



Title	High-power semiconductor die-attachment : Application of Zn with minor metal additions
Author(s)	Park, Sungwon
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27585
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	朴 聖 源 (Sungwon Park)
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 2 6 1 7 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 25 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	High-power semiconductor die-attachment: Application of Zn with minor metal additions (高出力半導体ダイアタッチ技術: 微量元素添加 Zn の応用)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 菅沼 克昭 (副査) 教 授 安田 秀幸 准教授 古矢 真人 教 授 浅田 稔 教 授 中谷 彰宏 教 授 平田 勝弘 教 授 南埜 宣俊

論 文 内 容 の 要 旨

ワイドギャップ半導体であるSiCは、絶縁破壊電圧が高く高温動作が可能であり、次世代パワーデバイスとして注目されている。その動作温度は250℃になると期待されており、従って、300℃程度まで耐えられる実装材料が必要とされている。特に、ダイアタッチ材料には、優れた耐熱性に加えて、従来のダイアタッチ材料にない高い放熱特性や耐疲労性が要求され、これらの厳しい条件を満足できるダイアタッチ技術の開発が急がれている。これまでダイアタッチ材料として用いられていた高温はんだは約85 - 97wt%のPbを含有しており、世界的な鉛フリー化の中で代替材料の開発が強く求められている。これまで、鉛フリー高温はんだとして、Bi-2.5Ag、Au-20Sn/Au-3Si、Zn-Al、Zn-Sn、Cu-Sn、Sn-Sb合金等が提案されているが、これらの鉛フリー高温はんだには様々な問題が報告されている。以上の背景より、高い信頼性を有する新たなダイアタッチ材料の開発が必要となっている。

純Znはんだは、融点が420℃とワイドギャップパワー半導体の動作温度より十分に高く、従来の高温はんだ材料と比較して、低い電気抵抗率 ($6 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$) と優れた熱伝導率 (114 W/mK) を有し、SiCのダイアタッチ材料として注目されている。

一方、純Znは比較的脆性で酸化速度が速いため、ダイアタッチ高信頼性を得るためには、延性付与と大気中や高温高湿環境における耐酸化性改善が必要とされる。そこで本学位論文では、金属間化合物を多量に形成しない範囲で、他の元素を微量添加し、Znの延性改善と酸化の抑制について調べた。微量元素を添加することで、Znの結晶粒微細化による延性改善に効果があり、酸化抑制にも効果があることが明らかになった。

微量元素を添加したZnを高温はんだとして用い、Cu基板との界面反応を調べ、SiCダイとDBC基板のダイアタッチ信頼性を評価した。微量元素添加はCu基板とZnはんだ間の金属間化合物成長を抑えると共に-50～300℃範囲の熱衝撃試験でもクラックが全く発生せず、優れた信頼性を示した。

微量元素を添加した純Znはんだは、優れたSiC用ダイアタッチはんだ候補と成り得ることが明らかとなった。さらに、Znはコストにおいても非常に高いメリットを有している。以上の結果から、微量元素を添加したZnは、次世代SiCパワーデバイスのダイアタッチ材料として期待できる材料であると結論した。

論文審査の結果の要旨

ワイドギャップ半導体であるSiCは、絶縁破壊電圧が高く高温動作が可能であり、次世代パワーデバイスとして注目されている。その動作温度は250℃に及ぶことが期待されており、従って、動作安全範囲を見込んで300℃程度まで耐えられる実装材料が必要とされる。なかでも、ダイアタッチ材料には、優れた耐熱性ととともに、従来のダイアタッチ材料にない高い放熱特性や耐熱疲労性も要求され、これらの厳しい条件を満足できるダイアタッチ技術の開発が急がれている。

本研究では、ダイアタッチ材料として注目されている純Znはんだへの微量元素の添加に着目し、はんだ材料としての特性変化とダイアタッチ信頼性を調べた。純Znに、金属間化合物を多量に形成しない範囲で、Cr、Ti、Ca等の他の元素を微量添加し、Znの延性改善と酸化の抑制について評価した。主な成果は、以下のようにまとめられる。

- (1) 微量元素の添加は、Znの結晶粒微細化による延性改善と酸化抑制の両方に効果がある。なかでも、Crの0.1wt%程度添加合金が、耐酸化性の向上に最も優れた抑制を示す。
- (2) 微量元素を添加したZnを高温はんだとして用い、Cu基板との界面反応を調べ、SiCダイとDBC基板が良好にダイアタッチされる。微量元素添加はCu基板とZnはんだ間の金属間化合物成長を抑えると共に、-50～300℃範囲の熱衝撃試験でもはんだ中に亀裂の発生がない優れた信頼性を示す。
- (3) 純Znを用い、メタライズ無しでSiウェハの直接接合が可能である。この接合は、Zn-Siの自己制御型共晶反応により穏やかな反応で進行し、粗大な化合物層を形成しない。これによって、既存のAu系はんだを用いる場合より優れた接合強度を示す。さらに自己反応制御ができることで、接合界面におけるSiの急激な拡散によるボイドの形成を抑制することができる。

以上、本論文では、微量添加元素が純Znダイアタッチ材料の延性や耐酸化性を改善することを見いだし、また、純ZnはんだがSiウェハとメタライズ無しで直接接合できることを明らかにし、優れた新世代のパワー半導体デバイス用ダイアタッチはんだと成り得ることを明らかにした。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。