

SiCパワーデバイス用高温耐熱実装技術

～ Fe-Niインバー合金めっき接合による高温耐熱接続技術～

Keyword : 高温耐熱接合、SiCパワーデバイス実装、応力緩和型接合構造

■ 研究シーズの目指すところ

省エネルギーデバイスとして注目されてきたSiCパワー半導体は電気自動車などへの本格的な採用が始まり、実用化が急速に進展している。SiC等のワイドバンドギャップ半導体は、高温での使用が可能なることから、従来広く使用されてきた半田などの実装接続材料に代えて、あらたな高融点材料による接合が望まれてきた。Agナノ粒子による接合は比較的低温で焼結接合が可能で、焼結後はバルク材の融点となり、高耐熱性を有することから、実用化が始まっている。また提案者らが開発したNiメッキ接合（NMPB）〔1〕は55℃のメッキ溶液中で接合ができ、接合後は高温熱サイクルにも極めて優れた信頼性を示す。しかしながら、焼結Ag、メッキNiなどの接合材料、基板電極などの金属材料は、いずれもSiやSiC半導体材料との熱膨張（CTE）差が大きく、延性も十分でないことから、熱応力により、チップ損傷をもたらすことが懸念されている。本技術はこれらの課題を解決すべく、チップ電極上にチップ材料と同等の熱膨張率を有するFe-Niインバー合金をメッキにより形成するものである(図1)。(特許出願:特願2022-137056、PCT/JP2023/018085)

■ 研究シーズの特徴

Fe-42%Ni合金は低熱膨張合金として、圧延リードフレームなどが使用されてきたが、電気めっきによるチップ積層構造として、チップへの熱応力緩和効果を検討した例はほとんどない。Al電極上無電解Ni-P層を代替。パワーデバイスの両面電極等へ適用が期待できる。

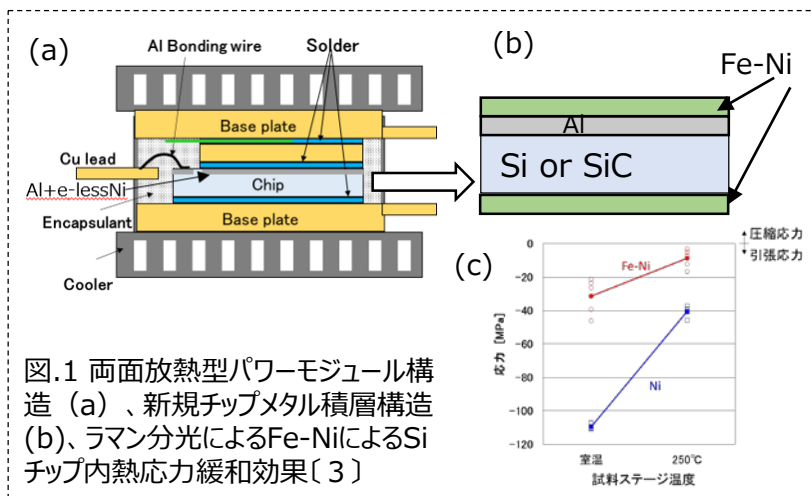
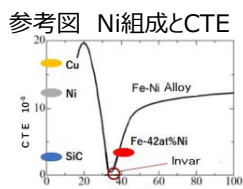


図.1 両面放熱型パワーモジュール構造 (a)、新規チップメタル積層構造 (b)、ラマン分光によるFe-NiによるSiチップ内熱応力緩和効果〔3〕

期待される活用シーン

● 背景（課題）

パワーデバイスの高電流密度化にともない、動作時の温度が高温化すると同時に熱サイクルによる実装材料の疲労劣化が課題となる。低融点のハンダ代替材料が提案されてきたが、高融点材料化への移行により、熱応力等によるチップダメージ（リーク）などの課題が指摘されてきた。

● 応用展開可能性

本技術はチップ電極上にFe-Ni合金層を形成することで、チップへの熱応力負荷を緩和できる。SiCデバイスの高温耐熱実装のみならず、Siや他の化合物半導体の熱応力緩和層として利用できる。さらにはNiメッキ接合(NMPB)のNiをFe-Ni合金メッキに置き換えることで更に高温耐熱信頼性を高めることができる〔2〕。

■ 研究者情報

学 部 名 : 情報生産システム研究センター
研究者名 : 巽 宏平
職 位 : 名誉教授、招聘研究員
研究領域 : マテリアルインターフェース
住 所 : 北九州若松区ひびきの2-2-307
TEL/Email : 093-280-2864/tatsumi.kohei@waseda.jp
U R L : <https://tatsumi.w.waseda.jp/>



■ 参考文献

- 〔1〕K.Tatsumi, I. Morisako, K.Wada, M.Fukumori, T.Iizuka, N.Sato, K.Shimizu, K.Ueda, M.Hikita, R.Kamimura, N. Kawanabe, K. Sugiura, K. Tsuruta, K.Toda, IEEE 69th ECTC pp.1451 - 1456 2019
- 〔2〕Y.Tanaka, S. Furuya, K. Koshiba, Y. Kitaguchi, Y.Hino, M. Miyagawa, T.Iizuka, K.Tatsumi: IEEE 73rd ECTC p.1832-1837 2023
- 〔3〕小柴佳子 博士論文2023