T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	金及び金合金めっきの機械的強度の強化
Title(English)	Enhancement of Mechanical Strength in Electrodeposited Gold and Gold Alloys
著者(和文)	唐 浩峻
Author(English)	Hao-Chun Tang
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10981号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:曽根 正人,木村 好里,寺田 芳弘,細田 秀樹,三宮 工
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10981号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		Tang,　Hao-Chun	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	曽根　正人	教授	審査員	三宮　工	准教授
	審査員	木村　好里	教授			
		寺田　芳弘	准教授			
		細田　秀樹	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は “Enhancement of Mechanical Strength in Electrodeposited Gold and Gold Alloys (金及び金合金めっきの機械的強度の向上)”と題し，以下の全 6 章から構成されている．

第 1 章 “General Introduction (緒言)”では，微小電気機械システム（MEMS）デバイスへのめっき材料の応用について述べ，金めっき材料を利用することによる MEMS 加速度センサの高感度化に関する最近の開発動向に関して述べている．金めっき材料を加速度センサに応用するために，金めっき材料の強度向上の必要性を述べ，金属材料の強化機構や金属材料のサイズ効果を議論し，その上で本研究の着想に至った技術的背景ならびに研究の意義についてまとめ，本論文の目的を述べている．

第 2 章 “Fabrication of Ultra-Fine Grained Au by Electrodeposition Techniques (電析法による微細結晶粒金めっきの作製) ”では，様々な電気めっき法により純金めっき材料を合成し，得られた純金めっき材料から微小圧縮試験片を作製し，めっき作製法の違いにより機械的強度がどのように変化するかについて議論している．具体的には通常の定電流電気めっき法，パルスめっき法，超臨界二酸化炭素エマルションを用いた電解めっき法（EP-SCE）を用いて純金めっき材料を作製し，その結晶粒の形態を X 線回折法や走査型電子顕微鏡（SEM）により詳細に調べている．微小圧縮試験により得られた，通常のめっき法，パルスめっき法および EP-SCE により作製した純金の降伏強度はそれぞれ 380，540 および 520 MPa であることを示している．特にパルスめっき法および EP-SCE 法によって得られた高い降伏強度は細粒化強化機構に起因すると考察している．

第 3 章 “Galvanic Deposition of Au–Cu Alloys from Non-Cyanide Electrolyte（非シアン系めっき浴を用いた金-銅合金のガルバニ電析）”では，非シアンめっき浴を用いたガルバニ電析により金/銅合金めっきを合成し，異なる電流密度に対する金合金めっき皮膜の表面性状の変化や合金組成，結晶構造，結晶粒サイズ及び機械的強度を調べている．電流密度の上昇により，合金中の銅の組成は単調に増加するが，一方，結晶粒サイズは減少した後に電流密度 6 mA/cm^2 を境に増加に転ずることを明らかにしている．更に得られた金合金めっき材料から微小圧縮試験片を作製し，電流密度の違いにより機械的強度がどのように変化するかについて調べ，電流密度の上昇に伴い降伏応力は上昇し，6 mA/cm^2 で最大の降伏応力 1．15 GPa を示すが，それ以上になると材料が延性から脆性へと変化することなどを明らかにしている．

第 4 章 “Pulse Current Electrodeposition of Ultrahigh Strength Nano-crystalline Au–Cu Alloys（高

強度ナノ結晶金-銅合金のパルス電析）”では，第３章と同じめっき浴を用いてパルスめっきにより金/銅合金めっきを合成し，異なるパルス電流条件に対する金合金めっき皮膜の表面性状の変化や合金組成，結晶構造，結晶粒サイズ及び機械的強度を調べている．パルス電流を用いることで，銅組成を 10 at%から 53．6 at%まで変化できること，および電流密度を上昇し電流オフ時間を短くすることで結晶粒サイズを減少することができることを示している．更に得られた金合金めっき材料から微小圧縮試験片を作製し，パルス電流条件の違いにより機械的強度がどのように変化するかについて調査している．この結果，金合金材料の変形挙動は銅組成に強く影響を受け，銅が 35 at%を超えると延性から脆性に変化すること，得られた金-銅合金めっきは銅組成 36．9 at%で最大の降伏応力 1．50 GPa を示すことなどを明らかにしている．

第 5 章 “Microstructure of Electrodeposited Au–Cu Alloys Observed by High-Resolution Transmission Electron Microscopy (高分解能透過型電子顕微鏡を用いた金-銅合金めっきの微細構造)”では，本論文で合成した金合金めっき皮膜の微細構造を高分解能透過型顕微鏡により，結晶粒や双晶などの微細構造を精密に調べ，微小圧縮試験における変形挙動および高い降伏強度における微細構造の影響を議論している．この結果，X 線回折法で評価した結晶サイズは双晶サイズに対応し，本研究で合成した金合金めっきは，数十ナノメートル中の結晶粒内に数ナノメートルの双晶を有するという特異な組織となっていることを明らかにしている．

第 6 章“Summary and General Conclusion（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ている．

以上を要するに，本論文では高い機械的強度を有する純金めっきを，従来の定電流めっきやパルス電流めっき, EP-SCE などの電気めっき法を用いて微細構造を制御し高強度化すると同時に，微小圧縮試験により機械的強度を定量的に明らかにしている．更に定電流めっきやパルス電流めっきにおいて反応条件を変えることで，機械的強度や組成を制御できること，更に 1．50 GPa という高い降伏応力を有し延性を示す金合金めっき材料を実現できることを示している．また，高分解能透過型顕微鏡により，高い降伏強度を有する金合金材料ではナノ結晶粒内部により微細なナノ双晶を有する特異な組織となっていることを見出している．すなわち，本論文において，従来は柔らかい金属として知られていた金材料においても，電気めっき法により微細組織を制御することで高い降伏強度と延性を有するナノ結晶金合金材料を実現でき，高感度 MEMS 加速度センサの実現に貢献できることを示しており，工学上・工業上貢献するところが大きい．よって本論文は博士（工学）の学位論文として充分な価値があると認める．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は，東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので，公表可能な範囲の内容で作成してください．