



Title	マイクロサイズ銀粒子の低温焼結を利用した発光ダイオードのダイアタッチ材料に関する研究
Author(s)	藏本, 雅史
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58357
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	くら 藏本雅史
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第24560号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
	工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	マイクロサイズ銀粒子の低温焼結を利用した発光ダイオードのダイアタッチ材料に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 菅沼 克昭 (副査) 教授 上西 啓介 教授 南埜 宜俊 教授 安田 秀幸 教授 浅田 稔 教授 中谷 彰宏 教授 平田 勝弘

論文内容の要旨

本研究では、マイクロサイズ銀粒子が200°C付近より大気中で焼結する現象を利用し、発光ダイオード(LED)のダイアタッチ材料としての利用を試み、接合強度、熱抵抗、光線反射率、電気抵抗率、耐光性、コストと言ったLEDダイアタッチ材料に求められる全ての性能で、従来用いられているエポキシ銀ベース接着剤を大きく上回る性能を得ることができた。また、本材料が光学素子ダイアタッチ用途において、環境負荷の大きな高温鉛はんだを代替できる可能性があることを確認できた。

マイクロサイズ銀粒子の焼結膜はダイアタッチ材料として十分な強度を示し、その接合強度は銀粒子の形状、粒径の影響を大きく受け、粒子間が緻密かつ接触面積が大きくなるよう最適化することにより改善されることを明らかにした。熱伝導性良好な銀の金属結合により形成された本材料をダイアタッチとすることにより、パワーLEDの重要な設計要素である熱抵抗を10%削減することに成功した。さらには、本材料が同様な銀粒子をベースとし銀粒子間の接触により電気的導通を確保しているエポキシ銀ベース接着剤に比べ、桁違いに低いバルク銀に迫る電気抵抗率($4.82 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$)を有することを確認できた。大気中200°Cの焼成条件では、プラスチックス材料よりもLEDリフレクターが酸化熱変色した。これを防止するため焼成雰囲気の酸素ガス濃度を削減したところ、焼結性に明らかな酸素ガス濃度依存性が存在することを見出した。そして、酸素ガスの増大に従い接合強度すなわち焼結性が改善されることを明らかにした。これらの性質より、本材料は酸化熱変色が生じ難く、元来熱抵抗の大きなセラミック・パッケージLEDのダイアタッチ材料として好ましいことを確認できた。

セラミック・パッケージLEDでは、銅合金リードフレーム上よりも本材料の接合強度が優れていることを明らかにした。熱膨張係数の小さなLEDダイスとセラミック・パッケージ間の接合信頼性改善のため、銀粒子へコバルト粒子を混合させることにより焼結膜の熱膨張を抑制することができた。コバルト粒子を添加することにより、接合強度は低下する傾向であったが、粒子の混合と言う簡単な方法で機械物性を変化させることができる可能性を示すことができた。

マイクロサイズ銀粒子のTPD-MS分析より、酸素ガス吸着が顕著となる温度と焼結が活発化する温度が、ほぼ一致することを明らかにした。また焼結過程において銀粒子は酸素ガスを脱離することのないことを確認した。さらには、マイクロサイズ厚みの銀コーティングが施された基板間も同様に低温焼結が進行することを明らかにし

た。銀コーティングが施された基板の表面モルフォルジ変化から、銀が酸素ガスを吸着することにより、銀結晶粒径の粗大化が促進されることを確認した。銀/銀で接触している部分での接合開始メカニズムは明確ではないが、この粗大化が接合を進行させているものと考えられた。

本成果は近年普及がめざましい照明用パワーLEDの性能改善に大きく寄与するものであり、省エネルギー面での社会貢献が可能と成り得る。また、半導体ダイアタッチ用途の高温鉛はんだを置き換えることができれば、環境対策ともなる技術であると期待している。

論文審査の結果の要旨

照明用途に急速に市場形成が進み始めたハイパワー発光ダイオード(LED)の開発においては、ダイアタッチ材料などのハイパワー化に相応しい材料開発への要求が高まっている。本研究では、マイクロサイズ銀粒子が200°C付近より大気中で焼結する現象を利用し、LEDのダイアタッチ材料としての利用を試み、接合強度、熱抵抗、光線反射率、電気抵抗率、耐光性などのLEDダイアタッチ材料に求められる性能を調べ、従来技術に比較して優れた新たな技術への提案を行っている。主な成果は、以下のようにまとめられる。

(1) マイクロサイズ銀粒子の焼結膜はダイアタッチ材料として十分な強度を示し、接合強度は銀粒子形状、粒径の影響を大きく受け、これらの因子の最適化指針を提案した。
(2) 热伝導が良好な銀焼結により形成された本材料をダイアタッチすることにより、パワーLEDの重要な設計要素である熱抵抗の大幅な削減に成功した。さらには、本材料が同様な銀粒子をベースとするエポキシ銀ベース接着剤に比べ圧倒的に低い電気抵抗率($4.82 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$)を有することを確認できた。

(3) 大気中200°Cの焼成条件ではプラスチックスLEDリフレクターが酸化熱変色したが、これを防止するため焼成雰囲気の酸素ガス濃度を削減したところ焼結性に明らかな酸素ガス濃度依存性が存在し、最適条件を見いだした。
(4) 酸素ガスの増大に従い接合強度が改善され、本材料は酸化熱変色が生じ難く元来熱抵抗の大きなセラミック・パッケージLEDにより好ましいことを確認できた。
(5) セラミック・パッケージでは銅合金リードフレーム上よりも本材料はより高接合強度が得られることを明らかにした。熱膨張係数の小さなLEDダイスとセラミック・パッケージ間の接合信頼性改善のため銀粒子へコバルト粒子を混合することにより焼結膜の熱膨張を抑制した。

(6) 樹脂粒子を銀粒子へ混合した導電性ベース接着剤を開発し、ポリスチレン等の100°Cを少し超えた低温で溶融流動する樹脂粒子は焼結を阻害するが、ジビニルベンゼンで架橋構造を導入した架橋型PMMA樹脂粒子を含むベーストを使用することによりプラスチック材料へも接合させることに成功した。

(4) マイクロサイズ銀粒子のTPD-MS分析より、酸素ガス吸着開始温度と焼結開始温度がほぼ一致することを明らかにした。また、焼結過程において銀粒子は酸素ガスを脱離することのないことを確認し、マイクロサイズ厚みの銀コーティングが施された基板間でも同様に低温焼結が進行することを明らかにし、酸素ガスを吸着することにより銀結晶粒径の著しい成長を起こすことを確認し、低温焼結の基本プロセスであることを明らかにした。

以上のように、本論文は照明用パワーLEDの性能改善に望まれる高機能ダイアタッチ材料の評価を通して新たな提案を行い、この分野で産業界へ大きく寄与するものであり省エネルギー面の社会貢献を実現する。また、半導体ダイアタッチ用途の高温鉛はんだを置き換えることができれば環境対策ともなると期待される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。