮蔽カバーに使用され、放射線ビームの集束と遮蔽を最適化しています。これらの特性により、タングステン合金ディスクは医療機器分野において不可欠な存在となり、治療効果と患者の安全性を向上させるための重要な保証となっています。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 6.1.1 放射線治療装置用放射線遮蔽ディスク

放射線治療装置における放射線遮蔽ディスクは、タングステン合金ディスクの重要な医療用途です。高エネルギー放射線を遮断・吸収し、患者、医療従事者、そして機器を不要な放射線被曝から保護するように設計されています。高密度で原子番号が高いため、タングステン合金ディスクはガンマ線と X 線を効率的に吸収し、放射線の透過を低減します。また、コンパクトなサイズのため、設置スペースが限られた放射線治療装置にも適しています。優れた機械的強度と耐腐食性により、高放射線・高ストレス環境下でも構造安定性を確保し、機器の寿命を延ばします。タングステン合金ディスクは優れた加工性を備えており、複雑な形状の遮蔽部品への成形が可能で、放射線治療装置の精度と信頼性の要件を満たしています。さらに、無毒性であるため、人体との接触時の安全性を確保し、医療機器の厳格な生体適合性基準も満たしています。放射線治療装置では、直線加速器、ガンマナイフ、陽子線治療装置などの遮蔽設計にタングステン合金ディスクが広く使用されています。放射線の経路を最適化し、散乱放射線を減らすことで治療の精度と安全性を向上させます。

タングステン合金ウェハーも、環境保護と持続可能性への重点を反映しています。リサイクル可能であるため、製造および廃棄時の環境影響が低減され、高性能であるため、装置のメンテナンスと交換の頻度が低減し、資源消費が低減します。放射線治療装置の設計では、タングステン合金ウェハーを他の材料と組み合わせて多層シールド構造を形成し、保護効果をさらに高めることがよくあります。表面仕上げと寸法精度により、コリメータ、シールド、保護板などの装置の精密部品にシームレスに統合でき、放射線ビームの正確な制御を確保し、漏れを最小限に抑えます。タングステン合金ウェハーのこれらの特性により、タングステン合金ウェハーは放射線治療装置に欠かせない部品となり、現代の放射線治療技術の発展に重要なサポートを提供し、癌治療およびその他の疾患管理の進歩を促進しています。

#### 6.1.1.1 線形加速器における遮蔽アプリケーション

線形加速器（LINAC）において、タングステン合金ディスクは高エネルギー X 線および電子ビームを制御するための放射線遮蔽部品として広く利用されており、放射線治療の精度と安全性を確保しています。線形加速器は現代の放射線治療の中核機器であり、電子を加速して高エネルギー放射線を発生させ、がんなどの疾患を治療します。タングステン合金ディスクは高密度で原子番号が高いため、加速器から発生する高エネルギー X 線を効果的に吸収・遮断し、放射線漏洩を低減し、患者や周囲の医療従事者の標的以外の組織を保護します。コンパクトなサイズのため、コリメータ、シールド、保護板などの加速器のコンパクトな構造に組み込むのに適しており、放射線ビームの形状と方向を精密に制御できます。タングステン合金ディスクは機械的強度と耐熱性に優れているため、高放射線・高熱環境下でも安定した性能を維持し、長期使用による変形や性能低下を防ぎます。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

直線加速器の遮蔽設計において、タングステン合金ディスクは通常、マルチリーフコリメータ（MLC）や固定コリメータの主要部品として薄板またはディスク状に加工されます。これらの部品は放射線ビームの形状と強度を調整し、腫瘍部位への正確な照射と健常組織へのダメージの最小化を実現します。タングステン合金ディスクは表面仕上げが優れ、寸法精度も高いため、コリメータのスムーズな動きと正確な位置決めが保証され、治療精度が向上します。さらに、耐腐食性と非毒性を備え、患者や機器を汚染することなく医療環境での長期使用にも適しています。粉末冶金や精密研削などのタングステン合金ディスクの加工技術により、動的強度変調放射線治療（IMRT）における高精度な放射線ビーム変調など、加速器の複雑な形状や厳しい許容誤差の要件を満たすことができます。

タングステン合金ディスクは、多層遮蔽構造との相乗効果にも優れています。ディスクは鉛や鋼鉄などの他の材料と組み合わせて複合遮蔽層を形成することが多く、機器の重量と容積を最適化しながら全体的な保護性能を強化します。リサイクル性と環境に優しい性質は、廃棄物処理による環境への影響を軽減し、医療業界の持続可能な開発の要件を満たしています。実際の用途では、タングステン合金ディスクの遮蔽性能は、定期的な試験（X線減衰率試験など）によって検証されており、高強度放射線環境における信頼性を確保しています。これらの利点により、タングステン合金ディスクは線形加速器にとって理想的な遮蔽材料となり、がん治療を効率的かつ安全にサポートし、現代の放射線治療技術の進歩を促進しています。

#### 6.1.1.2 ガンマナイフ装置の局所遮蔽設計

ガンマナイフ装置では、ガンマ線の放射線経路を精密に制御し、標的以外の組織や周囲の環境を保護するために、タングステン合金ディスクを局所遮蔽設計に用いています。ガンマナイフは、複数のコバルト 60 線源から放出されるガンマ線を腫瘍領域に集中させ、精密な治療を可能にする非侵襲性の放射線治療装置です。高密度で高い吸収能を持つタングステン合金ディスクは、ガンマ線を効果的に遮断し、散乱放射線を低減し、治療領域の精度と安全性を確保します。小型で加工精度が高いため、特にコリメータや遮蔽カバーなどの主要部品において、ガンマナイフ装置のコンパクトな設計に適しています。タングステン合金ディスクは機械的強度と耐腐食性に優れているため、高放射線環境下でも長期にわたる性能安定性を維持し、放射線損傷による性能低下を防ぎます。

ガンマナイフの局所遮蔽設計では、タングステン合金ディスクを薄いシートや複雑な幾何学形状に加工し、コリメータや遮蔽板を製造します。これらの部品はガンマ線の焦点と方向を正確に制御し、放射線ビームを腫瘍領域に集中させながら、周囲の健康な組織への放射線被曝を低減します。タングステン合金ディスクは、その表面仕上げと寸法精度により、ガンマナイフの精密システムへのシームレスな統合が可能になり、高精度な治療計画の実施をサポートします。また、非毒性であるため、患者や医療従事者との安全な接触が保証され、医療機器の生体適合性要件を満たしています。さらに、タングステン合金ディスクは耐熱性があり、ガンマナイフ装置の作動によって発生する局所的な高温環境下でも構造安定性を維持し、変形や性能低下を防ぎます。

タングステン合金ディスクの優れた特性は、多層遮蔽構造への統合にも反映されています。こ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



これらのディスクは、他の遮蔽材と組み合わせて複合遮蔽システムを形成することが多く、防護効果と装置重量の最適化に貢献します。また、リサイクル性に優れているため、製造および廃棄時の環境負荷を低減し、医療業界の環境問題への配慮にも貢献しています。実用化においては、タングステン合金ディスクの遮蔽性能はガンマ線減衰率試験によって検証されており、高エネルギー放射線環境における信頼性を確保しています。これらの特性を持つタングステン合金ディスクは、ガンマナイフ装置の局所遮蔽設計において極めて重要な役割を果たし、脳腫瘍などの神経疾患の精密治療を支え、放射線手術技術の発展を促進しています。

#### 6.1.1.3 陽子線治療装置の遮蔽レイアウト

陽子線治療装置では、陽子線とそれに伴う二次放射線を制御する遮蔽装置にタングステン合金ディスクが使用され、安全で正確な治療を保証します。陽子線治療は、加速された陽子線を用いて腫瘍を正確に照射し、健常組織への損傷を最小限に抑える高度な放射線治療技術です。タングステン合金ディスクは高密度で原子番号が大きいいため、陽子線によって発生する二次放射線を効果的に吸収します。コンパクトなサイズと加工性により、陽子線治療装置の複雑な構造に組み込むのに適しています。タングステン合金ディスクは機械的強度と耐腐食性に優れているため、高エネルギー放射線環境下でも安定した性能を発揮し、装置の寿命を延ばします。

陽子線治療装置の遮蔽レイアウトでは、タングステン合金ウェハを薄板、円板、またはカスタマイズされた形状に加工し、コリメータ、シールド、保護板を製造します。これらの部品は、陽子線の経路と強度を精密に制御することで腫瘍領域への高精度照射を実現すると同時に、二次放射線を遮断し、患者の非標的組織と医療従事者を保護します。タングステン合金ウェハの表面仕上げと高い寸法精度は、コリメータと遮蔽部品のスムーズな動きと正確な位置決めを保証し、治療の精度を向上させます。また、無毒性であるため、医療環境での使用に適しており、患者や機器を汚染することはありません。さらに、タングステン合金ウェハは耐熱性があるため、陽子線治療装置の作動によって発生する高温環境でも構造安定性を維持し、熱応力による変形を回避します。

タングステン合金ディスクの優れた特徴は、複合遮蔽システムとの相乗効果にあります。ディスクは多くの場合、他の材料と組み合わせて多層遮蔽構造を形成し、中性子やガンマ線の吸収を高めるとともに、装置の重量とスペースの使用を最適化します。また、リサイクル可能であるため、製造および廃棄時の環境への影響を軽減し、医療業界の持続可能な開発の要件を満たしています。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ディスクの遮蔽性能は、放射線減衰試験と中性子線量測定によって検証されており、高エネルギー陽子線環境における信頼性の高い保護を確保しています。これらのタングステン合金ディスクの利点により、陽子線治療装置の遮蔽レイアウトにおいて重要な役割を果たし、がんなどの疾患の精密治療を効率的かつ安全にサポートし、陽子線治療技術の発展を促進しています。

#### 6.1.2 医療用画像機器用カウンターウェイトディスク

タングステン合金ディスクは、その重要な機能の一つです。高密度と優れた機械的特性により、

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



機器の安定した動作と画像精度の重要なサポートを提供します。CT 装置や MRI 装置などの医療用画像機器には、高速回転または精密移動を行う部品が含まれることが多く、動的バランスと構造安定性を確保するために精密なカウンターウェイトが必要です。タングステン合金ディスクは高密度であるため、小さな容積で十分な重量を提供できます。従来のカウンターウェイト材料（鉛や銅など）と比較して、占有スペースが小さく、医療機器のコンパクトな設計要件に適しています。優れた機械的強度と耐腐食性により、高負荷や複雑な環境下でも安定した性能を維持し、長期使用による変形や性能低下を防ぎます。さらに、タングステン合金ディスクは優れた加工性を備えており、粉末冶金および精密機械加工プロセスにより、高精度の円形またはカスタマイズされた形状に加工できるため、機器のカウンターウェイト部品に対する厳しい要件を満たすことができます。

医療用画像機器において、タングステン合金ディスクは主にカウンターウェイトとして機能し、回転部品のバランスを取り、機器全体の安定性を最適化します。例えば、CT 装置の回転ガントリーでは、高速回転時の動的バランスを確保し、振動による画質への影響を低減するために、タングステン合金ディスクがカウンターウェイトとして使用されています。MRI 装置では、タングステン合金ディスクは固定式または調整式のカウンターウェイトとして使用され、強磁場下での機器の安定性を高め、磁場の均一性と画像精度を確保します。タングステン合金ディスクは無毒性であるため、医療環境での使用に適しており、患者や医療従事者の健康リスクはありません。タングステン合金ディスクの表面仕上げと寸法精度は、機器の精密システムへのシームレスな統合を可能にし、高精度な動作と長期的な運用信頼性をサポートします。リサイクル可能であるため、環境への影響をさらに低減し、医療業界が重視する環境保護と持続可能な開発にも合致しています。医療用画像機器のカウンターウェイトにタングステン合金ディスクを使用すると、機器の性能が向上するだけでなく、診断技術の進歩が促進され、患者に安全で正確な医療を提供できるようになります。

#### 6.1.2.1 CT 装置の回転部品のカウンターウェイトバランス

タングステン合金ディスクは、CT 装置の回転部品のバランスをとる上で重要な役割を果たし、高速回転時に装置の動的バランスを維持することで、画像精度と装置の安定性を向上させます。CT 装置（コンピュータ断層撮影スキャナ）は、医療用画像分野の中核機器であり、X 線源と検出器の高速回転を通じて人体組織の詳細な断面画像を生成します。回転フレームは CT 装置の主要部品であり、X 線管、検出器、その他の精密部品が含まれており、高速スキャンを実現するために高速回転する必要があります。タングステン合金ディスクは高密度であるため、小さな容積で十分な重量を提供でき、回転フレームの重量配分のバランスを取り、アンバランスによる振動や騒音を低減し、スムーズな操作と画像品質を確保します。

CT 装置の回転部品において、タングステン合金ディスクは通常、精密な円形または扇形のカウンターウェイトに加工され、回転フレームの特定の位置に取り付けられます。これにより、X 線管球や検出器などの重量部品のアンバランス力を相殺します。カウンターウェイトは高密度であるため、限られたスペースで効率的なカウンターウェイトを実現し、回転フレームの構造設計を最適化し、全体の重量と体積を削減できます。タングステン合金ディスクは機械的強度と耐腐食性に優れているため、高速回転によって発生する遠心力や長期運転時の環境ス

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

トレスに耐え、変形や性能低下を回避できます。優れた加工性能を備え、精密研削と CNC 加工により高い寸法精度を実現し、カウンターウェイトと回転フレームの完璧なマッチングを確保し、高速回転時の動的バランスを維持します。さらに、タングステン合金ディスクは表面仕上げが優れているため、回転部品との接触時の摩擦抵抗が低減され、スムーズな動きと機器の寿命が向上します。

タングステン合金ディスクが使用されるのも、安全性と環境保護への配慮を反映しています。無毒性であるため、患者や医療従事者との接触が安全で、医療機器の生体適合性要件を満たしています。リサイクル可能であるため、廃棄時の環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えることができます。実用化においては、タングステン合金ディスクのカウンターウェイト性能は、動的バランス試験と振動解析によって検証され、高速運転時の回転フレームの安定性が確保されています。タングステン合金ディスクは、重量配分とデバイス性能をさらに最適化するために、他の材料（アルミニウムやスチールなど）と組み合わせて複合カウンターウェイトシステムを形成することがよくあります。

#### 6.1.2.2 MRI 装置用の安定したカウンターウェイト

タングステン合金ディスクは、磁気共鳴画像（MRI）装置の重量を安定させる上で重要な役割を果たします。高密度の錘を提供することで、強磁場環境下における装置の構造安定性と動作精度を確保します。MRI 装置は、医療用画像診断分野の重要な技術です。強磁場と高周波パルスを用いて人体組織の詳細な画像を生成し、様々な疾患の診断に用いられます。MRI 装置には、大型磁石、傾斜磁場コイル、高周波コイルなどの重量部品が含まれており、動作中の全体的な安定性を維持し、変位や振動を防止するために、精密な錘が必要です。タングステン合金ディスクは高密度であるため、小さな体積で十分な重量を提供でき、MRI 装置のコンパクトで精密な設計要件に適しています。また、機械的強度と耐腐食性により、強磁場や複雑な環境下でも安定した性能を維持し、長期使用による性能低下を回避できます。

MRI 装置用の安定したカウンターウェイトの設計では、通常、タングステン合金ディスクを円形、長方形、またはカスタム形状のカウンターウェイトに加工し、装置のベース、支持構造、または傾斜コイルの周囲に設置して重量配分を最適化し、全体的な安定性を高めます。カウンターウェイトは高密度であるため、限られたスペース内で十分な質量を確保でき、装置ベースの容積を削減し、スペース利用を最適化します。タングステン合金ディスクは機械加工性に優れ、粉末冶金および精密機械加工プロセスにより高い寸法精度を実現し、カウンターウェイトと装置構造の正確なフィットを保証します。高い表面仕上げにより、装置との接触時の摩擦抵抗が低減し、設置および調整が容易になります。さらに、タングステン合金ディスクは非磁性であるため、MRI 装置の強力な磁場を干渉することがなく、磁場の均一性と画像品質を確保します。

タングステン合金ディスクを使用することで、安全性と環境保護への取り組みも実証されています。無毒性のため、患者や医療従事者との接触が安全で、医療機器の厳しい基準を満たしています。リサイクル可能であるため、製造および廃棄時の環境への影響が軽減され、医療業界の持続可能な開発の要件を満たしています。実際のアプリケーションでは、タングステン合

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

金ディスクのカウンターウェイト性能は、振動試験と安定性分析によって検証され、機器が動作中に動いたり振動したりしないことを確認します。タングステン合金ディスクは、他の非磁性材料と組み合わせて複合カウンターウェイトシステムを形成することが多く、機器の重量配分と構造安定性をさらに最適化します。MRI装置でのタングステン合金ディスクの使用は、画像精度と装置の信頼性を向上させるだけでなく、動作音とメンテナンス要件を軽減し、患者にとってより安全で快適な診断体験を提供し、MRI技術の発展を促進します。

### 6.1.3 核医学装置におけるタングステン合金ディスクの応用

タングステン合金ディスクの主な用途は、優れた放射線遮蔽能力です。放射性同位元素から放出される高エネルギー放射線から操作者、患者、機器を保護するために広く使用されています。核医学機器には、単光子放出コンピュータ断層撮影（SPECT）、陽電子放出断層撮影（PET）、ラジオイムノアッセイ分析装置などの放射性医薬品の製造、包装、試験が含まれます。これらの機器には、ガンマ線とベータ線を遮断するための高性能遮蔽材が必要です。タングステン合金ディスクは、高密度で原子番号が高いため、これらの高エネルギー放射線を効果的に吸収・遮断します。また、コンパクトなサイズのため、核医学機器のコンパクトな構造に組み込むのに適しています。機械的強度と耐腐食性に優れているため、高放射線環境や化学的に腐食性の高い環境でも安定した性能を発揮し、長期使用による変形や性能低下を防ぎます。タングステン合金ディスクは加工性に優れており、これらの機器の厳しいシールド要件を満たすために、薄いシート、ディスク、またはカスタム形状に精密に機械加工できます。

核医学機器において、タングステン合金ディスクの遮蔽効果は、操作安全性の向上だけでなく、機器性能の最適化にも寄与します。例えば、放射性医薬品包装機器では、タングステン合金ディスクは遮蔽容器や保護カバーとして使用され、包装工程における放射性同位元素からの放射線漏洩を最小限に抑えます。また、ラジオイムノアッセイ装置では、タングステン合金ディスクは検出器や主要部品の保護、放射線バックグラウンドノイズの低減、検出感度と精度の向上に用いられます。タングステン合金ディスクは無毒性であるため、人体との接触時の安全性が確保され、医療機器の生体適合性基準も満たしています。さらに、タングステン合金ディスクは優れた表面仕上げと高い寸法精度を備えており、機器の精密システムへのシームレスな統合を可能にし、高精度な操作と長期的な運用信頼性を実現します。さらに、リサイクル性に優れているため、環境への影響を軽減し、廃棄物処理コストを削減できます。これは、医療業界が環境保護と持続可能な開発に注力する姿勢と合致しています。

#### 6.1.3.1 放射性医薬品包装機器の遮蔽

タングステン合金ディスクは、核医学における大きな進歩です。これらは主に、放射性同位元素から放出される高エネルギーガンマ線およびベータ線を遮蔽し、作業者と環境を保護するために使用されます。放射性医薬品分配装置は、診断および治療目的で放射性同位元素（テクネチウム 99m、ヨウ素 131、フッ素 18 など）を調製および分配します。これらの同位元素は分配プロセス中に高エネルギー放射線を放出するため、放射線漏洩を防ぐための効率的な遮蔽材が必要です。タングステン合金ディスクは、高密度で原子番号が大きいため、この放射線

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



を効果的に吸収・遮断し、放射線の透過の可能性を低減します。また、コンパクトなサイズのため、コンパクトな分配装置設計にも適しています。その機械的強度と耐腐食性により、高放射線および化学的に腐食性の高い環境でも安定した性能を発揮し、長期使用による変形や劣化を防ぎます。タングステン合金ディスクは加工性に優れており、薄いシート、ディスク、またはカスタム形状のシールドカバーに成形できるため、ディスクペンシング装置の高精度シールド要件を満たします。

放射性医薬品包装装置において、タングステン合金ディスクは、放射性同位元素を遮断し、作業領域への放射線漏洩を防止するための遮蔽容器、保護カバー、または包装タンクのライニングに加工されることが多い。高密度であるため、薄い厚みでも十分な遮蔽効果が得られ、装置の設計空間を最適化し、総重量を軽減できる。タングステン合金ディスクの表面仕上げと高い寸法精度は、包装装置の他の部品との完璧なマッチングを保証し、自動包装システムの円滑な動作をサポートする。また、無毒性であるため、医療環境での使用に適しており、薬剤や作業者を汚染することはない。さらに、タングステン合金ディスクは耐熱性と化学的安定性に優れているため、包装プロセス中に発生する可能性のある局所的な高温や化学腐食にも耐えることができ、長期的な信頼性を確保できる。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ディスクの遮蔽性能はガンマ線減衰率テストによって検証され、放射線量を効果的に低減して作業者の安全を保護できることが保証されます。

タングステン合金ディスクは、環境持続可能性への配慮を反映しています。リサイクル性に優れているため、製造および廃棄時の環境負荷を低減し、医療業界の持続可能な開発へのコミットメントを満たしています。タングステン合金ディスクは、他の遮蔽材（鉛ガラスやステンレス鋼など）と組み合わせて複合遮蔽システムを形成することが多く、装置の重量とコストを最適化しながら保護性能をさらに強化します。包装装置の運転中は、タングステン合金ディスクの遮蔽効果により放射線被曝リスクが大幅に低減され、医薬品調製の安全性と効率が向上します。

#### 6.1.3.2 ラジオイムノアッセイ機器の保護部品

タングステン合金ディスクは、核医学におけるもう一つの重要な用途です。これらは主に、放射性同位元素から放出される放射線を遮蔽し、検出器と主要部品を保護し、検出精度と装置の安全性を確保するために使用されます。ラジオイムノアッセイ装置は、高感度分析のために放射性マーカー（ヨウ素 125 やテクネチウム 99m など）を使用して、生物学的サンプル中の特定の分子（ホルモンやタンパク質など）を検出します。これらのマーカーは低エネルギーのガンマ線またはベータ線を放出するため、バックグラウンドノイズを低減し、検出感度を向上させるために効率的な遮蔽材料が必要です。タングステン合金ディスクは、高密度で原子番号が大きいいため、これらの放射線を効果的に吸収します。コンパクトなサイズと加工性により、高度な機器検出システムへの統合に適しています。機械的強度と耐腐食性により、高放射線環境でも安定した性能が保証され、長期使用による性能低下を防ぎます。

ラジオイムノアッセイ装置では、タングステン合金ディスクは通常、薄板、ディスク、または

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

カスタム形状の保護板に加工され、検出器、サンプルチャンバー、または放射線源の周囲に設置され、放射線を遮蔽し、バックグラウンドノイズを低減します。高密度であるため、薄い厚さで十分な遮蔽効果が得られ、装置の空間設計を最適化し、全体の容積を縮小できます。タングステン合金ディスクの表面仕上げと高い寸法精度は、装置の他の部品との正確な整合を確保し、検出システムの安定した動作をサポートします。また、非毒性であるため、医療環境での使用に適しており、生物学的サンプルや操作者を汚染することはありません。さらに、タングステン合金ディスクは耐腐食性があり、装置内部で発生する可能性のある化学試薬や湿気による腐食にも耐え、長期的な信頼性を確保します。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ディスクの遮蔽性能は、放射線バックグラウンド測定と減衰率試験によって検証され、検出干渉を効果的に低減し、分析精度を向上させることが確認されています。

タングステン合金ディスクは、環境持続可能性への配慮を反映しています。リサイクル性に優れているため、製造および廃棄時の環境への影響を軽減し、医療業界のグリーン製造要件を満たしています。タングステン合金ディスクは、他の非磁性材料（プラスチックやステンレス鋼など）と組み合わせて複合シールドシステムを形成することが多く、シールド効果と装置重量をさらに最適化します。ラジオイムノアッセイでは、タングステン合金ディスクの保護効果により検出感度と精度が大幅に向上し、疾患診断の確実なサポートを提供します。

## 6.2 電子機器および半導体におけるタングステン合金ディスクの応用

タングステン合金ウエハは、電子機器および半導体分野において、優れた熱伝導性、高密度、そして機械的強度を主な用途としており、ヒートシンク、構造支持部、電気接続部に最適な材料です。チップ製造装置においては、タングステン合金ウエハは熱伝導・放熱部品として広く使用され、高出力動作時の効率的な熱管理と精密プロセスの安定性の維持に貢献しています。高い熱伝導性 タングステン合金ウエハは、急速な熱伝達を可能にし、機器の過熱を防ぎ、寿命を延ばします。タングステン合金ウエハは機械的強度と耐腐食性に優れているため、高真空、高温、化学的に腐食性の高い環境でも安定した性能を維持でき、半導体製造の厳しい条件に適しています。優れた加工性により、粉末冶金や精密機械加工プロセスを通じて高精度の円形またはカスタム形状に成形でき、チップ製造装置の寸法精度と表面品質の要件を満たします。さらに、無毒性とリサイクル可能性は、環境保護と持続可能な開発を重視するエレクトロニクス業界の方針と一致しています。エレクトロニクスおよび半導体分野におけるタングステン合金ウエハの応用は、チップ製造技術の進歩を促進し、高性能電子デバイスおよび集積回路の開発に不可欠なサポートを提供してきました。

チップ製造装置において、タングステン合金ウエハは主にイオン注入装置、フォトリソグラフィ装置、化学蒸着装置などの主要装置の熱伝導・放熱部品として使用されています。例えば、イオン注入装置では、タングステン合金ウエハは熱伝導性基板として機能し、プロセス中に発生する熱を迅速に伝達し、ウエハ温度を均一に保ちます。フォトリソグラフィ装置では、タングステン合金ウエハはヒートシンクとして使用され、光学系とウエハプラットフォームの熱安定性を維持し、フォトリソグラフィの精度を向上させます。また、高密度で

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

あるためカウンターウェイトとしても機能し、装置の動作安定性を最適化します。

### 6.2.1 チップ製造装置用熱伝導性ウェーハ

タングステン合金ウェーハは、チップ製造装置の熱伝導体として、エレクトロニクスおよび半導体分野の重要な用途です。これらは主に放熱と熱管理に使用され、高電力および高精度プロセス中の安定した動作を保証します。チップ製造には、イオン注入、フォトリソグラフィ、化学蒸着など、数多くの高精度プロセスが含まれます。これらのプロセスは大量の熱を生成します。この熱を放散できないと、装置の過熱、ウェーハの変形、またはプロセス精度の低下につながる可能性があります。タングステン合金ウェーハ、特にタングステン銅合金は、高い熱伝導率（約 150~200 W/m·K）と優れた機械的特性を備えているため、迅速な熱伝達が可能になり、装置およびウェーハ内の安定した温度を維持できます。高密度であるため、コンパクトな設置面積で十分な熱容量を提供できるため、チップ製造装置のコンパクト設計に最適です。タングステン合金ウェーハの耐高温性と耐腐食性により、高真空および化学的に腐食性の高い環境でも安定した性能が保証され、時間の経過による性能低下を防ぎます。

チップ製造装置において、タングステン合金ウェーハは通常、薄板、円板、またはカスタム形状の熱伝導性基板やヒートシンクに加工され、イオン注入装置のウェーハステージやフォトリソグラフィ装置の光学系など、主要な発熱部品の近くに設置されます。表面仕上げと高い寸法精度（誤差 $\leq 0.01$  mm）により、他の装置部品との精密な整合が保証され、高精度プロセスの安定稼働をサポートします。タングステン合金ウェーハは優れた加工性能を備え、粉末冶金および精密研削プロセスにより複雑な形状と高い公差を実現できるため、高精度部品を必要とするチップ製造のニーズを満たします。また、無毒性であるためクリーンルーム環境での使用に適しており、ウェーハや装置を汚染しません。さらに、タングステン合金ウェーハはリサイクル性に優れているため、生産および廃棄物処理による環境への影響を軽減し、半導体業界の環境保護と持続可能な開発の要件を満たしています。

#### 6.2.1.1 イオン注入装置の熱伝導性部品

タングステン合金ウェーハは、半導体製造装置の重要な機能です。主にプロセス中に発生する熱を迅速に伝導し、ウェーハ温度の均一性と装置の動作安定性を確保するために使用されています。半導体製造において重要な装置であるイオン注入装置は、加速イオンビームを用いてウェーハにドーパントを注入し、特定の半導体構造を形成します。このプロセスでは大量の熱が発生し、特に高注入量の場合、ウェーハの過熱や装置部品の温度上昇につながり、ドーピング精度とウェーハ品質が損なわれる可能性があります。タングステン合金ウェーハは、高い熱伝導性と密度

を有し、熱を効率的に吸収・伝導し、ウェーハステージと周辺部品の温度を安定させます。また、

機械的強度と耐高温性により、高真空環境や高エネルギーイオンビーム下でも安定した性能を維持し、熱応力や長期使用による変形を防ぎます。タングステン合金ウェーハは優れた加工特性を有し、高精度の熱伝導性基板やヒートシンクに加工できるため、イオン注入装置の厳しい熱管理要件を満たします。イオン注入装置の熱伝導部品において、タングステン合金ウェーハは通常、円形または長方形の薄板に加工され、ウェーハステージまたはイオンビーム経路付近の放

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



熱システムに設置され、ウェハおよび装置から発生する熱を吸収・伝達します。高い熱伝導率により、高温部から放熱装置への熱伝達が迅速に行われ、局所的な過熱によるウェハの変形やドーピングの不均一を防止します。タングステン合金ウェハは、表面仕上げと高い寸法精度によりウェハステージに密着し、熱伝達効率を向上させるとともに、ウェハステージの高速回転と精密な位置決めをサポートします。また、耐腐食性にも優れており、イオン注入プロセス中に曝露される可能性のある化学ガスやプラズマ環境にも耐え、長期的な信頼性を確保します。実際のアプリケーションでは、温度分布試験と熱画像解析によってタングステン合金ウェハの熱伝導率が検証され、プロセス温度均一性を効果的に維持できることが確認されています。

タングステン合金ウェハは、環境保護と持続可能性への配慮を反映しています。無毒性のため、クリーンルーム環境で使用してもウェハを汚染せず、半導体製造の厳格な基準を満たしています。リサイクル性に優れているため、製造および廃棄における環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えます。タングステン合金ウェハは、グラファイトやアルミニウムなどの他の熱伝導性材料と組み合わせて複合放熱システムを形成することが多く、熱管理効率とデバイス性能をさらに最適化します。

#### 6.2.1.2 フォトリソグラフィ装置における放熱ウェハの応用

タングステン合金ウェハは、半導体製造装置における重要な用途の一つであり、リソグラフィ装置のヒートシンクとして利用されています。主に光学系とウェハプラットフォームの熱安定性を維持し、リソグラフィ工程における高精度と安定性を確保するために使用されています。リソグラフィ装置は、紫外線または極端紫外線（EUV）を用いて回路パターンをウェハに転写する、半導体製造の中核装置です。高出力動作時には、光学系とウェハプラットフォームの熱膨張や光学歪みを防止するため、厳密な温度管理が求められます。タングステン合金ウェハは、高い熱伝導性と高密度という特性から、リソグラフィ工程で発生した熱を速やかに放出し、光学部品やウェハの過熱を防ぎ、正確なパターン転写を実現します。また、機械的強度と耐高温性により、高真空環境や強い光照射下でも安定した性能を維持し、熱応力による変形を防ぎます。タングステン合金ウェハは優れた加工特性を有し、高精度ヒートシンクや熱伝導性基板への加工が可能で、リソグラフィ装置の精度要件を満たします。

フォトリソグラフィ装置の冷却システムにおいて、タングステン合金ウェハは通常、薄いディスクまたはカスタム形状のヒートシンクに加工され、光学レンズアレイ、リフレクタ、またはウェハステージの近くに設置され、光源およびレーザーシステムから発生する熱を吸収・伝達します。高い熱伝導率により、高温領域からヒートシンクへの熱伝達が迅速化され、光学系およびウェハの温度安定性が維持され、温度変動による光学歪みや位置ずれが防止されます。タングステン合金ウェハは、滑らかな表面仕上げと高い寸法精度により、フォトリソグラフィ装置の精密部品とのシームレスな統合が可能になり、高精度な位置決めと安定した動作を実現します。また、耐腐食性により、フォトリソグラフィ工程で発生する化学洗浄剤や高真空環境にも耐え、長期的な信頼性を確保します。タングステン合金ウェハの放熱性能は、使用段階において熱画像検査および温度分布試験によって検証され、フォトリソグラフィ工程

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

における熱安定性を効果的に維持できることが確認されています。

フォトリソグラフィー装置の放熱にタングステン合金ウェハーが使用されることは、環境保護と持続可能性への配慮を反映しています。タングステン合金ウェハーは無毒性であるため、クリーンルーム環境で使用してもウェハーや光学部品への汚染がなく、半導体製造の高い基準を満たしています。また、リサイクル性に優れているため、製造および廃棄における環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えることができます。タングステン合金ウェハーは通常、他の熱伝導性材料と組み合わせて複合放熱システムを形成し、熱管理効率と装置性能をさらに最適化します。

### 6.2.2 高周波デバイス電極ウェハー

タングステン合金ディスクは、エレクトロニクスおよび半導体分野におけるその応用の重要な現れです。これらは主に高周波信号伝送と効率的な電流伝導をサポートするために使用され、高周波発振および高出力動作中の安定したデバイス性能を保証します。マイクロ波通信デバイスやRF パワーデバイスなどの高周波デバイスは、レーダー、衛星通信、移動通信基地局、電力増幅器などの用途に広く使用されています。これらの電極および導電部品には、高い導電性と機械的強度を備えた材料が必要です。タングステン合金ディスク、特にタングステン銅またはタングステン銀合金は、その高い導電性（純銅または純銀に近い）と優れた機械的特性により、高周波環境において安定した電流伝導と信号伝送を提供します。高い熱伝導率により、急速な熱放散が可能になり、高出力動作による過熱を防ぎ、デバイス寿命を延ばします。タングステン合金ディスクは耐高温性と耐腐食性を備えているため、高周波振動や化学的に腐食性の高い環境でも安定した性能を発揮し、電極材料の経年劣化を防ぎます。

高周波デバイスにおいて、タングステン合金ウェハは通常、薄いディスク、ウェハ、またはカスタム形状の電極に加工され、マイクロ波回路、RF 増幅器、またはコネクタに取り付けられ、電流伝導と信号伝送をサポートします。表面仕上げと高い寸法精度（誤差 $\leq 0.01$  mm）により、デバイスの他のコンポーネントとの正確なマッチングが保証され、接触抵抗と信号損失が低減され、高周波信号の安定した伝送がサポートされます。タングステン合金ウェハは優れた加工性能を備え、粉末冶金と精密研削プロセスにより複雑な形状と高い公差要件を実現し、高周波デバイスの電極部品に対する厳しい要件を満たしています。無毒性であるため、クリーンルーム環境での使用に適しており、デバイスや製造環境を汚染しません。さらに、タングステン合金ウェハはリサイクル可能であるため、生産および廃棄物処理による環境への影響が低減され、エレクトロニクス業界のグリーン製造要件を満たしています。

#### 6.2.2.1 マイクロ波通信デバイスの電極構造

タングステン合金ディスクは、高周波デバイスへの応用における重要な例です。タングステン合金ディスクは主に、高周波信号の安定した伝送と効率的な電流伝導をサポートし、マイクロ波周波数領域におけるデバイスの安定した性能を確保するために使用されています。マイクロ波通信デバイスは、レーダー、衛星通信、5G 基地局、無線ネットワーク機器などに広く利用されており、信号の完全性と伝送効率を維持するために、高い導電性と低い信号損失を備え

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

た電極材料が求められています。タングステン合金ディスク、特にタングステン銅合金またはタングステン銀合金は、高い導電性と優れた機械的強度により、高周波振動環境において信頼性の高い電流伝導を提供し、信号減衰と電磁干渉を低減します。高い熱伝導性により、迅速な放熱が可能になり、マイクロ波デバイスの高出力動作による過熱を防ぎ、電極と回路の安定性を維持します。タングステン合金ディスクは耐高温性と耐腐食性に優れているため、マイクロ波デバイスの高温・高周波振動環境においても安定した性能を維持し、材料劣化による信号損失を回避します。

マイクロ波通信機器の電極構造において、タングステン合金ディスクは、通常、薄板、帯状電極、またはカスタム形状のコネクタに加工され、マイクロ波回路、導波管、またはアンテナシステムに組み込まれ、高周波信号伝送と電流伝導を担います。高い導電性により、抵抗損失が低く、信号減衰が低減され、通信効率が向上します。タングステン合金ディスクは、滑らかな表面仕上げと高い寸法精度により、マイクロ波機器の他の部品（セラミック基板や金電極など）とのシームレスな接続が可能になり、接触抵抗と電磁干渉が低減され、高周波信号の安定した伝送がサポートされます。また、耐腐食性も備えているため、マイクロ波機器の動作中に発生する湿気や化学ガスにも耐えることができ、長期的な信頼性を確保します。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ディスクの電気的性能は、インピーダンス試験と信号損失解析によって検証され、マイクロ波通信に求められる高い基準を満たしていることが確認されています。

タングステン合金ウェハーは、環境への配慮と持続可能性への配慮を反映しています。無毒性のため、クリーンルーム環境で使用しても機器や製造環境を汚染せず、エレクトロニクス業界の高い基準を満たしています。また、リサイクル性に優れているため、製造および廃棄時の環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えます。タングステン合金ウェハーは、金や銀コーティングなどの他の導電性材料と組み合わせて複合電極構造を形成することが多く、導電性と信号伝送効率をさらに最適化します。

#### 6.2.2.2 RF パワーデバイス用導電性ウェハー

タングステン合金ウェハーは、高周波デバイスへの応用における重要な事例の一つです。タングステン合金ウェハーは主に、高出力電流の確実な伝導と熱管理をサポートし、高出力動作時のデバイスの安定性と効率を確保するために用いられます。RF パワーアンプやパワートランジスタなどの RF パワーデバイスは、無線通信基地局、放送機器、産業用 RF システムに広く使用されています。これらのデバイスでは、導電性部品や電極を構成するために、高い導電性と熱伝導性を備えた材料が求められます。タングステン合金ウェハー、特にタングステン銅合金は、高い導電性と熱伝導性により、大電流を効率的に伝導し、熱を素早く放散できるため、高出力動作による過熱や性能低下を防ぎます。高密度と機械的強度により、高出力および高周波発振環境において構造安定性を維持し、機械的応力や熱応力による変形を回避します。タングステン合金ウェハーは耐腐食性にも優れているため、RF デバイスが動作中にさらされる可能性のある化学環境にも耐えることができ、長期的な信頼性を確保します。高周波電力デバイスの導電部品のうち、タングステン合金ウェハーは、通常、円形電極、導電性基板、または接続

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



部品に加工され、パワーアンプ、トランジスタ、または放熱システムに組み込まれ、大電力電流の伝導と熱管理をサポートします。その高い導電性により、抵抗損失が低くなり、エネルギーの無駄が削減され、電力変換効率が向上します。タングステン合金ウェハの高い熱伝導性は、デバイスの動作によって発生した熱を放熱デバイスに素早く伝達し、動作温度の安定性を維持し、デバイスの寿命を延ばします。その表面仕上げと高い寸法精度は、デバイスの他の部品との正確なマッチングを保証し、接触抵抗と熱抵抗を低減し、効率的な電流と熱の伝達をサポートします。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ウェハの電気伝導性と熱伝導性は、導電性試験と熱画像分析によって検証され、高周波電力デバイスの高い基準を満たすことが保証されています。

タングステン合金ウェハは、環境保護と持続可能性への配慮を反映しています。無毒性のため、クリーンルーム環境で使用してもデバイスを汚染せず、エレクトロニクス業界の高い基準を満たしています。また、リサイクル性に優れているため、製造および廃棄時の環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えます。タングステン合金ウェハは、銅やセラミックなどの他の導電性または熱伝導性材料と組み合わせて複合導電システムを形成することが多く、電気的および熱的性能をさらに最適化します。

### 6.2.3 電子パッケージングにおけるタングステン合金ウェハの応用

タングステン合金ウェハの主な用途は、その優れた熱伝導性と電磁シールド能力です。高出力デバイスのヒートシンク基板や電子部品のシールドパッケージとして広く使用されており、高出力動作や複雑な電磁環境下でも安定した性能を発揮します。電子パッケージングとは、チップ、回路、その他の電子部品を1つのモジュールに統合するプロセスであり、熱管理、電磁両立性、機械的安定性のバランスが求められます。タングステン合金ウェハ、特にタングステン銅合金やタングステン銀合金は、高い熱伝導性と高密度のため、熱を素早く伝達してデバイスの過熱を防ぐとともに、効果的な電磁シールドを提供し、敏感な回路を外部干渉から保護します。機械的強度と耐腐食性により、高真空、高温、化学的に腐食性の高い環境でも安定した性能を維持し、長期使用による性能低下を防ぎます。タングステン合金ウェハは加工性に優れ、粉末冶金および精密機械加工プロセスにより薄板、基板、またはカスタム形状に成形できるため、電子パッケージングにおける高精度部品の厳しい要件を満たします。電子パッケージングにおいて、タングステン合金ウェハは、高出力チップ、パワーアンプ、または高感度電子部品の周囲に取り付けられるヒートシンク基板、シールドカバー、またはパッケージカバーとして広く使用されています。

高い熱伝導率により、発熱体からヒートシンクへの熱伝達が迅速化され、デバイスの動作温度安定性が維持され、動作効率と寿命が向上します。また、高密度であるため電磁波を効果的に遮断し、外部からの電磁干渉が回路に与える影響を低減し、信号整合性とデバイスの信頼性を向上させます。タングステン合金ウェハは滑らかな表面仕上げと高い寸法精度を備えており、パッケージ構造の他の部品とのシームレスな統合を可能にし、高精度な組み立てと長期的な動作信頼性を実現します。さらに、無毒性であるため、チップや製造環境を汚染することなくクリーンルーム環境での使用にも適しています。さらに、タングステン合金ウェハはリサイクル可能であるため、生産と廃棄の環境への影響が軽減され、エレクトロニクス業界のグリ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ーン製造の要件を満たします。

#### 6.2.3.1 高出力デバイスパッケージのヒートシンク

タングステン合金ウェハは、高出力デバイスのパッケージングヒートシンクの応用において重要な役割を果たしています。主にデバイスの動作中に発生した熱を素早く伝達し、温度安定性と動作信頼性を確保するために使用されます。パワーアンプ、レーザーダイオード、中央処理装置（CPU）などの高出力デバイスは、動作中に大量の熱を発生します。熱が時間内に放散されない場合、デバイスの過熱、性能低下、または寿命の短縮を引き起こす可能性があります。タングステン合金ウェハ、特にタングステン銅合金ウェハは、高い熱伝導率と高密度により、熱を効率的に吸収・伝達し、デバイスの動作温度を安全な範囲に維持します。機械的強度と耐高温性により、高出力動作および高温環境下での構造安定性を維持し、熱応力による変形や割れを回避します。タングステン合金ウェハは優れた加工性能を備えており、粉末冶金および精密研削プロセスを通じて高精度のヒートシンクウェハまたは基板に加工することができ、高出力デバイスパッケージングの厳しい寸法精度および表面品質の要件を満たします。

高出力デバイスのパッケージングにおいて、タングステン合金ウェハは通常、薄いディスク、放熱基板、またはヒートシンクに加工され、チップまたは発熱体の下に設置され、ヒートパイプや空冷システムなどの外部放熱装置に熱を迅速に伝達します。高い熱伝導率により、発熱部からの熱伝導が効率的に行われ、局所的な過熱によるデバイス性能の低下を防ぎます。タングステン合金ウェハは、表面仕上げと高い寸法精度により、チップやその他のパッケージ部品にしっかりと密着し、熱抵抗を低減し、熱伝達効率を向上させます。また、耐腐食性にも優れているため、パッケージング工程で化学洗浄剤や高湿度環境にさらされる可能性にも耐え、長期的な信頼性を確保します。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ウェハの放熱性能は、熱画像検査と温度分布試験によって検証され、デバイスの温度安定性を効果的に維持することが確認されています。高出力デバイスパッケージのヒートシンクとしてタングステン合金ウェハが使用されることは、環境持続可能性への配慮を反映しています。タングステン合金ウェハは無毒性であるため、クリーンルーム環境で使用してもチップや製造環境を汚染せず、エレクトロニクス業界の高い基準を満たしています。また、リサイクル性に優れているため、製造および廃棄時の環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えます。タングステン合金ウェハは、グラファイトやセラミックなどの他の熱伝導性材料と組み合わせて複合ヒートシンクシステムを形成することが多く、熱管理効率とパッケージング性能をさらに最適化します。

#### 6.2.3.2 電子部品のシールドとパッケージング

タングステン合金ウェハは、電子部品のシールドとパッケージングにおいて重要な役割を果たし、主に外部からの電磁干渉を遮断し、敏感な回路を保護し、複雑な電磁環境における信号の完全性と信頼性を確保するために使用されます。集積回路、センサー、高周波モジュールなどの電子部品は、通信、車載電子機器、産業用制御システムに広く使用されています。これらの部品は外部からの電磁波干渉の影響を受けやすく、信号の歪みや性能低下を引き起こし

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

ます。タングステン合金ウエハーは、高密度で原子番号が高いため、無線周波数干渉（RFI）や電磁干渉（EMI）などの電磁放射を効果的に遮蔽し、敏感な回路を外部の影響から保護します。高い導電性により、干渉電流を素早く伝導し、電磁ノイズを低減します。また、機械的強度と耐腐食性にも優れ、高湿度、化学腐食、高温環境でも安定した性能を維持し、長期使用によるシールドの劣化を防ぎます。

電子部品のシールドおよびパッケージングにおいて、タングステン合金ディスクは、通常、薄板、シールドカバー、またはパッケージカバーに加工され、敏感な回路やチップの周囲に設置されて電磁シールド層を形成します。高密度であるため、比較的薄い厚さでも十分なシールド効果を発揮し、パッケージ設計の占有スペースを最適化し、小型電子機器のニーズを満たします。タングステン合金ディスクは、表面仕上げと高い寸法精度により、パッケージ構造の他の部品との正確な整合を確保し、隙間や接触抵抗を低減し、シールド効率を向上させます。優れた加工性を備え、粉末冶金および精密機械加工プロセスにより複雑な形状に加工できるため、さまざまな電子部品のシールド要件を満たすことができます。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ディスクのシールド性能は、電磁両立性試験およびシールド効果分析によって検証され、電磁干渉の影響を効果的に低減できることが保証されています。

電子部品のシールドおよびパッケージングにおけるタングステン合金ディスクの使用は、環境保護と持続可能性への重点を反映しています。無毒性のため、クリーンルーム環境で使用してもチップや回路を汚染せず、エレクトロニクス業界の高い基準を満たしています。リサイクル可能であるため、製造および廃棄時の環境への影響が低減し、資源の無駄を最小限に抑えることができます。タングステン合金ディスクは、他のシールド材料（導電性ポリマーや金属コーティングなど）と組み合わせて複合シールドシステムを形成することが多く、シールド効果とパッケージ重量をさらに最適化します。電子部品のシールドおよびパッケージングにおけるタングステン合金ディスクの使用は、デバイスの信号整合性と信頼性を大幅に向上させ、通信、自動車用電子機器、産業用制御システムの進歩に不可欠なサポートを提供し、電子パッケージング技術の進歩を促進します。

### 6.3 航空宇宙分野におけるタングステン合金ディスクの応用

タングステン合金ディスクの主な用途は、その高密度、優れた機械的強度、そして耐高温性です。カウンターウェイト、構造部品、そして高温環境に最適な材料です。宇宙船においては、タングステン合金ディスクは姿勢制御、カウンターウェイトのバランス調整、構造支持などに広く使用され、複雑な宇宙環境下における安定した動作と精密な制御を実現します。高密度であるため、小さな容積で十分な重量を確保でき、コンパクトな宇宙船設計に理想的であり、重量配分と空間利用を最適化します。タングステン合金ディスクは機械的強度と耐腐食性に優れているため、極端な温度、真空、放射線環境下でも安定した性能を維持し、長期使用による変形や性能低下を防ぎます。優れた加工性により、粉末冶金および精密機械加工プロセスを通じて高精度な円形またはカスタム形状に成形することができ、航空宇宙機器の厳しい寸法精度と表面品質要件を満たします。さらに、無毒性とリサイクル性も備えており、環境保護と持続可能な開発を重視する航空宇宙産業の要求に合致しています。航空宇宙分野におけるタングステン合金ディスクの応用は、宇宙船の設計および運用技術の進歩を促進し、宇宙探査およ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



び衛星通信に重要なサポートを提供します。

宇宙船の姿勢制御において、タングステン合金ディスクは主にカウンターウェイトやバランス調整部品として使用され、軌道運用、姿勢調整、軌道変更時の宇宙船の安定性を確保します。例えば、衛星の姿勢調整システムでは、タングステン合金ディスクはカウンターウェイトとして使用され、重量配分を最適化し、衛星の動バランスを維持します。宇宙船の軌道変更機構では、タングステン合金ディスクはバランスウェイトとして使用され、高精度な軌道変更時の安定性を確保します。高密度と機械的安定性により、宇宙環境の高応力と振動に耐えることができ、宇宙船の運用信頼性を維持します。

### 6.3.1 宇宙船姿勢制御用ウェイト用タングステン合金ディスク

タングステン合金ディスクは、航空宇宙分野における重要な役割を担っています。主に宇宙船の重量配分を最適化し、姿勢調整と軌道運用の安定性を確保するために使用されます。衛星、探査機、宇宙ステーションなどの宇宙船は、通信、観測、航行などのミッションを遂行するために、正しい方向と軌道を維持するために精密な姿勢制御を必要とします。タングステン合金ディスクは高密度であるため、小さな体積で十分な重量を確保でき、宇宙船の空間と重量の最適化に対する厳しい要件に適しています。また、機械的強度と耐高温性により、宇宙環境の過酷な条件下でも安定した性能を維持し、長期使用による変形や性能低下を回避できます。タングステン合金ディスクは優れた加工性を備えており、粉末冶金および精密機械加工プロセスを通じて高精度の円形またはカスタマイズされた形状に加工できるため、姿勢制御システム用カウンターウェイト部品の厳しいサイズと品質要件を満たすことができます。

宇宙船の姿勢制御システムにおいて、タングステン合金ディスクは、通常、ディスク、薄板、またはカスタム形状のカウンターウェイトに加工され、回転部品、フライホイール、または宇宙船のバランス機構に設置され、重心調整と動的バランスの最適化を実現します。高密度であるため、小型で効率的なカウンターウェイトを実現し、宇宙船の総重量を軽減し、打ち上げコストを削減します。タングステン合金ディスクは、表面仕上げと高い寸法精度により、姿勢制御システムの他のコンポーネントとのシームレスな統合を保証し、高精度な動作と長期的な運用信頼性を実現します。また、耐腐食性により、宇宙環境に存在する可能性のある微量ガスや放射線の影響にも耐え、カウンターウェイト部品の長期的な安定性を確保します。実際のアプリケーションでは、タングステン合金ディスクのカウンターウェイト性能は、動的バランス試験と振動解析によって検証され、宇宙船の姿勢制御に求められる高い基準を満たしていることが確認されています。

タングステン合金ディスクは、環境への配慮と持続可能性への配慮を反映しています。無毒性のため、宇宙船の製造・運用中に環境や機器を汚染することがなく、航空宇宙産業の高い基準を満たしています。また、リサイクル性に優れているため、製造・廃棄時の環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えることができます。タングステン合金ディスクは、他の軽量素材（アルミニウムや炭素繊維など）と組み合わせて複合カウンターウェイトシステムを形成

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

することが多く、重量配分と宇宙船の性能をさらに最適化します。姿勢制御への使用は、宇宙船の運用安定性と精度を大幅に向上させ、宇宙ミッションの成功に不可欠なサポートを提供し、航空宇宙技術の進歩を促進します。

#### 6.3.1.1 衛星姿勢調整用カウンターウェイト

タングステン合金ディスクは、衛星姿勢調整用カウンターウェイトの用途において重要な役割を果たしており、主に衛星の重量配分を最適化し、軌道上での運用中の動的バランスと姿勢制御精度を確保するために使用されます。宇宙空間における衛星は、通信、地球観測、科学実験などのミッションを達成するために、姿勢制御システム（リアクションホイール、コントロールモーメントジャイロスコープ、スラスターなど）によって姿勢を調整する必要があります。タングステン合金ディスクは高密度であるため、小さな体積で十分な重量を提供できるため、衛星のコンパクト設計と重量最適化のニーズに適しています。また、機械的強度と耐高温性により、宇宙環境の過酷な条件下でも安定した性能を維持し、熱応力や放射線損傷による変形を回避できます。タングステン合金ディスクは優れた加工性を備えており、粉末冶金および精密研削プロセスを通じて高精度の円形またはカスタム形状のカウンターウェイトに製造することができ、寸法精度と質量配分に関する衛星姿勢制御システムの厳しい要件を満たします。

衛星姿勢調整システムにおいて、タングステン合金ディスクは、通常、薄板、カウンターウェイト、またはカスタム形状に加工され、衛星のリアクションホイール、フライホイール、または構造フレームに設置され、重心調整と動的バランス維持に使用されます。高密度であるため、限られたスペース内で十分なカウンターウェイトを提供できるため、衛星の重量配分を最適化し、燃料消費量と打ち上げコストを削減できます。タングステン合金ディスクは、滑らかな表面仕上げと高い寸法精度により、他の姿勢制御システムコンポーネント（ベアリングやモーターなど）とのシームレスな統合が保証され、姿勢調整のための高精度な回転と安定性を実現します。また、耐腐食性にも優れているため、宇宙環境に存在する可能性のある微量ガスや高エネルギー粒子放射線にも耐えることができ、カウンターウェイトの長期的な信頼性を確保します。実際の用途では、地上振動試験と軌道上運用解析によってタングステン合金ディスクのカウンターウェイト性能が検証され、衛星姿勢調整の高精度要件を満たしていることが確認されています。タングステン合金ディスクは、環境保護と持続可能性への配慮を反映しています。無毒性のため、衛星の製造・運用中に機器や宇宙環境を汚染することがなく、航空宇宙

産業の高い基準を満たしています。また、リサイクル性に優れているため、製造・廃棄時の環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えます。タングステン合金ディスクは、軽量素材（チタン合金や複合材料など）と組み合わせて複合カウンターウェイトシステムを形成することが多く、衛星の重量配分と性能をさらに最適化します。

#### 6.3.1.2 宇宙船軌道変更機構のバランスウェイト

タングステン合金ディスクは、宇宙船の軌道調整機構におけるカウンターウェイトとして重要な役割を果たします。主に、機構の重量配分を最適化し、軌道調整や操縦中の宇宙船の安定

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

性と精度を確保するために使用されます。推進システムやロボットアームなどの宇宙船の軌道調整機構は、軌道遷移、ドッキング、姿勢補正などの作業を行うために、宇宙船の軌道位置や姿勢を調整するために使用されます。これらの機構は高精度かつ高応力の条件下で動作する必要があります。カウンターウェイトは重量配分を最適化し、振動や偏差を低減する必要があります。タングステン合金ディスクは高密度であるため、小さな容積で十分な重量を確保できるため、宇宙船の軌道調整機構のコンパクトな設計に最適です。また、機械的強度と耐高温性にも優れているため、宇宙環境の過酷な条件下でも安定した性能を維持し、機械的応力や熱応力による変形を回避します。タングステン合金ディスクは加工性に優れており、粉末冶金および精密機械加工プロセスを通じて高精度のカウンターウェイトディスクに製造することができ、軌道調整機構における寸法精度と質量分布の厳しい要件を満たします。

宇宙船の軌道変更機構では、タングステン合金ディスクが通常、円形のカウンターウェイト、薄板、またはカスタム形状に加工され、スラスタ、ロボットアーム、または回転部品の特定の位置に取り付けられ、機構の重心のバランスを取り、動作中の振動と偏差を低減します。高密度であるため、より小さな容積で効率的なカウンターウェイトが可能になり、機構の重量配分が最適化され、宇宙船の操縦性と燃料効率が向上します。タングステン合金ディスクの表面仕上げと高い寸法精度は、軌道変更機構の他の部品との正確なマッチングを保証し、高精度な動作と長期的な運用信頼性をサポートします。耐腐食性により、宇宙環境に存在する可能性のある微量ガスや放射線の影響に耐えることができ、カウンターウェイト部品の長期的な安定性を確保します。

タングステン合金ディスクの使用は、環境保護と持続可能性への重点を反映しています。その無毒性により、宇宙船の製造および運用中に機器や宇宙環境を汚染することがなく、航空宇宙産業の高い基準を満たしています。また、リサイクル可能であるため、製造および廃棄による環境への影響が低減し、資源の無駄を最小限に抑えることができます。タングステン合金ディスクは、軽量素材（アルミニウム合金や炭素繊維など）と組み合わせて複合カウンターウェイトシステムを形成することが多く、機構の重量配分と性能をさらに最適化します。軌道操作におけるタングステン合金ディスクの使用は、宇宙船の操縦性と制御精度を大幅に向上させ、軌道調整、スペースドッキング、深宇宙探査ミッションの成功に不可欠なサポートを提供し、航空宇宙技術の進歩を促進します。

### 6.3.2 エンジン部品用耐熱タングステン合金ディスク

タングステン合金ディスクは、航空宇宙分野におけるその応用の重要な例です。これらは主に極度の熱と熱応力に耐えるように設計されており、高出力運転時のエンジンの構造安定性と性能信頼性を確保します。ロケットエンジンやスペースシャトル推進システムなどの航空宇宙エンジンは、運転中に非常に高い温度（最大数千度）と激しい熱衝撃を発生するため、重要な部品の完全性を維持するために耐高温材料が必要です。タングステン合金ディスクは、高い融点、高密度、優れた機械的強度により、高温、高圧、腐食環境でも安定した性能を維持し、熱応力や材料劣化による故障を防止します。また、耐腐食性により、燃焼室内の高温燃焼ガスの化学組成に耐えることができ、部品の寿命を延ばします。タングステン合金ディスクは加工性にも優れており、粉末冶金および精密機械加工プロセスを通じて高精度の円形またはカス

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



タム形状に成形できるため、エンジン部品の厳しい寸法精度と表面品質の要件を満たします。

航空宇宙エンジンでは、タングステン合金ウェハは通常、耐熱ディスク、ライナー、または保護プレートに加工され、ノズル、燃焼室、または推進システムの主要領域に設置され、高温ガスの直接的な衝撃と熱放射に耐えます。その高い熱伝導性により、熱を素早く分散させ、局所的な過熱を抑え、周囲の部品を熱損傷から保護します。タングステン合金ウェハの表面仕上げと高い寸法精度は、エンジンシステムの他の部品とのシームレスな統合を保証し、高精度な組み立てと長期的な動作信頼性をサポートします。その無毒性により、航空宇宙製造プロセスでの使用に適しており、機器や環境を汚染しません。さらに、タングステン合金ウェハはリサイクル可能であるため、生産および廃棄物処理による環境への影響が軽減され、航空宇宙産業のグリーン製造要件を満たしています。エンジン部品に耐高温性のタングステン合金ウェハを適用すると、システムの動作信頼性と安全性が向上するだけでなく、航空宇宙推進技術の進歩が促進され、深宇宙探査と高性能航空に重要なサポートが提供されます。

#### 6.3.2.1 ロケットエンジンノズル付近の耐熱部品

タングステン合金ディスクは、ロケットエンジンのノズル付近の耐熱部品において重要な役割を果たします。これらは主に、高温燃焼室ガスとノズル領域の極度の熱応力に耐えるように設計されており、エンジンの性能安定性と構造的完全性を確保します。ロケットエンジンは宇宙船推進システムの中核部品であり、推進剤を燃焼させて高温高压ガス（数千℃に達する）を発生させ、宇宙船を軌道に乗せたり、深宇宙ミッションを実行したりします。ノズル付近は高温ガスと激しい熱衝撃に直接さらされるため、構造安定性と機能信頼性を維持するために耐熱材料が求められます。タングステン合金ディスクは、高い融点と優れた耐熱性により、極高温環境下でも機械的強度と寸法安定性を維持し、熱応力や材料の溶融による破損を防ぎます。また、耐腐食性にも優れているため、燃焼室内の酸化性ガスや腐食性ガスによる浸食にも耐え、部品寿命を延ばします。

ロケットエンジンノズル付近の耐熱部品の中でも、タングステン合金ディスクは、通常、ノズル内壁の円形ライナー、保護板、または耐熱層に加工されます。これらのディスクは、ノズルスロート部または出口領域に設置され、高温ガスや熱放射によるノズル構造の直接的な影響を防ぎます。高い熱伝導率により、ノズル領域の熱を素早く分散させ、局所的な温度勾配を低減し、熱応力による亀裂や変形のリスクを最小限に抑えます。タングステン合金ディスクは、表面仕上げと高い寸法精度により、ノズル構造との正確なフィットを保証し、効率的な気流誘導と推力出力をサポートします。また、その機械的強度により、ノズルの動作中に発生する高压と振動に耐え、長期的な運用信頼性を確保します。

タングステン合金ディスクは、環境保護と持続可能性への配慮を反映しています。無毒性のため、製造および運用中に機器や環境を汚染することがなく、航空宇宙産業の高い基準を満たしています。リサイクル性に優れているため、製造および廃棄時の環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えます。タングステン合金ディスクは、他の耐熱材料（セラミックやモリブデン合金など）と組み合わせて複合耐熱システムを形成することが多く、ノズルの耐熱性と重量配分をさらに最適化します。

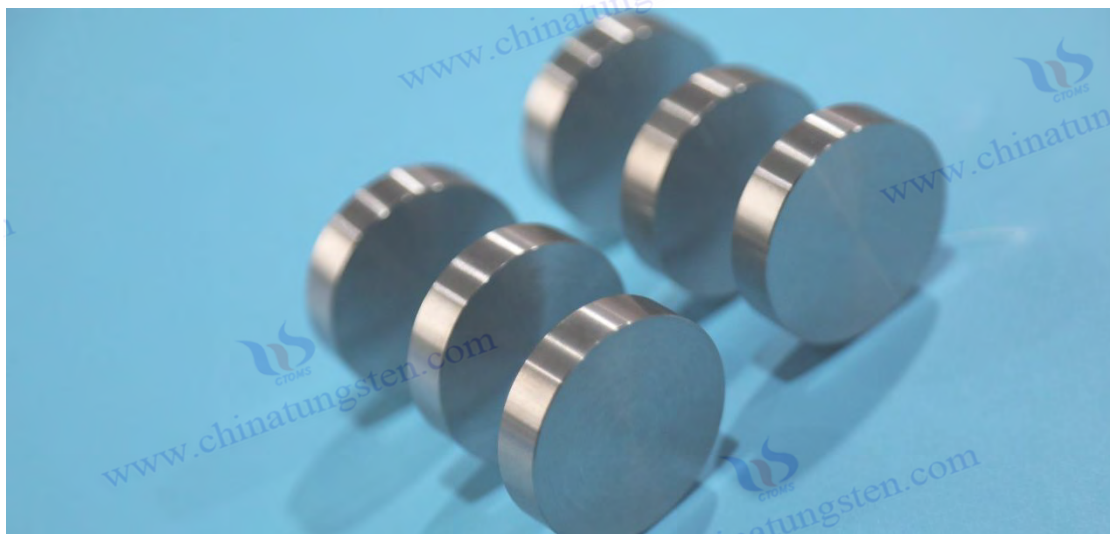
#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 6.3.2.2 スペースシャトル推進システム用耐熱ディスク

タングステン合金ディスクは、スペースシャトル推進システムの耐熱ディスクとして重要な役割を果たしており、主に高温ガスや熱衝撃から重要な部品を保護し、高出力運転時の推進システムの性能安定性と安全性を確保するために使用されています。スペースシャトル推進システムは、推進剤の燃焼、軌道への投入、軌道調整などによって高温高压のガスを発生させます。これらのシステムは動作中に非常に高い温度と激しい熱衝撃を発生するため、重要な部品の構造的完全性と機能的信頼性を維持するために、耐熱性材料が求められます。タングステン合金ディスクは、高い融点と優れた耐熱性により、高温環境下でも機械的強度と寸法安定性を維持し、熱応力や材料劣化による故障を防止します。また、耐腐食性にも優れているため、推進システム内の腐食性ガスや酸化環境にも耐え、部品の寿命を延ばします。

スペースシャトルの推進システムでは、タングステン合金ディスクは耐熱ディスク、保護プレート、またはライナーに加工され、燃焼室、ノズル、または熱交換器の重要な領域に設置され、高温ガスの直接的な衝撃と熱放射に耐えます。高い熱伝導率により、熱を素早く放散し、局所的な過熱のリスクを低減し、周囲の部品を熱損傷から保護します。タングステン合金ディスクは滑らかな表面仕上げと高い寸法精度（0.01 mm 以下）を備えており、他の推進システム部品との正確なマッチングを実現し、効率的な気流誘導と推力出力を実現します。また、その機械的強度により、推進システムの運用に伴う高压、振動、熱衝撃に耐え、長期的な運用信頼性を確保します。

タングステン合金ディスクは、環境保護と持続可能性への重点を反映しています。その無毒性により、製造および運用中に機器や環境を汚染することがなく、航空宇宙産業の高い基準を満たしています。また、リサイクル可能であるため、製造および廃棄における環境への影響を軽減し、資源の無駄を最小限に抑えます。タングステン合金ディスクは、他の耐熱材料と組み合わせることで複合耐熱システムを形成することが多く、推進システムの熱性能と重量配分をさらに最適化します。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウエハ

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

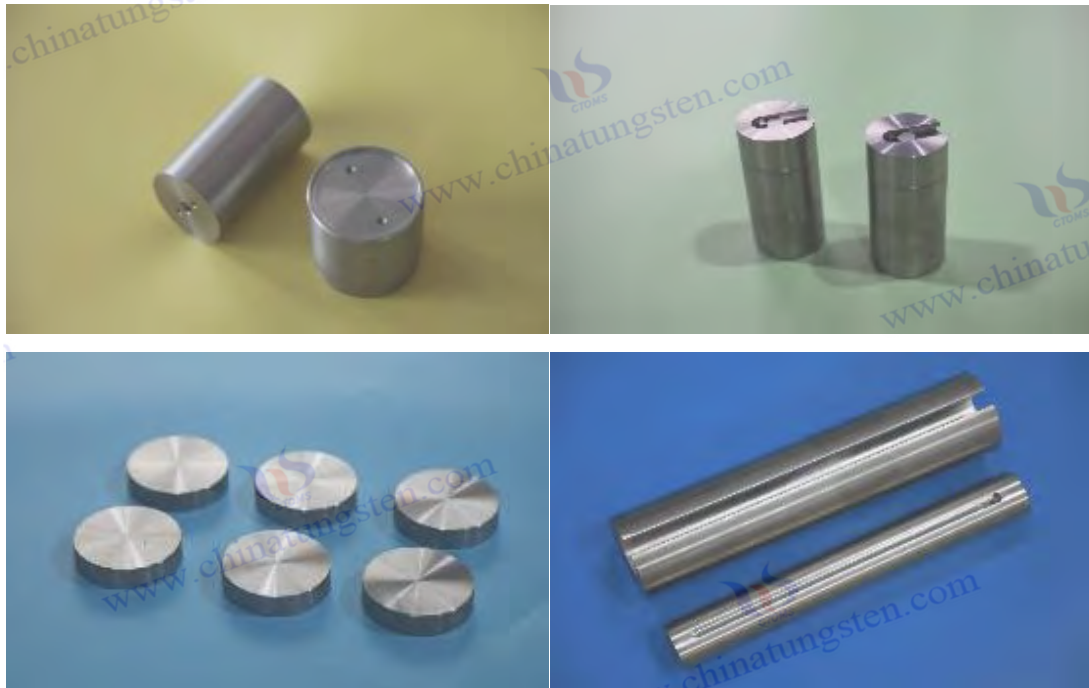
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://www.tungsten-alloy.com)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



## 第7章 タングステン合金ディスクの保管、輸送および規格

タングステン合金ディスクは、高密度、優れた機械的特性、耐高温性を備えているため、航空宇宙、医療、エレクトロニクス、工業分野で幅広い用途に使用されています。製造および使用プロセス中の保管および輸送リンクは、ディスクの品質と性能の安定性に直接影響します。タングステン合金ディスクが保管および輸送中に環境要因や物理的損傷の影響を受けないようにするには、保管環境条件、梱包方法、輸送要件など、厳格な基準と仕様を確立する必要があります。これらの対策は、ディスクの物理的および化学的特性を保護するだけでなく、ディスクの耐用年数を延ばし、不適切な保管または輸送による材料の無駄を削減します。タングステン合金ディスクの環境に優しくリサイクル可能なため、保管および輸送中の資源利用効率と環境影響制御に注意を払い、現代産業の持続可能な開発の要件を満たす必要があります。

### 7.1 タングステン合金ディスクの保管要件

タングステン合金ウェハは、安定した性能と損傷のない品質を確保するための重要なリンクであり、その後の加工やアプリケーションにおける信頼性に直接関係しています。タングステン合金ウェハは高密度で高硬度であるため、環境条件、特に湿気、腐食性、高温環境では酸化、表面汚染、物理的損傷が発生しやすくなります。そのため、保管プロセス中は、環境パラメータを厳密に管理し、科学的な梱包および積み重ね方法を採用して、ウェハの表面品質と性能安定性を保護する必要があります。保管要件には、環境条件の管理だけでなく、長期保管中にウェハが変形、傷、または化学変化しないようにするための合理的な梱包設計と積み重ね仕様も含まれます。

#### 7.1.1 保管環境条件（温度、湿度など）

タングステン合金ウェハの保管環境は、その物理的・化学的特性の安定性を確保する上で重要な要素です。温度、湿度、ガス環境、清浄度といったパラメータを厳密に管理する必要があります。タングステン合金ウェハは優れた耐食性を備えていますが、高湿度や腐食性ガス環境に長期間さらされると、表面の酸化や汚染が生じ、電気伝導性、熱伝導性、表面品質に影響を及ぼす可能性があります。適切な保管条件は、ウェハの保管寿命を効果的に延長し、航空宇宙、医療、電子機器などの用途において高い性能を維持するのに役立ちます。

管理された保管環境は、高温、高湿度、腐食性ガスなどの環境要因によるタングステン合金ディスクの性能劣化を防ぐために設計されています。適切な温度と湿度は表面の酸化と化学反応を軽減し、清潔な保管環境は埃や粒子による汚染を防ぎ、ディスクの表面仕上げと性能の安定性を確保します。タングステン合金ディスクは通常、不活性ガスブランケットまたは乾燥剤を使用して、管理された屋内環境で保管され、環境への影響をさらに最小限に抑えます。

#### 7.1.2 梱包および積み重ね仕様

タングステン合金ディスクは保管に不可欠です。保管および輸送中の物理的な損傷、表面の傷、

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

変形を防ぎ、性能と外観に影響を与えないようにする必要があります。タングステン合金ディスクは高密度で高硬度であるため、機械的な衝撃や摩擦に敏感です。そのため、表面品質と寸法精度を維持するには、科学的な梱包設計と積み重ね方法が必要です。

梱包とスタッキング仕様: タングステン合金ディスクは、緩衝材、セパレーター、そして頑丈な梱包容器を用いて、機械的衝撃、振動、摩擦から保護されます。適切なスタッキング設計は、不適切なスタッキングによるディスクの変形や表面損傷を防ぎ、保管スペースの有効活用を最適化します。梱包材は、防湿性、防塵性、帯電防止性を備え、ディスクの性能安定性をさらに高める必要があります。

科学的な包装および積層仕様は、タングステン合金ウェハの表面品質と性能を効果的に維持し、高精度かつ長期保管に適しています。しかし、カスタマイズされた包装材や個別のトレイは生産コストを増加させ、積層高さの制限は保管スペースの利用률을低下させる可能性があります。さらに、不適切な包装はウェハを損傷する可能性があるため、これらの仕様を厳格に遵守する必要があります。

包装効率を向上させるには、自動包装機の導入により手作業によるミスを削減し、再利用可能な包装トレイの設計によりコストと環境への影響を削減し、軽量で高強度な材料と組み合わせた最適な積層レイアウトによりスペース利用率を向上させることができます。包装方法と積層仕様は、タングステン合金ウェハの安全な保管を保証する重要な要素であり、航空宇宙、医療、エレクトロニクス分野における信頼性の高い応用を促進します。

## 7.2 タングステン合金ディスクの輸送要件

タングステン合金ウェハは、製造から使用に至るまで、その品質と性能を維持するために不可欠です。高密度、高硬度、そして表面品質への敏感さから、振動、衝突、環境要因による傷、変形、汚染を防ぐため、科学的な輸送方法と保護対策が不可欠です。輸送要件には、適切な輸送方法の選択だけでなく、輸送中のウェハの安全性と信頼性を確保するための保護対策と安全規制の策定も含まれます。

### 7.2.1 輸送方法の選択

タングステン合金ウェハを安全に、そして無傷で目的地まで届けるには、適切な輸送方法を選択することが不可欠です。タングステン合金ウェハは高密度で高付加価値であるため、輸送中の振動、衝撃、環境変化の影響を受けやすいです。そのため、輸送距離、環境条件、アプリケーション要件に基づいて適切な輸送方法を選択し、効率と安全性のバランスを確保する必要があります。

輸送方法は、ウェーハの物理的特性とアプリケーション要件に基づいて選択されます。目標は、輸送ツールと輸送経路を最適化し、振動、衝撃、環境への影響を最小限に抑え、ウェーハの安定した性能を確保することです。一般的な輸送方法には、道路、鉄道、航空、海上輸送があります。各輸送方法は、ウェーハの安全性と輸送効率を確保するために、輸送距離、所要時間、

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

環境条件に基づいてトレードオフを行う必要があります。

輸送効率を向上させるために、道路、鉄道、航空輸送の利点を組み合わせた複合輸送を採用し、物流追跡システムを活用して輸送状況をリアルタイムで監視し、専門の物流会社と連携して輸送計画をカスタマイズします。輸送手段の選択を科学的に最適化することで、特に航空宇宙分野や医療分野の厳しい要件下でも、タングステン合金ウェハの安全輸送を確実に保証します。

## 7.2.2 輸送中の保護措置

輸送中の保護対策は、タングステン合金ウェハが輸送中に物理的な損傷や環境の影響を受けないようにするために不可欠です。ウェハは高密度で硬度が高いため、衝突や摩擦によって表面に傷がつきやすいため、これらのリスクを軽減するためには、科学的な梱包と保護対策が不可欠です。

輸送中の保護対策としては、高強度梱包材、緩衝材、環境制御対策などがあり、タングステン合金ウェハを振動、衝撃、湿気、温度変動から保護します。これらの保護対策は、輸送方法や環境条件と組み合わせ、梱包設計と積載方法を最適化することで、ウェハの表面品質と性能の安定性を確保する必要があります。

## 7.2.3 輸送安全規制とラベル

輸送中のタングステン合金ウェハの安全性とトレーサビリティを確保するには、輸送安全規制とラベリングが不可欠です。明確な規制とラベリングは輸送リスクを軽減し、コンプライアンスと品質管理を確保します。タングステン合金ウェハは高価値で高精度であるため、輸送中の紛失や損傷を防ぐために、厳格な安全基準を満たす必要があります。

輸送中のコンプライアンスは、確立された作業手順と標準化された包装ラベルによって確保されます。これらの規制は、積み下ろし作業、輸送状態の管理、緊急時対応措置を対象としています。ラベルには、ウェハの特性、保護要件、安全警告に関する情報が記載されており、輸送者と受取人の両方による適切な取り扱いを容易にします。

安全性と効率性を向上させるために、電子タグ（RFID など）を用いて輸送中のリアルタイム追跡を実現し、統一された国際輸送規制を策定してラベル要件を簡素化し、輸送担当者のトレーニングを強化して規制遵守を徹底することが挙げられます。輸送安全規制とラベルは、タングステン合金ウェハの安全輸送を体系的に保証し、航空宇宙、医療、エレクトロニクス分野における信頼性の高い応用を促進します。

## 7.3 中国タングステン合金ディスク規格

中国は世界最大のタングステン資源の生産国および消費国として、タングステン合金ウェハの生産、品質管理、および用途を規制するため、一連の国家規格（GB/T）および業界規格を策

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



定しています。これらの規格は、主に中国標準化管理局（SAC）および関連業界団体によって発行され、航空宇宙、電子機器、医療などの分野におけるタングステン合金ウェハの性能の一貫性と安全性を確保しています。

#### 標準概要:

中国のタングステン合金ウェハ規格は、主に材料組成、機械的特性、寸法精度、表面品質、試験方法を網羅しており、タングステン系合金ウェハ（タングステン-ニッケル-鉄、タングステン-銅合金など）の製造および応用に適用されます。一般的な規格には以下のものがあります。

- **GB/T 3875-2017 タングステン及びタングステン合金板:** 主に板材を対象としていますが、その規制はウェハ加工用原材料にも適用されます。タングステン合金の化学組成（例：タングステン含有量 90%以上）、密度（ $17\sim 18.5\text{ g/cm}^3$ ）、硬度（ $\text{HB} \geq 250$ ）、および表面品質要件（ $\text{Ra} \leq 0.8\text{ }\mu\text{m}$ ）を規定しています。
- **GB/T 3459-2006 タングステン及びタングステン合金製品通用技術仕様:** タングステン合金製品の製造工程、寸法公差（ $\pm 0.01\text{ mm}$ ）、表面処理、品質検査方法を規定しています。ウェハの切断、研削、表面処理に適用します。
- **YS/T 659-2007 タングステン及びタングステン合金加工材料:** この規格は、タングステン合金加工製品の寸法精度、表面仕上げ、および機械的特性の試験方法を規定しています。電子機器および航空宇宙用途に適しています。

#### 主な要件:

- **化学組成:** タングステン含有量は通常 90% ～ 97% で、高密度と機械的強度を確保するためにニッケル、銅、鉄などの元素が補充されています。
- **寸法精度:** ウェハ直径公差 $\leq \pm 0.01\text{ mm}$ 、厚さ公差 $\leq \pm 0.005\text{ mm}$ 、高精度アプリケーション要件を満たします。
- **表面品質:** 表面粗さ  $\text{Ra} \leq 0.4\text{ }\mu\text{m}$ 、ひび割れや酸化跡がなく、電気伝導性と熱伝導性を確保します。
- **試験方法:** 航空宇宙産業および電子産業の品質要件を満たすために、蛍光 X 線分光法 (XRF) を使用して組成を分析し、デュロメーターを使用して硬度をテストし、プロファイロメーターを使用して表面粗さをテストします。
- **環境保護要件:** この規格では、生産プロセスで廃棄物の排出を削減し、リサイクル可能な材料の使用を奨励し、環境規制に準拠することが求められています。

#### 7.4 国際タングステン合金ディスク規格

国際標準化機構（ISO）や材料試験協会（ASTM）などの組織によって主に策定された国際タングステン合金ディスク規格は、タングステン合金ディスクの製造、試験、および適用に関する世界的な統一技術仕様を提供することを目的としています。これらの規格は、航空宇宙、電子機器、医療分野で広く使用されており、グローバルサプライチェーン全体を通じてタングステン合金ディスクの一貫性と信頼性を確保しています。

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

#### 標準概要:

国際規格は主にタングステン合金ウェハの材料特性、加工要件、品質検査方法を規定しており、タングステン基合金（タングステン-ニッケル-鉄合金やタングステン-銅合金など）の製造および応用に適用されます。一般的に使用される規格には以下のものがあります。

- **ASTM B777-15 高密度タングステンベース合金:** この規格は、航空宇宙および電子機器用途に適したタングステン合金ディスクの化学組成（例：タングステン含有量 90% ~ 97%）、密度（16.5 ~ 19 g/cm<sup>3</sup>）、機械的特性（引張強度 ≥ 600 MPa）、および処理要件を規定しています。
- **ISO 28319:2010 タングステン及びタングステン合金製品:** タングステン合金製品の製造工程、寸法公差（±0.01 mm）、表面品質（Ra ≤ 0.4 μm）を規定しています。ウェーハの切断、研削、表面処理に適しています。
- **ASTM E696-07 タングステンおよびタングステン合金の試験方法:** タングステン合金ディスクの化学組成分析、硬度試験、微細構造検査を提供し、一貫した性能を保証します。

#### 主な要件:

- **化学組成:** タングステン 90% - 97%、ニッケル、銅、鉄などの元素が補充され、高密度と耐腐食性が確保されています。
- **寸法精度:** 直径および厚さの許容差は ±0.01 mm 以下、平行度は 0.005 mm 以下で、高精度のアプリケーション要件を満たします。
- **表面品質:** 表面粗さ Ra ≤ 0.4 μm、傷、ひび割れ、酸化物がなく、導電性と耐摩耗性が保証されます。
- **試験方法:** スペクトルアナライザーを使用して組成を検出し、ブリネル硬度計を使用して硬度をテストし、3 座標測定機を使用して寸法精度を検証して、航空宇宙および電子産業の要件に準拠していることを確認します。
- **環境保護と安全性:** この規格では、製造工程で有害物質の排出を削減することが求められており、安全性とリサイクル性を確保するために梱包は国際輸送規制（IATA など）に準拠する必要があります。

#### 7.5 欧州、アメリカ、日本、韓国等のタングステン合金ディスク規格

欧州、米国、日本、韓国などの国々は、それぞれの産業ニーズと環境規制に基づいて、タングステン合金ウェハに関する独自の規格を策定し、その生産と用途を規制しています。これらの規格は、材料特性、加工技術、品質試験の点では類似していますが、用途分野や規制要件によって異なります。

#### 標準概要:

- 私たち:
  - **ASTM B777-15 高密度タングステン基合金:** タングステン-ニッケル-鉄およびタングステン-銅合金ウェハに適用可能。規定の化学組成（タングステン 90%

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

～97%)、密度(17～18.5 g/cm<sup>3</sup>)、引張強度(≥600 MPa)、および表面品質(Ra≤0.4 μm)が規定されています。航空宇宙用カウンターウェイトや電子機器冷却部品に広く使用されています。

- **MIL-T-21014D タングステン合金軍事規格:** 軍事用途を対象とし、高精度の寸法公差 (±0.005 mm) と放射線耐性を規定しており、原子炉シールドや軍事用カウンターウェイトに適しています。

- **ヨーロッパ:**

- **EN ISO 28319:2010 タングステン及びタングステン合金製品:** タングステン合金ディスクの組成、機械的特性、および加工要件を規定しています。環境保護とリサイクル性を重視し、電子機器および航空宇宙分野に適しています。
- **EN 10204:2004 金属製品検査文書:** 品質トレーサビリティを確保するために、タングステン合金ディスクの材料試験レポート (MTR) (組成、硬度、寸法試験結果を含む) が必要です。

- **日本:**

- **JIS H 4463:2006 タングステン及びタングステン合金製品:** 半導体及び精密機械用途に適したタングステン合金ディスクの化学組成(タングステン≥90%)、密度(17～19 g/cm<sup>3</sup>)及び表面品質(Ra≤0.3 μm)を規定しています。
- **JIS Z 8801:2011 タングステン合金試験方法:** 一貫したウェーハ性能を確保するための組成分析、硬度試験、および微細構造試験方法を提供します。

- **韓国:**

- **KS D 9501:2018 タングステンおよびタングステン合金:** 高い熱伝導率と表面仕上げ(Ra≤0.4 μm)を重視し、電子機器および通信機器に適したタングステン合金ウェハーの化学組成、機械的特性および処理要件を規定しています。
- **KS D 9502:2018 タングステン合金試験方法:** 高精度のアプリケーション要件への準拠を保証するために、組成試験、寸法精度、および表面品質試験の仕様を提供します。

**主な要件:**

- **化学組成:** すべての国家規格では、タングステン含有量が 90%以上で、ニッケル、銅、または鉄が添加されていることが求められています。一部の規格 (MIL-T-21014D など) では、より厳格な不純物管理が求められています。
- **寸法精度:** 公差範囲は通常±0.005mm～±0.01mm ですが、欧州および日本の規格では表面仕上げに対してさらに高い要件が定められています (Ra≤0.3μm)。
- **試験方法:** XRF、硬度計、三座標測定機などの設備を使用して、組成、機械的性質、寸法精度が基準を満たしていることを確認します。
- **環境保護と安全性:** 欧州と米国の規格では環境に配慮した生産とリサイクル性が重視されていますが、日本と韓国の規格ではクリーンルーム適合性に重点が置かれており、梱包は国際輸送規制に準拠する必要があります。

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**



CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

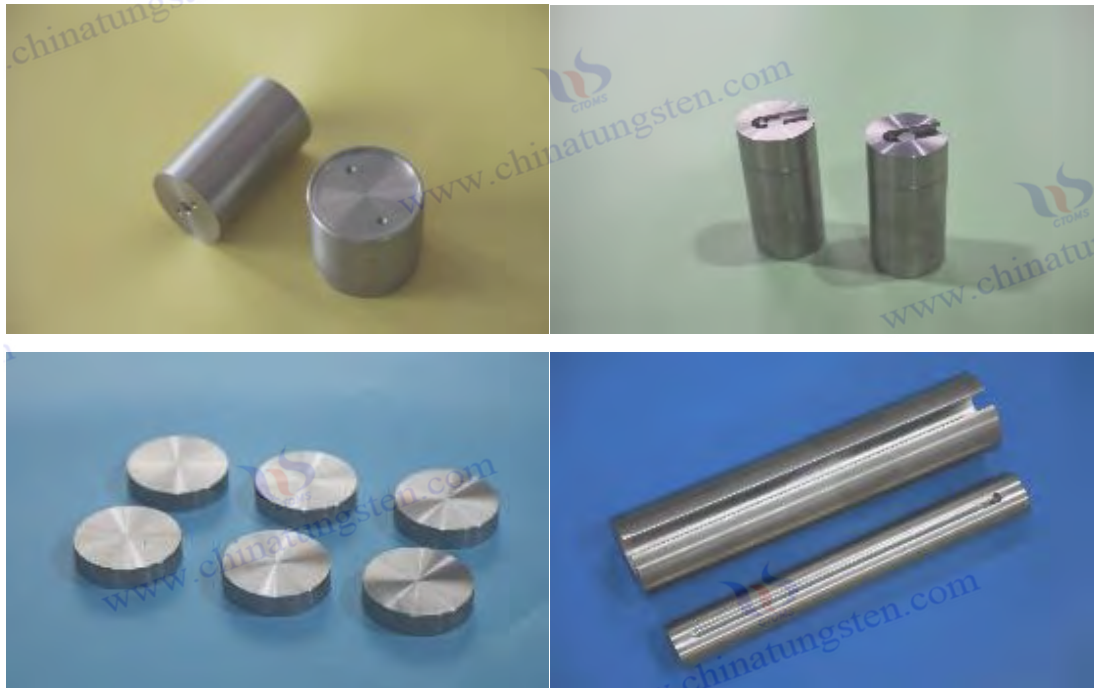
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://www.tungsten-alloy.com)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

付録

タングステン合金ディスクの用語

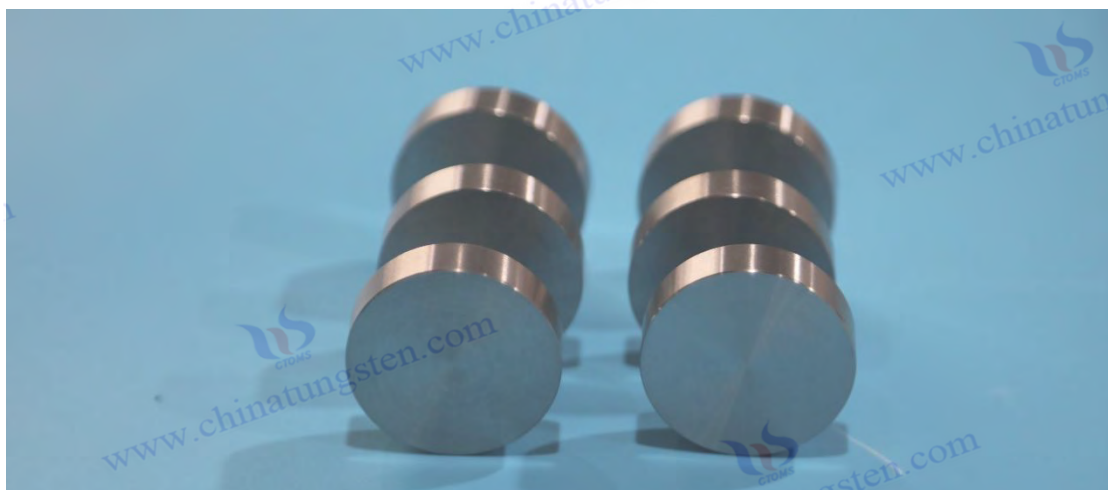
| カテゴリ | 用語       | 意味                                                                              | アプリケーションの背景                                |
|------|----------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 材料特性 | タングステン合金 | 粉末冶金法により、タングステン（W）（90%～97%）を主成分とし、ニッケル、鉄、銅、銀などの元素を添加した複合材料です。高密度、高強度、高耐熱性を有します。 | 航空宇宙用カウンターウェイト、医療用放射線遮蔽、電子熱伝導部品。           |
|      | 密度       | 単位体積あたりの質量。通常は 17 ～ 18.5 g/cm <sup>3</sup> 。                                    | 衛星カウンターウェイトや放射線治療装置などのカウンターウェイトおよびシールドの用途。 |
|      | 硬度       | 外力による変形や傷に耐える能力（通常 300 HV 以上）。                                                  | 電子パッケージおよび機械部品の摩耗および耐衝撃性のシナリオ。             |
|      | 熱伝導率     | タングステン銅合金の熱伝導能力は約 150～200W/m・K です。                                              | チップ製造および電子パッケージングにおける熱管理。                  |
|      | 電気伝導性    | タングステン銅合金の電流伝導能力は約 30% ～ 50% IACS です。                                           | 高周波デバイスの電極および電子コネクタ。                       |
| 生産工程 | 粉末冶金     | タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、圧縮して焼結し、ディスクを製造します。                                         | タングステン合金ディスクの成形工程。                         |
|      | 液相焼結     | 低融点金属が溶けてタングステン粒子の結合を促進し、密度と強度を高めます。                                            | ウェーハは、密度が理論密度の 95% 以上になるように焼結されます。         |
|      | 切断と研削    | 目標の寸法と表面品質を達成するために、旋削、フライス加工、研削によって余分な材料が除去されます。                                | ウェーハ精密加工、寸法誤差 ≤0.01mm、Ra≤0.4μm。            |
|      | 表面処理     | 研磨、無電解メッキ、PVD により表面仕上げ、耐腐食性、機能性を向上させます。                                         | 電子機器の放熱ディスクなどの導電性と耐摩耗性を向上させます。             |
|      | 等方圧プレス   | 均一な密度を確保するために、粉末は均一な高圧でピレットに圧縮されます。                                             | ディスクを圧縮して内部の多孔性を減らします。                     |
| 品質管理 | 寸法精度     | 寸法は設計仕様に準拠し、許容差は±0.01 mm 以下である必要があります。                                          | 航空宇宙および電子機器の要件を満たすように、直径、厚さ、平行度を検査します。     |
|      | 表面粗さ     | 表面微細粗さ、Ra≤0.4μm。                                                                | プロファイロメーター検査により滑らかな表面を保証します。               |
|      | 非破壊検査    | X 線検査や超音波検査など、ウェーハの内部欠陥を非破壊で検査します。                                              | 内部の多孔性、亀裂、分離がないか確認します。                     |
|      | 化学組成分析   | 元素組成は XRF または ICP-MS によって決定されました。                                               | タングステン含有量が 90% 以上であることを確認し、不純物を制御します。      |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

|                      |            |                                               |                                |
|----------------------|------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|
|                      | 品質トレーサビリティ | 品質のトレーサビリティを確保するために、製造、処理、テストのデータを記録します。      | 航空宇宙および医療分野における品質管理。           |
| ストレージ<br>そして<br>交通機関 | 一定の温度と湿度   | 酸化や汚染を防ぐために、温度を 15 ～ 25℃、湿度を 40% 以下に維持してください。 | 表面品質と性能を確保するためのウェーハ保管。         |
|                      | 帯電防止包装     | 静電気の蓄積を防ぐために帯電防止素材を使用します。                     | エレクトロニクスおよび半導体分野における輸送および保管。   |
|                      | ショックアブソーバー | 振動や衝撃を軽減するために、クッション材や衝撃吸収トレイを使用してください。        | 高密度ウェーハを傷や変形から保護します。           |
|                      | 防湿シール      | 湿気の浸入を防ぐために防湿シールまたは乾燥剤を使用してください。              | 表面品質を保護するために長距離輸送または海上輸送を行います。 |
|                      | 輸送ラベル      | 製品情報、防湿性、耐衝撃性、動作要件をマークします。                    | 輸送担当者が国際輸送規制を遵守するように指導します。     |
| 標準とアプリケーション          | ASTM B777  | 高密度タングステンベース合金の組成、密度、機械的特性を規定する米国規格。          | 航空宇宙用カウンターウェイト、医療用放射線遮蔽。       |
|                      | GB/T 3875  | 中国規格では、タングステン合金板の組成、密度、表面品質が規定されています。         | 国内の航空宇宙および電子機器のウェーハ生産。         |
|                      | 放射線遮蔽      | 高密度、高原子番号を使用してガンマ線や X 線を遮断します。                | 医療用放射線治療装置および核医学装置。            |
|                      | カウンターウェイト  | 高密度を活用して重量配分を最適化し、動的バランスを維持します。               | 航空宇宙（衛星姿勢制御）、医用画像（CT 装置）。      |
|                      | クリーンルーム適合性 | 無毒性、低揮発性なのでクリーンルームでの使用に適しています。                | 半導体製造、医療機器製造。                  |



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェーハ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)



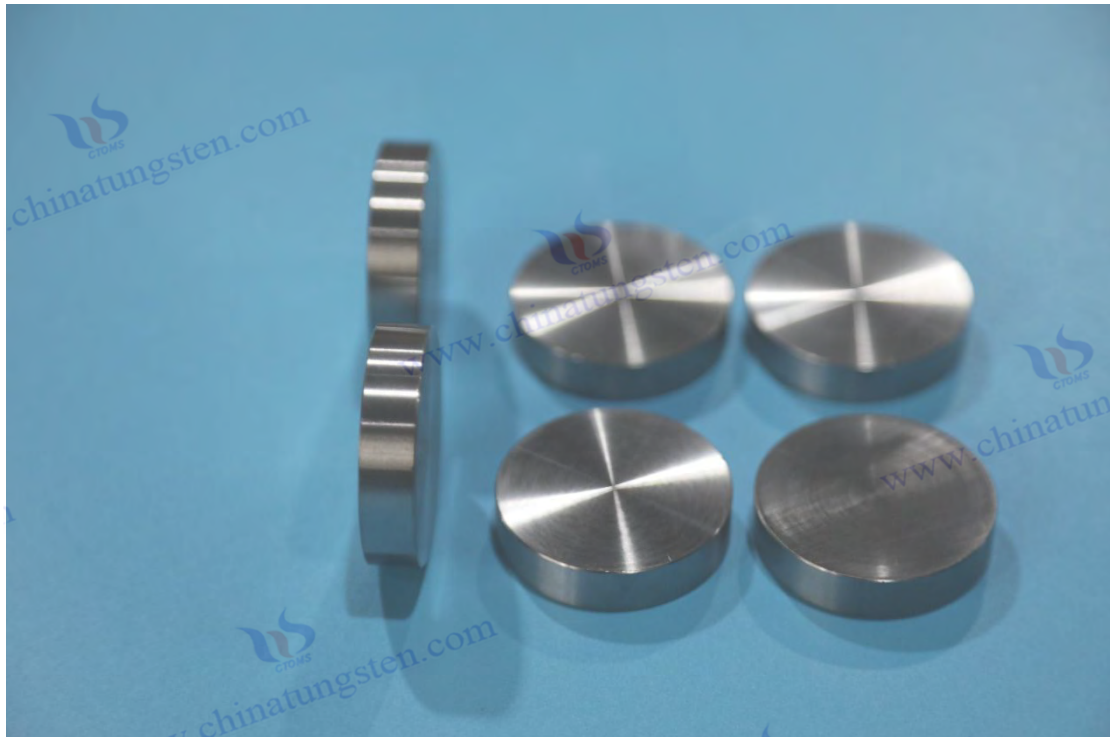
## 参考文献

### 中国語の参考文献

- [1] GB/T 3875-2017、タングステンおよびタングステン合金板、中華人民共和國標準化管理局、2017 年。
- [2] GB/T 3459-2006、タングステンおよびタングステン合金製品の一般技術要求、中華人民共和國標準化管理局、2006 年。
- [3] YS/T 659-2007、タングステンおよびタングステン合金加工材料、中国非鉄金属産業協会、2007 年。

### 英語の参考文献

- [1] ASTM B777-15、高密度金属タングステンベースの標準仕様、米国材料試験協会、2015 年。
- [2] ISO 28319:2010、歯科 - レーザー溶接および充填材、国際標準化機構、2010 年。
- [3] ASTM E696-07、タングステン - レニウム合金熱電対線の標準仕様、米国材料試験協会、2007 年。
- [4] JIS H 4463:2006、タングステンおよびタングステン合金製品、日本工業規格、2006 年。
- [5] KS D 9501:2018、タングステンおよびタングステン合金、韓国工業規格、2018 年。
- [6] KS D 9502:2018、タングステンおよびタングステン合金の試験方法、韓国工業規格、2018 年。
- [7] EN 10204:2004、金属製品 - 検査文書の種類、欧州標準化委員会、2004 年。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウエハ

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)