

※課題番号 : F-12-KT-0033
※支援課題名 (日本語) : ナノ構造体の機械特性評価
※Program Title (in English) : Evaluation of Mechanical Property for Nano-components
※利用者名 (日本語) : 澄川貴志
※Username (in English) : Takashi Sumigawa
※所属名 (日本語) : 京都大学工学研究科機械理工学専攻
※Affiliation (in English) : Department of Mechanical Engineering and Science Graduate School of Engineering, Kyoto University

※概要 (Summary) :

ナノサイズの疲労挙動に及ぼす微視組織の影響を明らかにすることを目的として、粒界形状と結晶方位を特定したナノ構造体試験片を作製し、共振疲労試験を実施した。得られた結果をもとに、力学的検討を行い、疲労損傷の発生を支配する力学因子を明らかにした。

※実験 (Experimental) :

供試材には、シリコン (Si) 基板の上に厚さ 10 nm のチタン (Ti) 層、厚さ 200 nm の銅 (Cu) 薄膜および厚さ 1 μm の窒化ケイ素 (SiN) 層を堆積させた積層材料を用いる。試験片は、集束イオンビーム (FIB) を用いて供試材から作製する。試験部は、カンチレバー形状を有しており、Cu 薄膜が Si 基板と SiN 層によって拘束された構造となっている。Si 基板および SiN 層は単結晶およびアモルファス層である一方、Cu 薄膜は複数の結晶粒で構成された多結晶である。疲労においては、結晶粒同士の変形拘束に起因した微視的応力場がその損傷に影響を及ぼすと考えられることから、分析操作電子顕微鏡 (京都大学ナノテクノロジーハブ拠点 装置 No. C02) が具備する電子線後方散乱回折 (Electron Backscatter Diffraction: EBSD) 装置を用いて Cu 薄膜部に存在する結晶粒界の粒界形状および結晶方位を明らかにした。疲労試験は、試験片に共振振動を与えることで実施した。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

試験片に対して、特定の変位振幅を与え、 10^7 サイクルに達した時点で、さらに大きい変位振幅を与える漸増式の共振疲労試験を実施した。その結果、試験片の試験部に疲労損傷が生じると、共振周波数が変化し、変位振幅が急減することを明らかにした。変位振幅が

急減した後に試験を中止し、試験片表面に対して走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行った結果、Cu 薄膜の特定の結晶粒にナノサイズの突き出し・入り込みが生じていることを確認した。マクロ材で観察される突き出し・入り込みはミクロンオーダーであることから、ナノ材料特有の疲労組織である。さらに、Cu 薄膜の結晶学的情報を考慮した有限要素法 (FEM) 解析を実施し、観察された突き出し・入り込みが結晶粒界の変形拘束を考慮にいられた微視的応力場によって支配されていることを明らかにした。さらに、突き出し・入り込みの衝突により界面でき裂が発生することを示した。

※その他・特記事項 (Others) :

なし

共同研究者等 (Coauthor) :

なし

論文・学会発表

(Publication/Presentation) :

なし (H25 年度海外雑誌に投稿予定)

関連特許 (Patent) :

なし