

放電プラズマ焼結法による金属系放熱材料の開発

キーワード：放熱、複合材料、放電プラズマ焼結法、SPS、金属、粒子分散

はじめに

超 LSI の高集積化・高速化に伴い、小型電子機器の内部発熱による超 LSI チップ自体の誤動作が、近年深刻な問題となりつつあります。電子機器の温度上昇を抑えるには、消費電力を小さくすれば良いわけですが、実際には、機器の小型化と高機能化が同時に要求されるため、結果的に機器の単位体積当たりの発熱密度が増し、各部の温度上昇を招いています。したがって、高熱伝導性を有する放熱材料の開発は極めて重要な課題となりつつあります。さらに、自動車産業の分野においても、LED ヘッドライトの普及や、ハイブリッド車・電気自動車の動力用モーターの小型高出力化のためにも、高熱伝導材料の早期開発が強く望まれています。

高熱伝導フィラーと金属粉末の複合化

当研究所森之宮センターでは、高熱伝導フィラー（ダイヤモンド、炭化ケイ素、窒化ケイ素、立方晶窒化ホウ素）粒子を、金属（Al、Cu、Ag）中に分散した高熱伝導フィラー粒子分散型金属基複合材料を放電プラズマ焼結法（SPS）を用いて成形することにより、放熱性に優れた金属基複合材料の開発を行っています。

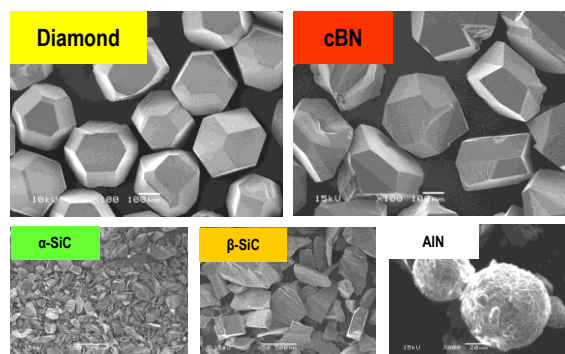


図 1 用いたフィラー粉末粒子

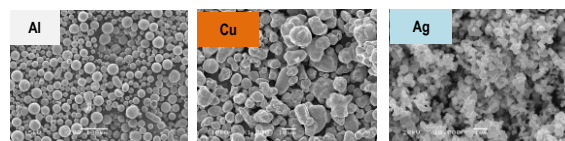


図 2 用いたマトリックス粉末粒子

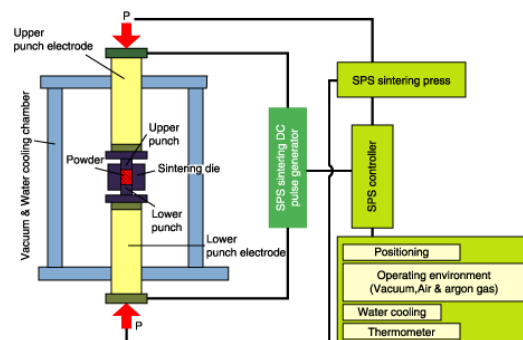


図 3 フィラーとマトリックス粉末を混合して短時間で SPS 成形

Al 系放熱材料の SPS 成形

フィラー、純 Al、Al-Si 合金の3種混合粉末を出発材料として、持続型固液共存状態で SPS 成形することにより、フィラー/マトリックス界面の密着性を高めることに成功しました。Al-50vol.%ダイヤモンド複合材料で理論値を 95% 以上満足する 552W/mK の熱伝導率が得られています。

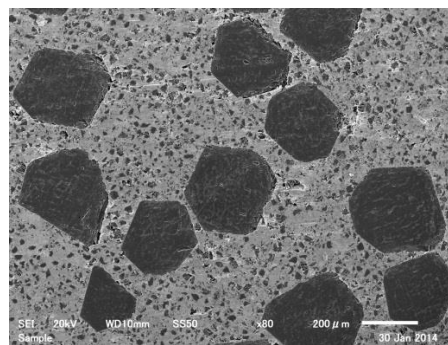


図 4 Al/ダイヤモンド複合材料の組織

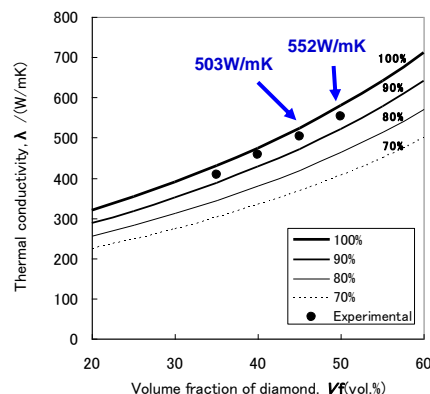


図 5 Al/ダイヤモンド複合材料の熱伝導率

Ag 系放熱材料の SPS 成形

フィラー、Ag、Si の混合粉末に対し、固相率可変型 SPS 成形を行うことにより、700W/mK 超の高熱伝導率を得ることに成功しています。

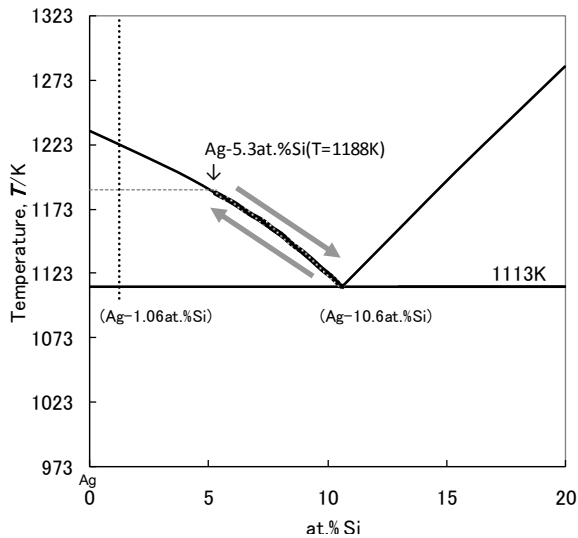


図 6 Ag/ダイヤモンド複合材料の固相率可変型 SPS 成形

フィラー粉末のバイモーダル化による高熱伝導率と低熱膨張係数の両立

大径と小径の2種類のフィラー粉末を最適比で混合し SPS 成形することにより、フィラーの高充填化に成功しました。Al/cBN 複合材料においては、フィラー体積分率 40%~70%の範囲において、95%以上の相対密度と 300W/mK 以上の熱伝導率が維持されています。

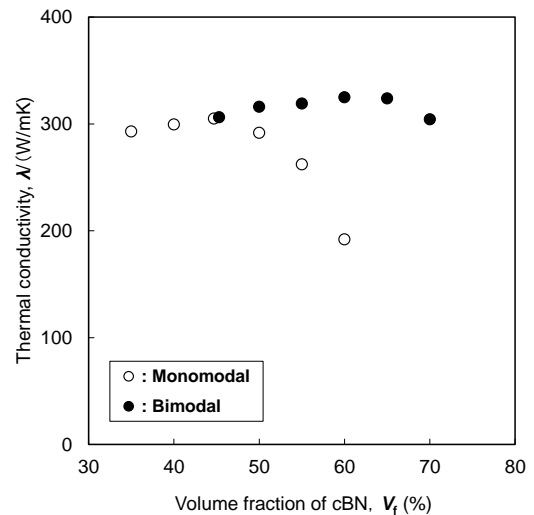


図 7 Al/cBN 複合材料の熱伝導率の cBN 体積分率依存性

Cu 系放熱材料の SPS 成形

ダイヤモンドと Cu に B や Cr の第3元素粉末を微量添加して SPS 成形することにより、ダイヤモンド/Cu 界面の密着性が改善され 689W/mK の高熱伝導率と 7.3ppm の低熱膨張係数を得ています。

表 1 開発した金属系放熱材料 (●はチャンピオンデータ)

マトリックス Matrix	充填材 Filler	粒度分布 (Filler particle size distribution)	熱伝導率 λ (W/mK)	熱膨張係数 CTE ppm
Cu (Coated)	Diamond	Monomodal	654	10
Cu (+B), Cu (+Cr)	Diamond	Monomodal	689, 584	7.3
● Ag (+Si)	Diamond	Monomodal	717	8.97
● Ag (+Si)	Diamond	Bimodal	723	6.54
● Al (+AlSi)	Diamond	Monomodal, Bimodal	552, 578	10.4, 6.7
● Al (+AlSi)	α -SiC	Monomodal	252	12.5
● Al (+AlSi)	α -SiC	Bimodal	226, 212	9.88, 9.39
● Al (+AlSi)	β -SiC	Monomodal	216	12.9
● Al (+AlSi)	AlN	Monomodal	196, 180	14.5, 10.6
● Al (+AlSi)	cBN	Monomodal, Bimodal	305, 325	16.02*, 11.65*

作成日 2017年12月1日

作成者 物質・材料研究部 材料プロセス研究室 水内 潔、田中 基博
奈良先端大学大学院連携研究室 上利 泰幸

Phone: 06-6963-8153 E-mail: mizuuchi@omtri.or.jp