



Title	Metal-to-Metal Bonding Process Using Ag Nanoparticles and Its Application to Die-attachment of Semiconductor Chip
Author(s)	井出, 英一
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46960
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 井 出 英 一

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 20329 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科生産科学専攻

学 位 論 文 名 Metal-to-Metal Bonding Process Using Ag Nanoparticles and Its Application to Die-attachment of Semiconductor Chip
(銀ナノ粒子を用いた金属接合プロセスと半導体チップダイアタッチメントへの適用)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 小林紘二郎

(副査)

教 授 藤本 公三 教 授 池内 建二 助教授 廣瀬 明夫

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、ナノ粒子の有する単位体積当たりの多大な表面エネルギーを駆動力することで、従来の接合法よりも低温での金属接合が可能になるナノ粒子を用いた接合法を提案し、その開発と、現行で代替が困難とされている高温はんだの代替プロセスへの適用性を検討した。

第 1 章では、本研究の背景としてナノ粒子の特性と、ナノ粒子を工業的に用いるために開発された有機・銀複合ナノ粒子・複合型銀ナノ粒子の特性を示した。次に、ナノ粒子を用いたアプリケーション・高温はんだ代替プロセスについての背景と本研究の目的・流れについて記した。

第 2 章では、市販の有機・銀複合ナノ粒子と本研究で新たに開発した複合型銀ナノ粒子の熱・焼成特性について調査を行った。その結果、複合型銀ナノ粒子については、有機・銀複合ナノ粒子と炭酸銀を複合化した構造を有するため、市販の有機・銀複合ナノ粒子よりも低温での接合が可能である熱特性を有することを明らかにした。また、炭酸銀複合化による低温化機構を明らかとした。

第 3 章では銀の粒子サイズが Cu との接合性に及ぼす影響を調査するとともに、ナノ粒子の最大の特徴である単位体積に対する多大な表面エネルギーを利用した接合が可能であるかの検証を組織観察、強度測定、破面観察により行った。この結果、粒径約 100 nm の銀微粒子では、Cu との接合はアンカー効果と呼ばれる物理的な接合となり、約 5 MPa という低強度であったが、ナノ粒子を用いた Cu との接合形態は冶金的接合であるために約 40 MPa の高強度が得られた。

第 4 章では市販の有機・銀複合ナノ粒子と複合型銀ナノ粒子について、Cu との接合性を比較した。その結果、各ナノ粒子の熱特性結果を反映して、複合型銀ナノ粒子が最も優れた接合性を有することが明らかになった。そこで、複合型銀ナノ粒子と Cu との接合機構の解明を行った。

第 5 章では、複合型銀ナノ粒子と各種金属との接合性を調査した。その結果、被接合材の酸化皮膜安定性が低い順に接合強度は高くなり、CO あるいは CO₂ よりも酸化物生成標準自由エネルギーが高い金属が金属接合が可能な被接合材と考えられた。これは、銀ナノ粒子を被覆する有機殻が分解する際に生成する有機成分によって、金属表面の酸化皮膜を還元、分解する作用があるためであった。また、酸化物が安定なために良好な接合性が得られない金属に対しては、その表面に接合性が良好な Cu、Ag、Au などのコーティングを施すことにより、接合可能となることを明らかにした。

かとした。

第6章では、各種接合パラメータがCuとの接合性に及ぼす影響を調査した。その結果、接合性に影響を及ぼすパラメータは接合温度と加圧力であった。また、接合温度の影響は低加圧側に現れ、接合温度の上昇にともない継手強度が向上した。加圧力の上昇は継手強度を向上させる傾向が見られ、その効果はより低温側の接合温度に大きく現れた。さらに、現行の高温はんだであるPb-5Sn、Pb-10Snはんだのリフロー温度以下の温度で、それらを用いた接合継手に匹敵する、あるいは上回る強度が得られることが明らかとなった。

第7章では本接合法をダイアタッチに適用するために、Siチップ継手の熱サイクル試験や焼成銀層の電気抵抗率の測定を行った。その結果、銀ナノ粒子を用いて接合したSiチップは、 $-50\sim 300^{\circ}\text{C}$ という熱サイクル試験後にも良好な接合状態を維持し、高温はんだの融点近傍に相当する高温環境下において適用できる可能性を有することが示唆された。次に、 $300^{\circ}\text{C}\cdot 5\text{ min}\cdot 5\text{ MPa}$ で作製した焼成銀層の電気抵抗率は $2.39\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ と鉛はんだの8分の1であり、銀ナノ粒子を用いて接合した継手は優れた電気・熱伝導性を有することが明らかとなった。

第8章では、本研究開発で得られた成果をまとめ、本研究論文の総括を行った。

論文審査の結果の要旨

本論文では、ナノ粒子の有する単位体積当たりの多大な表面エネルギーを駆動力することで、従来の接合法よりも低温での金属接合が可能になる新しいプロセスを提案している。そしてその接合プロセスの確立を行うとともに、現行で代替が困難とされている高温はんだの代替プロセスへの適用性を検討している。具体的には、市販の有機銀複合ナノ粒子と本研究で新たに開発した複合型銀ナノ粒子について、その熱・焼成特性と接合性について系統的に調査し、複合型銀ナノ粒子の優位性を明らかにするとともに、そのエレクトロニクス実装への適用性の検討を行い、以下の知見を得ている。

① 各銀ナノ粒子の熱・焼成特性

複合型銀ナノ粒子については、有機銀複合ナノ粒子と炭酸銀を複合化した構造を有するため、市販の有機銀複合ナノ粒子よりも低温での有機殻分解が可能である熱特性を有することを明らかにしている。さらに、炭酸銀複合化による有機殻分解の低温化機構を示している。

② 銀の粒子サイズがCuとの接合性に及ぼす影響

粒径約100 nmの銀微粒子では、Cuとの接合はアンカー効果と呼ばれる物理的な接合となり、約5 MPaという低強度であるが、ナノ粒子を用いたCuとの接合形態は冶金学的接合であるために約40 MPaの高強度が得られることを明らかにしている。

③ 各銀ナノ粒子の接合性評価

市販の有機銀複合ナノ粒子と複合型銀ナノ粒子について、Cuとの接合性を比較した結果、各ナノ粒子の熱特性結果を反映して、複合型銀ナノ粒子が最も優れた接合性を有することを明らかとしている。さらに、複合型銀ナノ粒子とCuとの接合機構を提示している。

④ エレクトロニクス実装への適用

接合パラメータとして、接合温度・保持時間・加圧力の影響を系統的に調査することで、現行の高温はんだであるPb-5Sn、Pb-10Snはんだのリフロー温度以下の温度で、それらを用いた接合継手に匹敵する、あるいは上回る強度が得られることを明らかとしている。また、銀ナノ粒子を用いて接合したSiチップは、 $-50\sim 300^{\circ}\text{C}$ という熱サイクル試験後にも良好な接合状態を維持し、高温はんだの融点近傍に相当する高温環境下において適用できる可能性を有することを示唆している。次に、 $300^{\circ}\text{C}\cdot 5\text{ min}\cdot 5\text{ MPa}$ で作製した焼成銀層の電気抵抗率は鉛はんだの8分の1であり、銀ナノ粒子を用いて接合した継手は鉛はんだよりも優れた電気・熱伝導性を有することを明らかにしている。

以上のように、本論文は銀ナノ粒子と銀ナノ粒子を用いた接合法について、その特性とメカニズムを体系的に調査したもので、学問的に価値が高い。さらに、本接合法は、現行で代替が困難とされている高温はんだの代替プロセスへの適用が期待でき、今後の実装技術開発に大きく寄与すると評価できる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。