京都大学の新技術

転位枯渇を活用した超高疲労強度金属を実現する設計技術

ライセンス契約を受けていただき 本発明の実用化を目指していただける企業様を求めます。

ナノ構造設計により、バルク材と比較し約2倍の疲労強度を実現しました。

◆背景

MEMS、電子デバイスなどの微細加工部品において、内部のナノ～マイクロサイズの金属素子が疲労破壊することが問題となっています。繰り返し荷重を受けるバルク金属材料では、内部で増殖した転位が自己組織化し、はしご状構造等の転位組織を形成します。これが塑性ひずみの局在化を引き起こし、最終的に疲労き裂が発生・進展するため、疲労寿命の延長には限界がありました。このため、微細金属部材における疲労破壊の発生を抑制し、長期信頼性を向上させる技術が求められています。

◆発明概要と利点

本発明者らは、金属単結晶にナノスケールの幾何構造を付加することにより、繰り返し負荷に伴って転位が表面から射出され、枯渇することで、転位の自己組織化およびひずみの局在化が抑制されることを見出しました。このことから、寸法効果を活用する高疲労強度金属の設計原理により、均質材と比較して軽量かつ疲労強度の高い材料（ナノ化構造メタマテリアル）を実現できることが示されました。この技術により、微細金属部材の長期信頼性のさらなる向上と超微細加工技術の実現が期待されます。

- **疲労強度の向上と軽量化**
  ナノ単結晶要素部で均質材の10倍以上（800MPa超）、相対密度約53%のメタマテリアル構造体で均質材の2倍以上（124MPa）の疲労き裂発生限界を実現。また、幾何構造により軽量化にも寄与。
- **汎用金属及び金属化合物へ適応可能**
  銅、銀、金、ニッケル、アルミなどの単結晶金属、それらの２種以上の単一相の固溶体、もしくはそれらの２種以上の金属間化合物の単結晶に適。
- **幾何構造による高い設計汎用性**
  ナノ構造体および微細構造部の形状は、寸法効果の生じる所定範囲内であれば、任意の設計が可能。

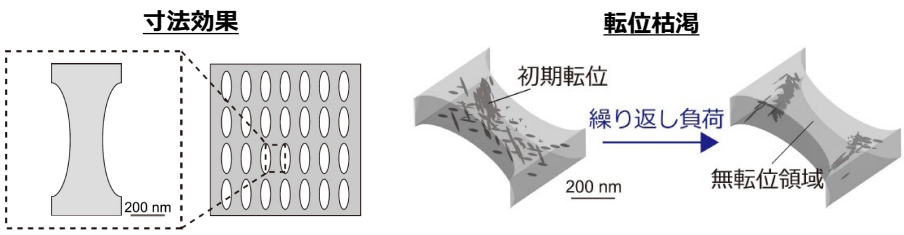


図１　本発明の模式図とその効果について



均質材
応力振幅：70 MPa

ナノ構造化メタマテリアル
応力振幅：124 MPa

図２　本発明のメタ試験片と均質材の疲労試験の結果
各左写真：SEM　各右写真：UHV-TEMにて内部構造を観察
本発明のメタ試験片にて転位枯渇による無転位領域が観察された。
変位比 δmin/δmax = −1 の定変位振幅条件で１Hzの正弦波で繰り返し(*N*=10,000)

◆開発段階

異なるサイズ・形状、多種の金属にて試験を実施し、効果を確認済

◆適用分野

- MEMS・精密機械
- 電子回路
- 半導体部品

◆発表状況

Nano-Architected Metallic Metamaterial With Enhanced Fatigue Resistance via Dislocation Starvation
：Advanced Materials
(Sugisaka et al., 2026)

◆希望の連携形態

- 特許実施許諾
（適応分野での独占可能）
- オプション(非独占/独占)

※本発明は京都大学から特許出願中です。

◆お問い合わせ先

京都大学産学連携担当
株式会社TLO京都

〒606-8501
京都市左京区吉田本町
京都大学国際科学イノベーション棟3F
(075)753-9150
licensing_ku@tlo-kyoto.co.jp

IAC Institutional Advancement and Communications

TLO京都