

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	銅箔における繰り返し変形挙動の厚さ依存性に及ぼす結晶方位の影響
Title(English)	
著者(和文)	冠和樹
Author(English)	kazuki kammuri
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9818号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤居 俊之,加藤 雅治,細田 秀樹,稲邑 朋也,三宮 工
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9818号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

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	冠 和樹		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	藤居 俊之	教授	審査員	三宮 工	講師
	審査員	加藤 雅治	教授			
		細田 秀樹	教授			
		稲邑 朋也	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「銅箔における繰り返し変形挙動の厚さ依存性に及ぼす結晶方位の影響」と題し、全 6 章からなっている。

第 1 章「序論」では、銅箔の疲労寿命の厚さ依存性に関する既往の研究を概観し、フレキシブル配線板に用いられる厚さ数 μm から数百 μm の銅箔における疲労寿命の厚さ依存性のメカニズムが解明されていないこと、また、これまでの研究では疲労寿命の厚さ依存性の議論において結晶方位の影響が考慮されていないことを指摘し、本研究の目的と意義を述べている。

第 2 章「Cube 再結晶集合組織が発達した銅箔の疲労挙動」では、厚さ $33\mu\text{m}$ の工業用の純銅箔と Cube 再結晶集合組織が発達した Cu-Ag 箔を用いて繰り返し曲げ疲労試験および振動試験を実施し、両試料の疲労寿命を比較した結果、および試料表面と断面の観察結果を述べている。そして、Cube 再結晶集合組織の発達度が異なると、箔の表面に形成される intrusion と extrusion の形態も異なることを見出している。Cube 再結晶集合組織が著しく発達した箔の繰り返し変形では、複数のすべり系が同時に活動して幅の広い extrusion や intrusion が形成され、それが厚さ方向に進展するため、粒界でのき裂発生と進展が抑制されて疲労寿命が長くなると結論している。

第 3 章「Cube 再結晶集合組織が発達した銅箔における疲労転位組織の発達過程と厚さ依存性」では、Cube 再結晶集合組織が発達した Cu-Ag 箔をポリイミドフィルムと張り合わせた積層体を用いて、Cu-Ag 箔に圧縮変形が負荷される条件で繰り返し変形を行い、疲労転位組織の発達過程および疲労寿命を調査している。繰り返し変形によって結晶粒内に形成される転位組織は、銅箔の厚さによらず、応力軸に垂直な面に沿った(001)wall 組織が支配的であるものの、箔が薄くなるにつれて、wall 組織の形成が抑制されること、つまり、転位組織の発達が遅延することを明らかにしている。その一方、Cu-Ag 箔においては、垂直な結晶粒界面に沿ってき裂が伝播することが疲労寿命を支配する因子となり、箔が薄くなるほど疲労寿命が短くなることも明らかにしている。

第 4 章「単一すべり方位を持つ銅単結晶箔における繰り返し変形挙動の厚さ依存性」では、単一すべり方位を持ち、板面の結晶方位が $(21\bar{1})$ および $(5\bar{1}\bar{1})$ の 2 つの異なる単結晶銅箔を用いて、引張-引張の応力振幅制御疲労試験を行っている。板面方位によらず箔が薄くなるにつれて疲労寿命は短くなること、また、 $(5\bar{1}\bar{1})$ 材における疲労寿命の厚さ依存性は $(21\bar{1})$ 材のそれより顕著となることを見出している。さらに、同じ厚さで疲労寿命を比較すると、 $(5\bar{1}\bar{1})$ 材の方が $(21\bar{1})$ 材より短寿命になることを明らかにしている。これらの結果を、 $(21\bar{1})$ 材と $(5\bar{1}\bar{1})$ 材におけるすべりの幾何学を考慮し、繰り返し変形に伴う実質的なすべり面積の減少率の厚さ依存性が 2 つの銅箔で大きく異なることから説明している。

第 5 章「(100)単結晶箔における疲労寿命の厚さ依存性」では、第 3 章で疲労寿命に及ぼす結晶粒界の影響を、そして第 4 章で疲労寿命に及ぼす表面ステップの影響を示したことを受けて、疲労寿命の真の厚さ依存性を探るために、多重すべり方位の(100)単結晶箔を用いて圧縮変形が負荷される疲労試験を行っている。その結果、(100)単結晶箔の疲労寿命は多結晶の Cu-Ag 箔より長くなること、また、第 3 章における Cu-Ag 箔の結果とは異なり箔が薄いほど寿命は長くなることを明らかにしている。さらに、繰り返し変形によって形成される疲労転位組織は、いずれの厚さの箔においても応力軸に垂直

な(001)wall組織が発達するものの、箔が薄くなるにつれて(001)wall組織の発達が抑制されることを示している。そして、一連の研究結果から、箔の繰り返し変形では、結晶粒界や表面ステップの影響がなければ、箔が薄くなるにつれて本質的には疲労寿命が長くなると結論している。

第6章「結論」では、本論文で得られた結果を総括し、単結晶箔を用いた疲労試験によって初めて明らかとなった疲労寿命の厚さ依存性の意義を述べている。また、この研究分野の課題を指摘すると共に、今後期待される研究の発展性を具体的に提示している。

以上を要するに、本論文は再結晶集合組織を有する銅箔および単結晶銅箔を用いて繰り返し変形挙動の厚さ依存性を詳細かつ系統的に調査し、銅箔が示す疲労寿命の厚さ依存性の支配因子を特定するとともに、箔の繰り返し変形機構について多くの新しい知見を得たものであり、工業上、工学上、貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

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。