

報道関係者各位

2024年11月7日

サイエンスエッジ株式会社

代表取締役 内山知也

## 粒径最小5マイクロメートルの放熱フィラー粒子の熱伝導率計測に成功 高性能半導体の放熱用シート TIM の開発を加速する新しい計測手法を提案

### 発表のポイント

- 電子デバイスの高性能化や小型化に伴ってチップの発熱が深刻な問題となるなか、チップの熱をヒートシンクへ逃すための放熱シート（TIM：Thermal Interface Material）の開発ニーズが高まっています。
- TIMは放熱フィラー粒子をバインダー樹脂に混ぜ込んだコンポジット材料ですが、個々の粒子の熱伝導率や粒子と樹脂の界面の熱抵抗を計測する手法が存在しないため、TIMの熱伝導率を決めるメカニズムの理解が進んでいない現状がありました。
- サイエンスエッジは、同社が世界で初めて製品化した周波数領域サーモリフレクタンス（FDTR）顕微鏡を用いて、測定用のレーザーを約1マイクロメートル（=1ミリの1000分の1）まで絞り込んでフィラー粒子に照射することで、粒径最小5マイクロメートルの粒子単体の熱伝導率を計測することに成功しました。
- 本手法により、TIMの放熱性能を微視的に理解することが可能となり、今後のTIMの開発プロセスの改善につながることを期待されます。

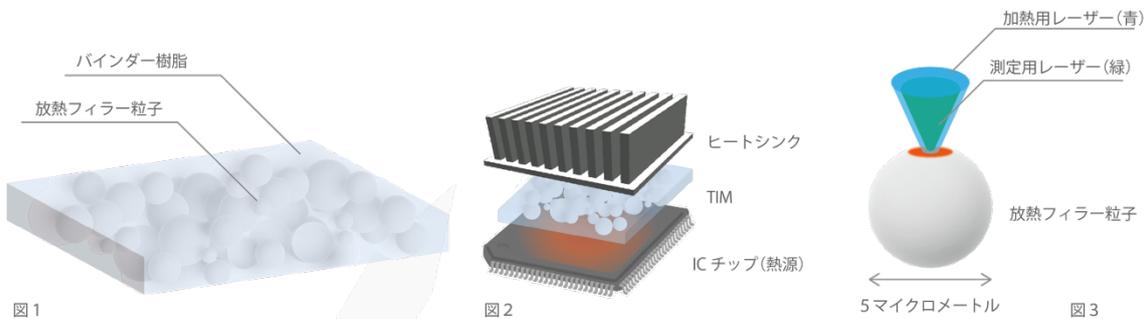


図1：TIMの構造の概念図、図2：TIMの使用例、図3：放熱フィラー粒子の熱伝導率計測の概念図

### 発表内容

サイエンスエッジ株式会社（本社：静岡県浜松市浜名区 代表取締役社長：内山知也）は、レーザー光を回折限界近くまで小さく絞り込む光学系を搭載した周波数領域サーモリフレクタンス顕微鏡 InFocus  $\kappa$  FDTR を用いることで、粒径最小5マイクロメートルの放熱フィラー粒子単体の熱伝導率を計測することに成功しました。本研究成果は、2024年9月20日開催のフィラー研究会および10月28日から30日開催の第45回日本熱物性シンポジウムにて発表されたほか、11月15日開催予定の日本機械学会の研究分科会 熱WG（非公開）でも発表を予定しています。

## <研究背景>

近年の電子デバイスの高性能化への要求に応えるべく、半導体の微細化や高集積化が進んでいます。半導体の微細化や高集積化は、製造コスト削減、消費電力低減、動作速度向上、高機能化などにつながる一方で、熱抵抗や発熱量の増大による温度上昇をもたらし、半導体の性能や安全性を損ねる原因にもなります。高性能半導体チップから生じる熱は、パッケージ上部に取り付けられる金属製のヒートシンクを経由して放熱されますが、チップとヒートシンクの熱的密着性を高めるために、両者の間に Thermal Interface Material（サーマルインターフェースマテリアル、略してTIM）が挿入されます。TIMは、高い熱伝導率を持つ放熱フィラー粒子をバインダー樹脂に埋め込んだコンポジット材料で、チップやヒートシンクの表面のわずかな粗さによって生じる隙間を埋めて、効率よく熱を伝える役割を担います。半導体の熱問題が深刻さを増すなかで、より高性能なTIMの開発ニーズが高まっていますが、これまではTIMを構成する粒子単体の熱伝導率や粒子と樹脂の界面の熱抵抗を測定する手法がありませんでした。そのため、TIMの性能を決める微視的なメカニズムの解明が進まず、開発に試行錯誤を要する状況となっています。

## <研究の内容>

本研究では、当社が2022年3月に世界で初めて製品化した周波数領域サーモフレクタン顕微鏡を用いて実験を行いました。サーモフレクタンス法は、加熱用と測定用の2本のレーザーを使って薄膜の熱伝導率や薄膜と基板の界面熱コンダクタンス（熱抵抗の逆数）を計測する手法として知られています。当社装置は、測定用のレーザーを約1マイクロメートル（=1ミリの1000分の1）まで小さく絞り込む光学系を搭載しています。そこで、基板上に散布して固定した放熱フィラー粒子の表面中央にレーザーを集光して、粒子単体の熱伝導率を測定しました。

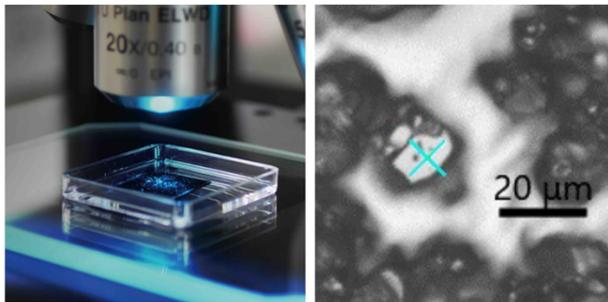


図4：装置外観および実際の測定の様子

測定サンプル		熱伝導率 (W/m・K)	
ナ アルミ	18 μm 単結晶	1	34
		2	29
窒 化アル ミニウ ム	80 μm 焼結体	1	160
		2	120
		3	170
	50 μm 焼結体	1	90
		2	160
		3	130
	30 μm 焼結体	1	140
		2	110
	5 μm 焼結体	1	82
2		82	
20 μm 多結晶	1	250	
	2	270	
	3	250	

表：熱伝導率の測定結果一覧

図4上：周波数領域サーモフレクタン顕微鏡 InFocus κ FDTRの外観、図4左下：サンプルにレーザーを照射している様子、図4右下：窒化アルミニウム粒子の顕微鏡観察画像、表：放熱フィラー粒子の熱伝導率の測定結果一覧

汎用的に利用されているアルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  について、粒径 18 マイクロメートルの単結晶粒子を測定したところ、その熱伝導率は  $34 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  (別の粒子では  $29 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) となり、文献値 (約  $30 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) と同等の値であることが分かりました (表)。続いて、放熱性能の高い窒化アルミニウム  $\text{AlN}$  について、粒径 20 マイクロメートルの多結晶粒子と、微粒子を焼き固めた焼結体粒子 (粒径は 5、30、50、80 マイクロメートル) の測定を行なったところ、多結晶粒子は文献値 (約  $320 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) に近い  $270 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  という値を示しましたが、焼結体はその半分程度の熱伝導率であることが分かりました。さらに、粒径が 5 マイクロメートルと小さい焼結体粒子では、熱伝導率はおよそ  $80 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  まで低減していることも分かりました。

#### <今後の展開>

本研究により、周波数領域サーモフレクタンス顕微鏡を用いることで、粒形最小 5 マイクロメートルの放熱フィラー粒子の熱伝導率を計測できることが分かりました。この手法を導入することで、TIM の熱伝導メカニズムの微視的な理解が進み、今後の TIM の開発プロセスの改善につながることを期待されます。

また、先端半導体の開発現場では、プロセス微細化が限界を迎えつつあるなかで、複数のチップを積み重ねて集積度を高める三次元積層技術の重要性が増しています。この三次元積層では、単位面積あたりの発熱量が増加することや、ヒートシンクから離れたチップ内部で熱が生じてしまうことなど、新たな熱の問題が懸念されています。近年、三次元積層の接合界面の熱抵抗をサーモフレクタンス法により評価した事例が報告されており、国内外の先端半導体の開発現場からの問い合わせが増えていきます。今後は、この接合界面の熱コンダクタンスの計測までアプリケーションを拡げ、放熱フィラー粒子の熱伝導率計測や薄膜の熱伝導率計測と合わせて、先端半導体市場における熱物性評価の新しいスタンダードを確立すべく開発を加速させていきます。

#### <本リリースに関するお問い合わせ先>

サイエンスエッジ株式会社

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 フォトニクスセンター521

TEL : 06-6816-2560

FAX : 06-6816-2561

Email : [info@scienceedge.com](mailto:info@scienceedge.com)

URL : [www.scienceedge.com/j](http://www.scienceedge.com/j)