

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	微小圧縮試験を用いた電析金属の機械的特性評価
Title(English)	Mechanical Property Evaluation of Electrodeposited Metals by Using Micro-Compression Test
著者(和文)	名越貴志
Author(English)	Takashi Nagoshi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9504号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:曾根 正人,里 達雄,加藤 雅治,細田 秀樹,稲邑 朋也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9504号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)

Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	材料物理学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	名越 貴志		指導教員 (主)： 曾根 正人
			指導教員 (副)： 里 達雄

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

めっき技術は表面装飾や防食、耐摩耗性処理などに用いられてきたが、最近では半導体集積回路配線や微小電気機械システムの作製における機械要素の造形にも広く応用されている。しかし、薄膜である電析金属の機械的評価手法は硬度測定が中心であり、より定量的かつ信頼性の高い評価技術の開発が求められている。本論文は **Mechanical Property Evaluation of Electrodeposited Metals by Using Micro-Compression Test** (微小圧縮試験を用いた電析金属の機械的特性評価) と題し、電析金属の機械的特性評価に最適な微小圧縮試験を簡便に実行できる手法を提案・実証し、更にめっき法によって製膜された金属に応用して機械的特性に対する内部組織や試料寸法の影響を考察した。本論文は以下の 6 章から構成されている。

Chapter 1 “General introduction”(緒言)では、めっき材料の微小領域評価の重要性を示し、本研究で提案する微小圧縮試験片作製及び試験法を説明しているとともに本研究の目的を述べた。

Chapter 2 “Mechanical properties of high pressure torsion processed ferrite” (高圧ねじり加工されたフェライトの機械的特性)では、前章において提案した圧縮試験において強度、延性の評価が可能であることを実証するため、高圧ねじり変形を受けた低炭素鋼の異なる領域における試験を行った。高いひずみ量の領域において動的再結晶が示唆され、結晶粒径の変化は見られなかったものの、均一歪の向上が見られた。これは動的再結晶が進むことによって内部のひずみが緩和され転位の更なる活動が容易になったことに起因しており、本試験法によって機械的特性の評価が可能であることを実証した。

Chapter 3 “Mechanical properties of copper electrodeposited with supercritical CO₂ emulsion” (超臨界 CO₂ エマルジョンを用いて電析された銅の機械的性質)では、超臨界 CO₂ エマルジョンを用いためっき法によって製膜された銅の微細組織と機械的特性との関連性を議論した。この方法で得られた銅皮膜では、室温で保持することによって再結晶が進行する自己焼なまし挙動を示した。めっきまは高い強度を持つ一方、自己焼なまし後の組織は従来めっき材と類似しており、同じレベルの純度と機械的特性を持つことから微細半導体配線への応用が期待できることを示した。

Chapter 4 “Mechanical properties of nickel electrodeposited with supercritical CO₂ emulsion” (超臨界 CO₂ エマルジョンを用いて電析されたニッケルの機械的性質)では、製膜されたニッケルの機械的特性を評価し、製膜時の圧力を変化させることにより制御された様々な粒径において機械的特性がどのような影響を受けるかを議論した。従来 20~10nm の領域から発現するとされる逆ホールペッチが 15MPa の反応圧力で製膜された結晶粒径 8nm の試料においても観察されず、3.5GPa 以上の高強度を持った。これは、超臨界 CO₂ エマルジョンでのめっきにおいて共析出した炭素が粒界に偏析し、粒界すべりによる変形を阻害したためであると結論づけた。

Chapter 5 “Sample size effect of electrodeposited nickel with sub-10nm grain size” (10 ナノメートル以下の粒径を有する電析ニッケルのサンプルサイズ効果)では、平均結晶粒径 8nm のニッケルから様々なサイズの圧縮試験片を作製し、ナノ結晶材料におけるサンプルサイズ効果を調査している。単結晶のサイズ効果係数が-0.25 であるのに比べてナノ結晶では低い-0.125 の係数を示した。一方、強度が 2.5GPa から 3.1GPa まで上昇し、明らかなサイズ効果を示した。この現象は、試料が小さくなることでナノ結晶材料における粒界すべり面が狭くなることによりすべりの活動に必要な応力が大きくなりことによって引き起こされると結論づけた。

Chapter 6 “General conclusions” (総括)では、各章において得られた結果をまとめ、本論文の結論を述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	材料物理学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of
学生氏名 : Student's Name	名越 貴志		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	曾根 正人	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	里 達雄	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The main purposes of the research for this thesis are to develop an accurate evaluation method of mechanical properties suitable for the electrodeposited films. Electroplating is important process to fabricate electronic devices such as micro-electro-mechanical system and integrated circuit. Evaluations of the materials used in these devices as 3D components should be conducted using micro-sized specimens. Square pillar fabrication method by FIB milling using vertical irradiations with respect to the pillar loading direction was successfully applied for preparation of non-tapered compression pillar.

Firstly, we demonstrate the testing method using high pressure torsion processed ferrite which possess large strain gradient inside. The micro-compression test reveals site specific mechanical properties of ultrafine grained ferrite with respect to the various strain amounts. High strength and decreased uniform strain by stress relief due to the dynamic recrystallization was observed as a proof of availability of the testing method.

Secondly, the testing method was applied for Cu and Ni films electrodeposited with supercritical CO₂ emulsion. Cu was found to have self-annealing phenomenon which is the recrystallization undergo at room temperature. High strength of as deposited Cu was decreased after storage of 2 months accompanied by grain growth and large number of annealing twins, which indicates the advantage on the IC technologies. Ni also shows outstandingly high strengths of 3.5 GPa in maximum compressive stress. High strengths was explained by the suppression of Hall-Petch effect owing to the incorporated carbon impurity while carbon segregate on grain boundary and suppress grain boundary sliding.

Thirdly, we discuss the sample size effect on the nanocrystalline Ni. Size dependent strength was found in both single crystal and nanocrystalline Ni with an exponent of -0.25 and -0.125 respectively. Sample size effect for nanocrystalline Ni was concluded to because of the decrease in the number of flat segments of grain boundaries for operation of grain boundary sliding.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).