

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Control of Chemical Durability and Electrical Properties of Ag Thick-Film Conductors Containing Borosilicate or Tellurite Glass Frits
著者(和文)	橋勇介
Author(English)	Yusuke Tachibana
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11774号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉本 護,舟窪 浩,北本 仁孝,和田 裕之,松田 晃史
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11774号, Conferred date:2022/3/26, 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	橋 勇介	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	吉本 護	教授	松田 晃史	講師
	審査員	舟窪 浩	教授		
		北本 仁孝	教授		
和田 裕之		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Study on Control of Chemical Durability and Electrical Properties of Ag Thick-Film Conductors Containing Borosilicate or Tellurite Glass Frits” (ホウケイ酸塩系又はテルル酸塩系ガラスフリットを含む銀厚膜導体の化学的耐久性と電気特性の制御に関する研究) と題し、英文で全6章より構成されている。

第1章 “General Introduction” では、本研究の背景として、厚膜導体に関連した研究開発の歴史、その物理的・化学的特性、および電子回路形成プロセス、基材、厚膜導体成形に用いられるガラスフリット (粉末)、市場等に触れ、また環境上の社会的要請からガラスフリットの無鉛化が求められること、さらに厚膜導体の化学的耐久性、特に耐酸性および導電性や接触抵抗等の電気特性は、実用的用途、電子部品・回路の組み立て工程、および設計に合わせた制御が必要となることを述べ、それらの材料設計上の対策の重要性を示し、本研究の目的及び意義を明らかにしている。

第2章 “Analytical Methods and Instruments” では、ガラスフリット及び銀厚膜導体の特性評価に用いた分析手法、装置、原理を述べている。ガラスフリットの特性評価には、示差熱・熱重量測定装置、レーザー回折/散乱式粒子径分布測定装置、X線回折装置 (XRD)、乾式密度計、球引き上げ粘度計を用いている。銀厚膜導体では、XRD、エネルギー分散型 X 線分析を備えた走査型電子顕微鏡 (SEM)、走査型透過型電子顕微鏡 (STEM) を用いて特性評価している。また、厚膜材料の耐酸性試験、接触抵抗率測定、半田喰われ (浸食) 試験の方法詳細について述べている。

第3章 “Glass Frit Preparation for Ag Thick-Film Conductors and Characterization” では、銀厚膜導体成形時に用いる各種組成のガラスフリットの作製方法や特性を示している。また得られたガラスフリットの熱的特性、粒度分布、結晶構造、密度、および熔融粘度を評価している。

第4章 “Effect of Micro-Crystallization of Alkali and Alkaline-Earth Borosilicate (AEB) Glass on the Acid Durability in Ag Thick-Film Conductor” では、厚膜中で低熔融のアルカリ・アルカリ土類ホウケイ酸 (AEB) 系ガラスフリットに MgO 粉を含有混合させると、熱処理中に銀厚膜内に微結晶が析出することで、成形後の銀厚膜導体の耐酸性が向上することを見出している。XRD 測定から、(Ba, Sr)Al₂Si₂O₈ に帰属される微結晶が析出したと述べている。酸浸漬後の銀厚膜導体の SEM 断面観察からも、MgO 粉を添加した場合は、溶出したガラス相が少ないことを確認している。また剥離強度試験において、酸浸漬時間が長くなるにつれて、銀厚膜導体とアルミナ基板との密着強度が徐々に低下し、破壊モードが、銀厚膜導体層内破壊から銀厚膜導体と基板との界面剥離へと移行することを見出している。MgO 粉を添加した銀厚膜導体では、この剥離強度の低下が MgO 粉無添加よりも緩やかであると述べている。

第5章 “Reduction in Contact Resistivity of Ag Thick-Film Conductor on SiNx-Coated Si Wafer Using Lead Tellurite (PT) Glass Frit” では、鉛ホウケイ酸 (PS) ガラスフリットまたは鉛テルル酸 (PT) ガラスフリットを含む銀厚膜導体における種々の物性比較として、熱処理後の銀厚膜導体での窒化珪素膜被覆シリコン基板上での濡れ性、窒化珪素層との化学反応性、形成される銀厚膜導体の断面構造、および導電性基板との接触抵抗率などの結果を述べている。PT ガラスフリットのガラス転移点は PS ガラスよりも低い、約 230°C であり、熔融粘度は 650°C 以上で 1Pa·s 以下を示したことから、PT ガラスフリットは PS ガラスフリットより、シリコン基板上で、より優れた濡れ性を示すことを述べている。また PT ガラスフリットを含む銀厚膜導体をシリコン基板上で 750°C 焼成すると、基板との接触界面で非常に薄いガラス層の形成を観察している。一方、XRD 測定より、PT ガラスフリットは PS ガラスフリットよりも窒化珪素層と高い化学反応性を有することが明らかにしている。さらに PS ガラスフリットを含む銀厚膜導体と比較すると、PT ガラスフリットを含む銀厚膜導体のシリコン基板上の接触抵抗率は 1/10 以下であることを見出している。PT ガラスフリットを用いた銀厚膜導体形成に

におけるシリコン基板上窒化珪素層とのより高い反応性と基板界面でのより薄いガラス層の形成が、PSガラスフリットの場合よりも低い接触抵抗率を可能にしたと考察している。

第6章 “General Conclusions” では、本研究で得られた成果を総括している。

以上を要するに本論文は、電子部品・回路組み立て工程などに広く応用されている銀厚膜導体の化学的および物理的特性を、環境対応ならびに機能向上の観点から制御することをめざしたものである。その結果、銀厚膜導体に対する新たな材料設計手法について独自に提案・確立しており、工学上および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。