

高熱伝導性と耐熱性を兼ね備えた新しいハイブリッド放熱シートの開発

六方晶窒化ホウ素(hBN)/ポリイミドハイブリッド膜の作製と

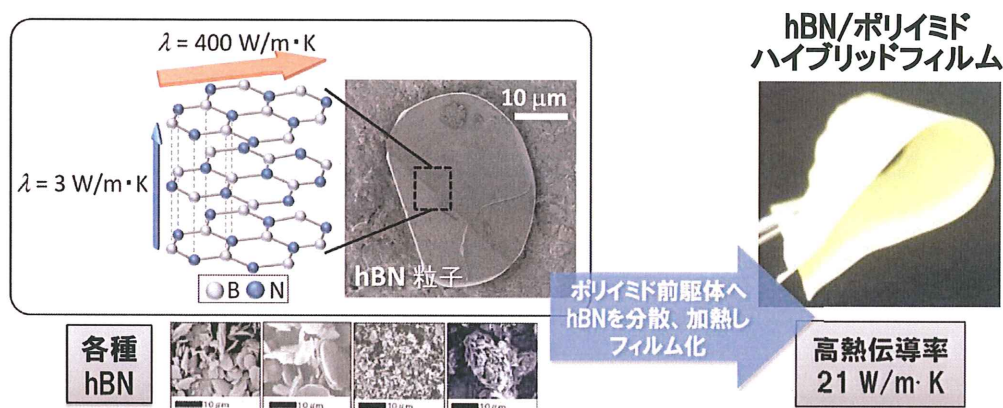
hBN 粒子の形状・配向状態が熱伝導特性に及ぼす効果

(東工大院理工) 谷本瑞香、○安藤慎治 (電気化学工業) 山縣利貴

[3J07]

(Tel: 03-5734-2137)

東京工業大学の大学院生・谷本瑞香、安藤慎治教授、電気化学工業㈱の山縣利貴らの研究グループは、耐熱性エンジニアリングプラスチックであるポリイミドに、高熱伝導性セラミック粒子である六方晶窒化ホウ素を分散させた**高熱伝導性ハイブリッド材料**を開発した。この無機／有機ハイブリッド膜は、ポリマーの優れた柔軟性や成型加工性を持ちながら、最高 $20.9 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ とステンレス鋼に匹敵する膜内方向の熱伝導率を有し、優れた柔軟性と高靱性、高い絶縁破壊強度、 300°C を超える高温環境下での安定性を兼ね備えた次世代の放熱材料として、パワー半導体やハイブリッド自動車など幅広い分野での応用が期待できる。

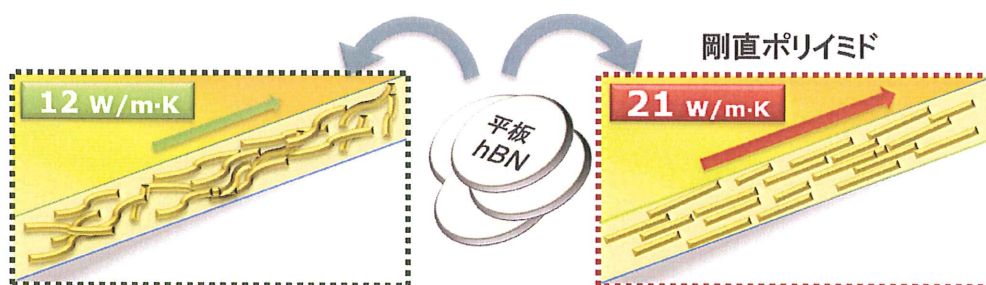


高熱伝導性・耐熱性・絶縁性を兼備した有機／無機ハイブリッド材料を開発

東日本大震災後の電力不足を挙げるまでもなく、省エネルギー・省資源は世界の喫緊の課題であるが、電子機器の高性能化に伴い半導体素子の発熱量は増加の一途をたどっており、電気エネルギーの多消費とともに、温度上昇による機器の誤作動や故障の原因となっている。そのため、適切な駆動温度の保持と装置の信頼性確保のための放熱対策が必須となる。パワートランジスタや中央演算装置(CPU)などの発熱部品とヒートシンクなどの周辺部材との接触面積を増やし、外部への放熱を効率化するため、ポリマー・マトリックスに高熱伝導性の無機粒子を添加した放熱材料が実用化されているが、従来品は樹脂の耐熱性、柔軟性、機械的特性（靱性）、密着性等が十分でなく、高温・長時間の使用により材料劣化

が生じる問題点があった。そこで東工大のグループは、使用温度が 200°C を超えるパワーデバイス近傍においても安定して放熱性能を発揮する高分子系材料開発を目的として、**六方晶窒化ホウ素(hBN)** と**全芳香族ポリイミド**を用いた無機／有機ハイブリッド放熱シート(厚さ $20\sim 30\mu\text{m}$)の作製を行った。ポリイミドは高耐熱性、優れた機械強度、耐環境性、高電気絶縁性を有し、電子デバイス材料として広く用いられているスーパーエンブラである。一方、hBN は“白いグラファイト”とも呼ばれる黒鉛に似た結晶構造を持つ人工セラミックで、化学的安定性・耐熱性・電気絶縁性等に優れている。hBN の微粒子は**グラファイトと同様の平板形状**を有し、その熱伝導率は粒子の平面方向に約 $400\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、厚み方向に $3\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と顕著な異方性を示す。そこで、ポリイミド膜内における hBN の配向状態を粒子形状によって制御し、ハイブリッド膜の熱伝導特性を大きく変化させることが可能となる。今回、東工大グループは、hBN 粒子の形状とポリイミドの最適な組み合わせにより、① **hBN 粒子が等方的に凝集した凝集体**を用いることでフィルムの厚み方向に最大 $5.4\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、② **フィルム面内に配向しやすい平板状微粒子**を用いることで面内方向に最大 $12.2\text{ W/m}\cdot\text{K}$ の熱伝導率を示すハイブリッド膜を開発した。ハイブリッド材料では無機粒子の添加量増加に伴って膜質が脆くなり、高熱伝導性付与に必要なセラミック充填量と機械強度の両立が一般に困難であるが、耐熱性と機械的強度に優れたポリイミドをマトリックスに用いることで、**hBN を高濃度に充填可能なハイブリッド膜の形成が可能**となった。さらに、熱エネルギーがポリマー分子鎖(主鎖)に沿って伝播しやすい性質を利用して、分子鎖が膜の平面方向に配向する**剛直構造を有するポリイミド**と平板状の hBN 粒子をハイブリッド化することで、**面内方向に $20.9\text{ W/m}\cdot\text{K}$** とステンレス鋼に匹敵する高い熱伝導性を達成した。

電子機器からの発熱量が急速に増加し、その冷却システムも多量のエネルギーを消費している現状において、効率的な放熱・熱制御技術への関心が高まっている。高熱伝導性、電気絶縁性、成形加工性、耐熱性を兼ね備えたポリイミド系ハイブリッド材料は、 300°C 以上の高温下においても変形や特性劣化を起こさない**放熱材料**として好適であり、外部動力を要しない**省エネ型放熱技術**として幅広い用途への応用が期待できる。



<適用分野> サーマルインターフェースマテリアル(TIM)、放熱シート、パワーモジュール・スイッチング電源、ドライバIC、発光ダイオード(LED)、ハイブリッド自動車／電気自動車、デジタル家電、パソコン(ノート PC)／スパコン、太陽電池。