

各 位

2004 年 2 月 26 日
日本特殊陶業株式会社
取締役社長 羽賀征治

パワーモジュール用 銅 / 窒化珪素回路基板の開発に成功

当社では、ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車に搭載されるインバータユニット用パワーモジュールに使われる回路基板の開発を進めてまいりました。この度、信頼性のみならず放熱特性を向上することによる小型軽量化、更には将来的な鉛フリー半田化に対応可能なモジュール構造を有する銅 / 窒化珪素回路基板の開発に成功しましたのでお知らせします。

1 . 開発の経緯

現行パワーモジュール構造は、ヒートシンク材である銅合金と回路基板が半田付けされ、更に回路基板上にパワーデバイスが半田付けされ構成されるもので、パワーデバイスで発生した熱をいかに放熱するかが重要となり、車載用パワーモジュール用回路基板として高熱伝導セラミック材である窒化アルミニウムを用いたアルミニウム / 窒化アルミニウム回路基板が実用化されています。しかしながら、近年の回路高集積化に伴うパワーデバイスの発熱温度上昇や稼働時の熱サイクルの過酷化により、セラミックと金属の接合界面や半田接合層での高い信頼性が必要とされています。

このような技術動向の中で、セラミックと金属の接合界面の高信頼性化には強度・靱性の高いセラミックが良いとされ、窒化珪素が期待されています。当社では、高熱伝導窒化珪素を開発するとともに、セラミックと金属の接合技術や独自のろう材開発技術、新たに熱設計技術を応用することにより、高信頼性・高放熱特性を有するパワーモジュール用 銅 / 窒化珪素回路基板を開発しました。その構成は、2 枚の窒化珪素基板で銅放熱板をはさみこみ、更に上層の窒化珪素基板上に銅回路を形成するものとなっています。その結果、放熱板と回路基板の間に半田層を有さない高信頼性パワーモジュールの構築が可能となりました。

2 . 特徴

以下の特徴を有し、パワーモジュールの高性能化・小型軽量化に寄与致します。

放熱特性

現行構造と比較し、パワーデバイスの発熱温度で約 10%改善し、モジュールの高放熱化に寄与。また、外形サイズが現在の量産品との比較で約 20%小さくなり、インバータシステムの小型軽量化にも寄与。

耐熱サイクル信頼性（ - 40 室温 125 ）

3000 サイクル試験後の接合界面剥離及び絶縁耐圧劣化無し。また、従来構造において低信頼性箇所とされる回路基板 / 銅合金放熱板の半田層が存在しないため、モジュールとして高信頼性を有する。

鉛フリー半田の適用

前述した様に、回路基板 / 銅合金放熱板の半田層が存在しないため、半田層はデバイス直下のみである。従って、1 種類の鉛フリー半田で小面積の信頼性を確認すればよく、将来的な鉛フリー半田の適用が容易となる。

コスト

放熱性の向上によるモジュールの小型化、デバイスの小型化（高集積化）が可能。また、高価な銅合金放熱板を使用しないためコスト低減に寄与。

3 . 展開計画

将来、ハイブリッド自動車の市場拡大は今後急速に進み、2010 年までに世界の生産台数は 80 万台 / 年以上とされています。パワーモジュールユニットはハイブリッド自動車 1 台に 1 セット必要であり、パワーモジュール市場は約 80 万セット / 年と予測されます。2010 年時で 30% のシェアを目指します。

【お問い合わせ先】

総務部広報課長 三木俊明

T E L : 052-872-5896

<用語解説>

・ インバータ

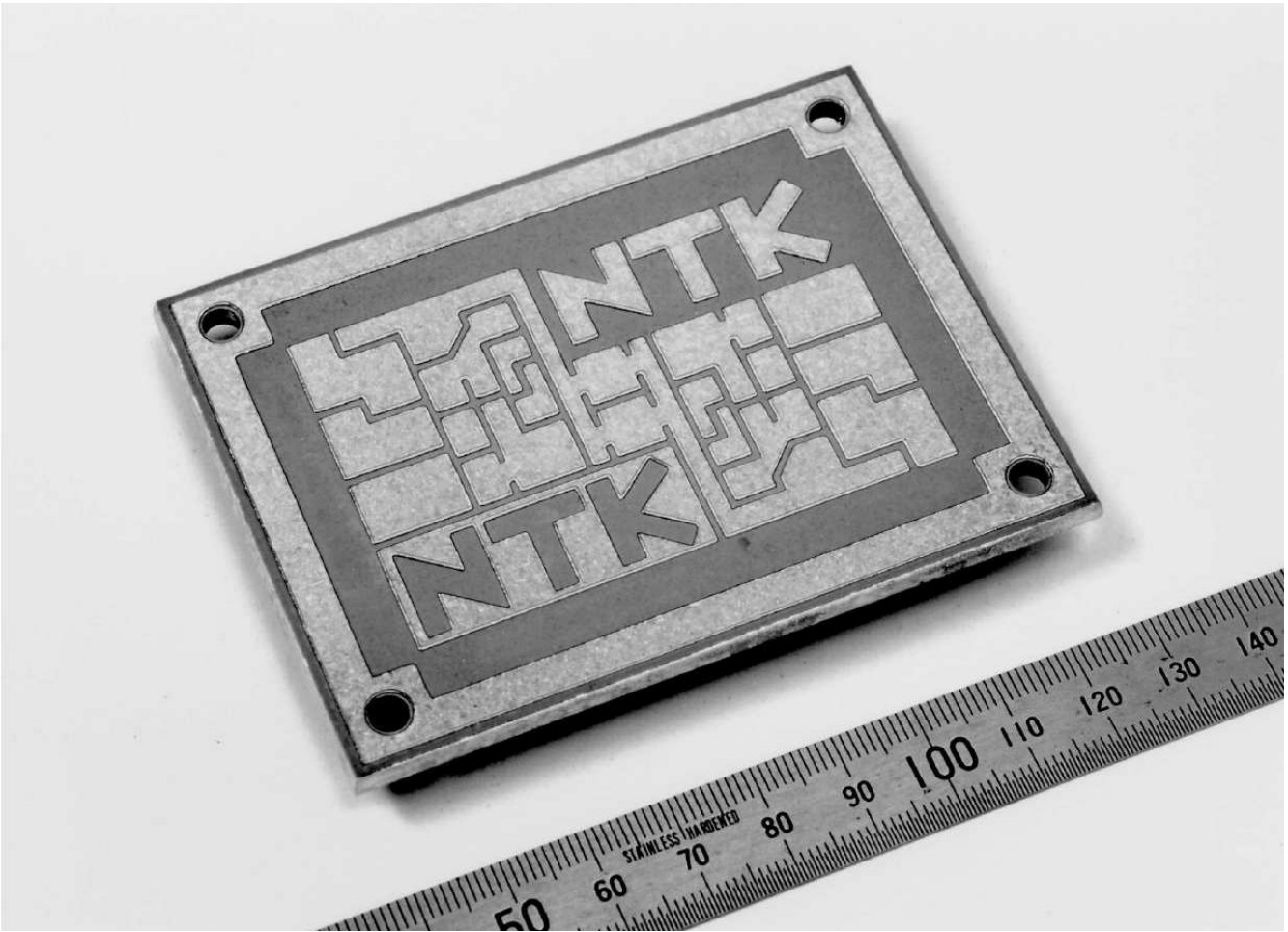
直流を交流に変換する装置で、パワーデバイスにより構成されている。ハイブリッド自動車等に搭載され、モータ駆動用の電源装置として使われる。

・ パワーデバイス

電力の変換や制御を行う半導体で、パワートランジスタや、サイリスタなどが良く知られている。最近では、高速動作が可能な I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等が主流である。

・ パワーモジュール

複数個の半導体チップを用途に応じて結線し、1つのパッケージに収めた複合型の半導体。パワーデバイスが搭載された回路基板を内蔵し、電気的な絶縁と放熱機能をもつ。



パワーモジュール用 銅 / 窒化珪素回路基板

当社は、高熱伝導窒化珪素を利用した、新規パワーモジュール用 回路基板を開発しました。回路基板と放熱板を一体化することにより熱抵抗を低減、現行のハイブリッド自動車に搭載されている放熱モジュールに比べ約 10% 放熱特性を改善しました。その結果、パワーモジュールの大幅な小型軽量化に寄与します。また、半田の鉛フリー化にも寄与します。

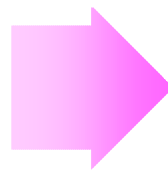
【特徴】

優れた材料特性 &

新規構造

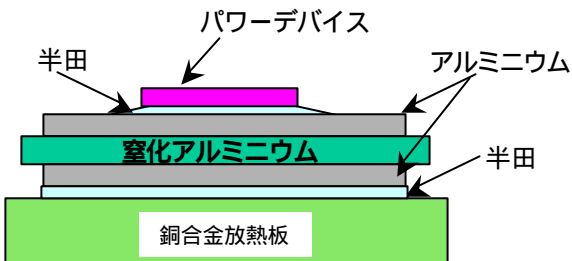
高熱伝導
高強度
高靱性

高放熱性
低配線抵抗

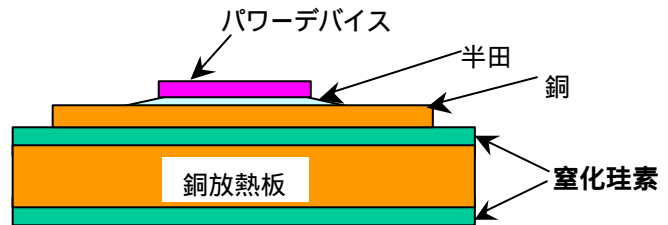


小型軽量化
半田の鉛フリー化

現行放熱構造



新規放熱構造

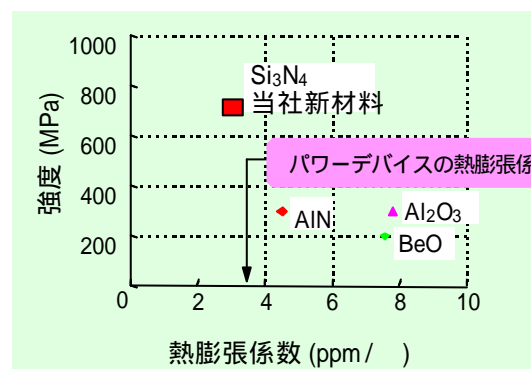


窒化珪素材料と基板の特性

窒化珪素材料	密度	3.3g/cm ³
	JIS四点曲げ強度	700MPa
	靱性IF法	7.0MPa・m ^{1/2}
	硬度HV 30	1400
	熱伝導率	70W/mK
	熱膨張係数	3.0 × 10 ⁻⁶ /
	絶縁抵抗	> 1 × 10 ¹⁰
基板	耐電圧	> 12kV/mm
	Cu板ピール強度	> 10kgf/mm
	耐熱サイクル	> 1000サイクル

熱サイクル: - 40 /20分 室温/10分 125 /20分 大気中

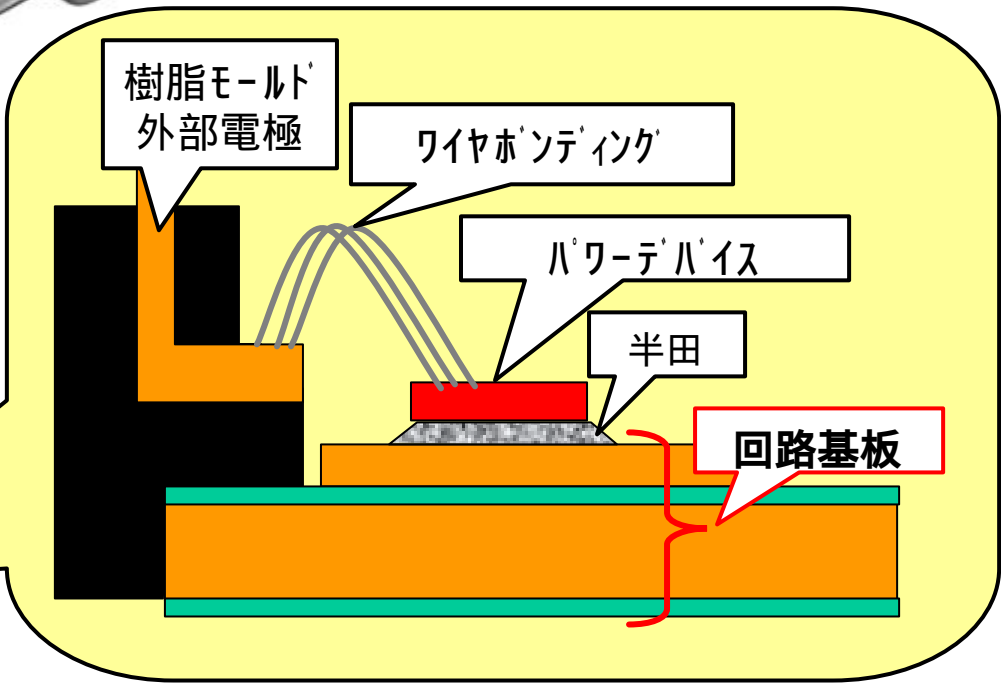
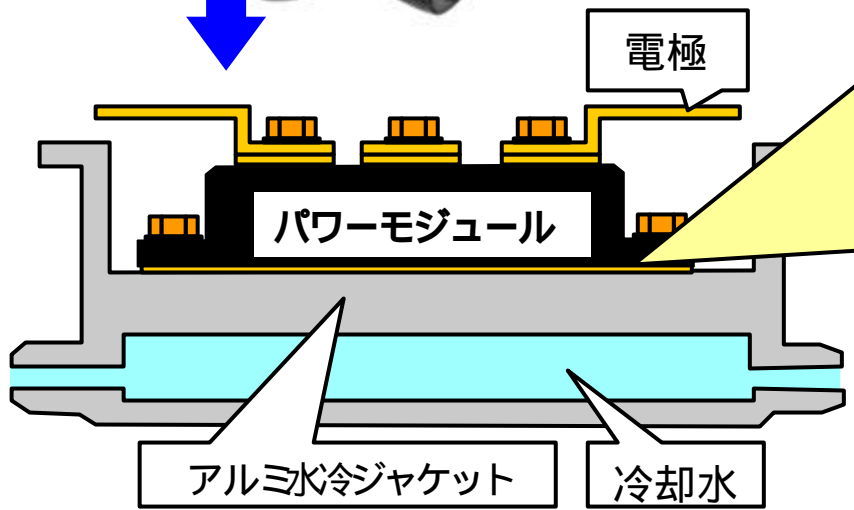
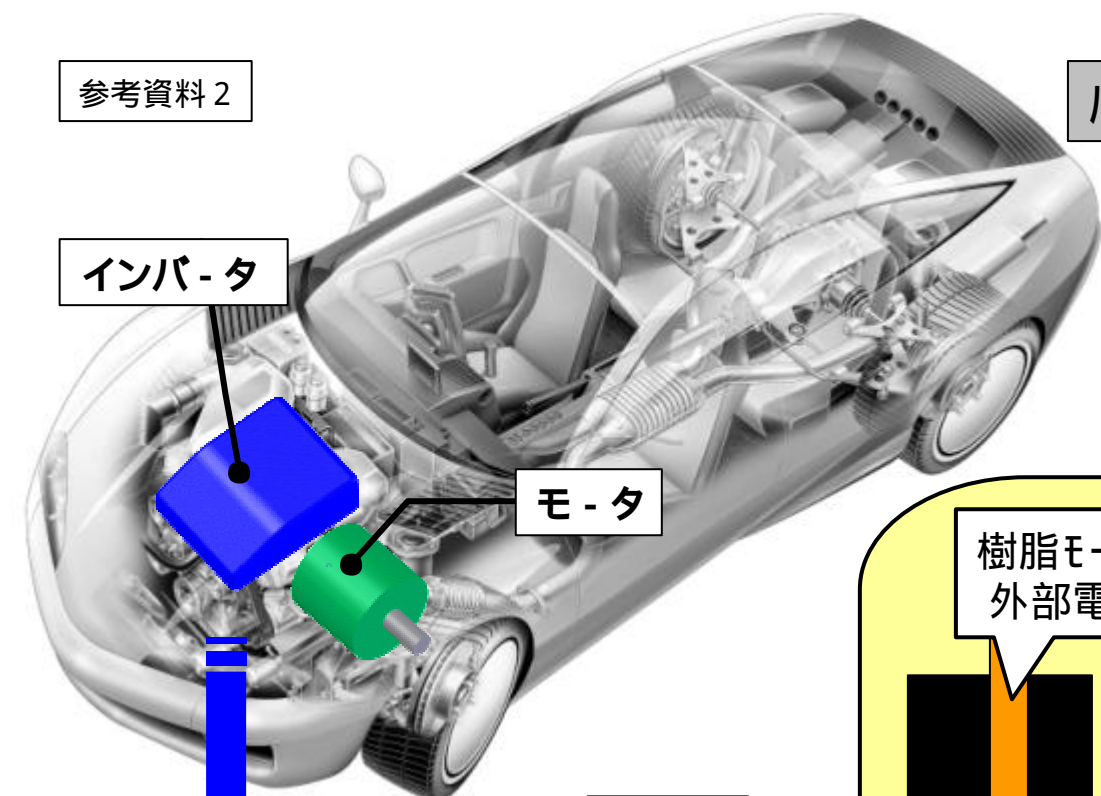
各種セラミック材料の熱膨張係数と強度の関係



窒化珪素はパワーデバイス材料 (Si)との熱膨張係数が近く稼働時の熱応力が少ない

参考資料 2

ハイブリッド自動車, 燃料電池自動車



パワーモジュール内部構造