

Title	Influence of crystallographic orientation of Sn on electromigration behavior of lead-free solder joint
Author(s)	李, 奇柱
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59249
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	李 奇 柱 (Ki ju Lee)
博士の専攻分野の名称	博士 (工学)
学位記番号	第 24928 号
学位授与年月日	平成23年9月20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	Influence of crystallographic orientation of Sn on electromigration behavior of lead-free solder joint (鉛フリーはんだ接合部のエレクトロマイグレーションに及ぼす結晶方位の影響)
論文審査委員	(主査) 教授 菅沼 克昭 (副査) 教授 南埜 宣俊 教授 安田 秀幸

論文内容の要旨

近年、製品の小型化、高密度化に伴い、フリップチップはんだ接続部のサイズは数十 μm まで小さくなり、より狭間隔で配列されるようになった。そのため、微細はんだ接続部の電流密度は更に高くなり、エレクトロマイグレーション (EM) 現象による不良の発生が懸念されている。EM現象は、金属原子と流れる電子との相互作用による金属拡散現象である。EM現象は、電子製品の使用中に金属配線の断線故障や近接配線との短絡故障を起こす原因の一つであり、数百個のはんだボールで接続するフリップチップでは、EM現象による劣化過程ははんだボールによって異なるため寿命予測が難しい。鉛フリーはんだの主元素であるすずは、強い異方性を持つ元素であり、軸方向に依存して原子の拡散速度が常温時約500倍異なる。この拡散速度の異方性により、EM現象が結晶方位によって異なる可能性が高い。本研究では、すず結晶方位と電流方向との相関関係に着目し、フリップチップ接合部の不規則なはんだボール劣化の原因を明らかにすることを目的とした。

Sn-Ag-Cuはんだによるフリップチップ接合を作り、EM現象による劣化の状態を観察した。電流密度が $15\text{kA}/\text{cm}^2$ の条件で、EM現象及び劣化速度差の原因の調査を行った。抵抗値は、試験開始から徐々に上昇し、変化率が5%になると急速に上昇し、最終的には導通不良になる。同条件で試験した試料でも、導通不良になる時間大きく差が生じた。断面組織観察から、カソード側からの銅拡散によるポイドやクラックの発生と成長が導通不良の原因であると判明した。組織の詳細な観察から、すず結晶c軸と電子の流れが垂直に近い場合、銅拡散は遅くなり、EM現象による劣化の程度は少ない。しかし、すず結晶のc軸と電子の流れが平行に近い場合、銅の拡散速度は速くなり、ポイドの発生やクラックの伸展などEM現象による劣化が著しく生じた。

純すずにインジウムを多量添加し、結晶粒の大きさを調整した場合のEM現象について調べた。インジウムの4wt%以下の添加では、純すずと同様に粗大な結晶粒となるが、インジウムを8%以上添加すると、すず結晶組織が微細等方性となった。 $10\text{kA}/\text{cm}^2$ の条件でEM評

価をした結果、インジウム添加量が8%と16%はEM寿命が顕著に長くなった。断面組織観察から、4%インジウム添加ではアノード側に粗大金属間化合物が成長し、カソード側には界面全面にクラック形成が観察された。一方、インジウム添加量が8%以上になると、アノード側の粗大金属間化合物、カソード側のクラック形成の何れも著しく抑制された。これは、インジウムの多量添加により結晶粒が微細化され、金属間化合物が粒界に形成される特異な構造が原因である。すなわち、インジウムの多量添加で組織が微細等軸晶化し、EM現象を促進する異方性高速拡散が抑制され、結果としてEM劣化を抑制し長寿命化が可能になったと言える。

以上、本論文では、フリップチップ微細接続部のEM現象を調べ、すず結晶の異方性が大きく劣化現象に影響することを見だし、さらにインジウム多量添加で組織微細化しEM現象による劣化を抑制できることを示した。

論文審査の結果の要旨

近年、電気電子機器の小型化、高密度実装化に伴い、はんだ微細接続部の電流密度は高くなり、エレクトロマイグレーション (EM) 現象による接続不良の発生が懸念されている。鉛フリーはんだの主元素であるすずは、結晶に強い異方性を持つ元素であり、結晶方位に依存した拡散速度の差でEM現象が影響を受ける可能性が高い。本研究では、すず結晶方位と電流方向との相関関係に着目し、微細フリップチップ接合部の不規則なはんだボール劣化の原因を明らかにすることを目的とした。主な成果は、以下のようにまとめられる。

- (1) Sn-Ag-Cuはんだによるフリップチップ接合を作り、電流密度が $15\text{kA}/\text{cm}^2$ の条件でEM現象の調査を行った。抵抗値は、試験開始から徐々に上昇し、変化率が5%になると急速に上昇し、最終的には導通不良になるが、同条件で試験した試料でも、導通不良になる時間に大きな差が生じた。
- (2) 断面組織観察から、カソード側からはんだ中への銅拡散によるポイドや亀裂の発生と成長が導通不良の原因であると判明した。組織の詳細な観察から、すず結晶のc軸と電子の流れが垂直に近い場合、銅拡散は遅くなり、EM現象による劣化の程度は少ない。しかし、すず結晶のc軸と電子の流れが平行に近い場合、銅の拡散速度は速くなり、ポイドの発生や亀裂の伸展などEM現象による劣化が著しく生じた。
- (3) 純すずにインジウムを多量添加し、結晶粒の大きさを調整した場合のEM現象について調べた。インジウムの4wt%以下の添加では純すずと同様に粗大な結晶粒となるが、インジウムを8%以上添加するとすず結晶組織が微細等方性となった。
- (4) $10\text{kA}/\text{cm}^2$ の条件でEM評価をした結果、インジウム添加量が8%と16%は接続寿命が顕著に長くなった。4%インジウム添加ではアノード側に粗大金属間化合物が成長し、カソード側には界面全面に亀裂形成が認められた。一方、インジウム添加量が8%以上になると、アノード側の粗大金属間化合物、カソード側の亀裂形成の何れも著しく抑制された。
- (5) インジウムの多量添加がEM現象に及ぼす影響は、すず結晶粒微細化と金属間化合物が粒界に沿って形成される特異な構造によるもので、組織が微細等軸晶化し、EM現象を促進する異方性高速拡散が抑制された結果であることを明らかにした。

以上、本論文では、フリップチップ微細接続部のEM現象を調べ、すず結晶の異方性が大きく劣化現象に影響することを見だし、さらにインジウム多量添加で組織微細化しEM現象による劣化を抑制できることを示した。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。