

異方性熱伝導カーボン材の過渡熱特性の測定

Transient Thermal Measurement of Anisotropic Heat Conductive Carbon

名古屋工業大学 工学部電気電子工学科, °(B)小畑 智弘, (M2)福井 青空, (B)齊藤 裕人,
(P) Li Lei, 分島 彰男

Nagoya Institute of Technology, °Tomohiro Obata, Aozora Fukui, Hiroto Saito, Lei Li, Akio Wakejima
E-mail: 27114033@stn.nitech.ac.jp

1. はじめに

トランジスタの信頼性向上には、トランジスタのチャネル温度の低下、つまり、熱抵抗の低減が必須である。半導体部分での施策はレイアウトの最適化、薄層化であるが、いずれも種々の特性や生産性などとトレードオフの関係にある。そこで、我々は、トランジスタの下に配置されるパッケージ材の低熱抵抗化に向けて、従来の Cu 系金属に代わる材料の探索を行っている。今回、カーボン材の過渡熱測定を行い、高熱伝導性を確認したので報告する。

2. 高熱伝導カーボン材の特徴

使用するカーボン材は平面結晶のグラファイトカーボン(GC)を積層化した構造である。熱伝導率が GC の面方向で $1700 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ と、銅の 4 倍以上大きく、さらに比重が銅より $1/4$ 程度小さいことから (表 1)、半導体デバイスのヒートシンクとして期待されている。

Table 1 Specification of materials

	Graphite carbon	Cu	SiO ₂
Thermal conductivity (W/m·K)	1700 (X-Y) 7 (Z)	400	1.1
Density (g/cm ³)	2.22	8.96	2.2

3. 赤外線微小部分発熱解析装置によるカーボン材の表面過渡温度測定

使用したカーボン試料 (10 mm 角×2 mm 厚) は図 1 である。熱を速く逃がすために図 1 の X 方向に高い熱伝導を配している。また、カーボン材は絶縁でないため、Au 抵抗発熱体とカーボン材との間にスパッタ SiO₂ 膜 (400 nm) を配した。

表面温度測定には、QFI 社の InfraScope を用いた。この装置では、定常状態においては、試料表面の輻射率をカメラのピクセルごとに測定することによって、微小な領域 (空間分解能 $1 \mu\text{m}$) ごとの温度測定が可能である。また、微小領域を選択すれば高速の過渡温度測定が可能である。

10 W 投入した際の定常状態の温度分布は図 2 となる。Y 方向には熱伝導率が大きいため、発熱領域から離れると急激に温度が下がっているのに対して、Z 方向には熱伝導率が小さいため、温度が下がらないことが確認できた。

次に、図 2 中の A 点を選択し、パルス状電力 (10 W, パルス周期/パルス幅=2000 ms/1000 ms, 600 ms/200 ms) 投入中の過渡温度特性を測定した (図 3)。過渡温度特性は明らかに 2 段の変化を呈している。このことから、初期の温度上昇は抵抗体直下の SiO₂ によるもので、熱がその下のカーボン材に伝わった時間からカーボン材の高い熱伝導特性を受けて温度がしばらく上がらなくなったものと考えられる。この結果から、2 つの時定数をもつ EXP 関数でフィットし、時定数 0.3 ms と 37 ms を得た (図 3 中の赤破線)。

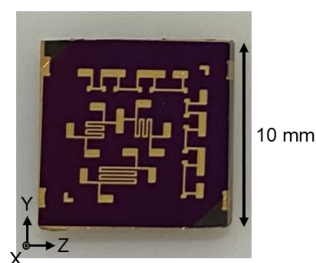


Figure 1 High thermal conductivity graphite carbon

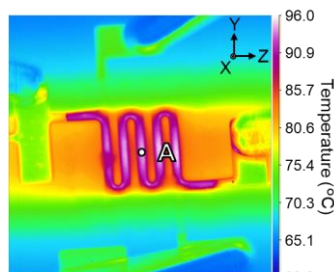


Figure 2 Steady state temperature mapping ($P_{in}=10 \text{ W}$)

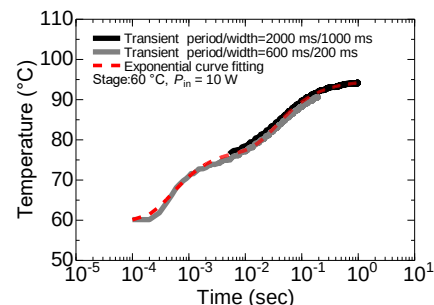


Figure 3 Transient temperature

謝辞

本研究開発は、総務省の電波資源拡大のための研究開発 (JPJ000254) における「5G の普及・展開のための基盤技術に関する研究開発」により実施したものです。有益なご議論を継続していただいている明星大学 須賀唯知 先生、名古屋大学 田中敦之 先生に感謝します。

参考文献 Lei Li. et. al., Appl. Phys. Lett. 116, 142105 (2020)