

## サーモウェーブアナライザによる単層グラファイトシートの測定事例

株式会社ベテル ハドソン研究所 羽鳥 仁人

### 1. はじめに

電子部品は発熱により、製品寿命が短くなり、消費電力も増大するため、効率的に熱を逃がす必要がある。CPUや通信用ICは高いクロック数で駆動するため、小さな領域に熱が集中しやすい。このような部位にはグラファイトシートのような面方向に高い熱伝導性を持った材料で、熱を拡散させることが有効である。また、グラファイトシートは面内方向に非常に高い熱伝導率を持つことから熱伝導材料として有効といえる。一方で、面方向の熱拡散率/熱伝導率を正確に非接触で測定可能な装置は少ない。サーモウェーブアナライザはこのような測定が可能な数少ない装置である。

なお、サーモウェーブアナライザの測定原理と装置は、「Application Sheet TA-001 多機能熱拡散率熱伝導率測定装置:サーモウェーブアナライザの測定原理と装置」を参照頂きたい。

### 2. 測定試料

グラファイトシートには人工合成した物と天然の物があるが今回は人工合成したものを測定する。一般に人工合成したグラファイトシートのほうが熱拡散率は高く、銀の5倍以上の熱拡散率を持つものもある。天然黒鉛から作られるものは[1]天然の黒鉛を酸処理して精選し高温膨張処理させた後圧縮加工して作成される。また、人工的に作られるものはポリイミドなどの高分子フィルムを高温の不活性ガスの中で高温加熱及び焼成することで製造される[2,3]。また、グラファイトシートには単層のものより多くの熱を伝えるために積層したものがあるが、今回は単層の物を測定した。

試料の厚みは $25\mu\text{m}$ 及び $40\mu\text{m}$ のものを測定した。試料の外形寸法は $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ の正方形とした。なお、本装置では直径 $10\text{mm}$ 以上であれば任意の形状、寸法であっても測定が可能である。

※測定値の高精度な評価の場合は試料サイズを同一にすることが望ましい。

### 3. 測定結果

#### 3.1. 距離と位相の関係

加熱点を中心として、検出点の位置を移動させると、加熱点の位相との差が増大する。加熱点付近は試料の厚み方向

の熱拡散率及び厚みの影響がでるため距離と位相の直線関係を満たさない。加熱点から離れば直線関係が得られ、厚み方向の熱拡散率と厚みの影響が無視できる領域となる。一方で、加熱点と検出点がさらに離れると信号が減衰し測定誤差が拡大する。本測定では、加熱点と検出点の距離を $2\text{mm}\sim 4\text{mm}$ の範囲として解析を行った。

図1が実際の距離と位相の関係を計測した結果である。厚み $40\mu\text{m}$ のグラファイトシートを計測した。中心付近は加熱点と検出点の距離が近い厚み方向の熱拡散率及び試料の厚みの影響がみられ、直線関係が得られていない。距離 $2\sim 4\text{mm}$ の領域は直線関係が得られている。 $4\text{mm}$ をこえると加熱点と検出点の距離が離れているため信号が減衰し、距離と位相のばらつきが増大し始めている。距離 $2\sim 4\text{mm}$ の領域で解析した。 $-2\sim -4\text{mm}$ の領域で解析しても同様の結果が得られる。なお、直線領域が得られる範囲が実験的に既知であるときは、解析範囲のみ計測すればよい。

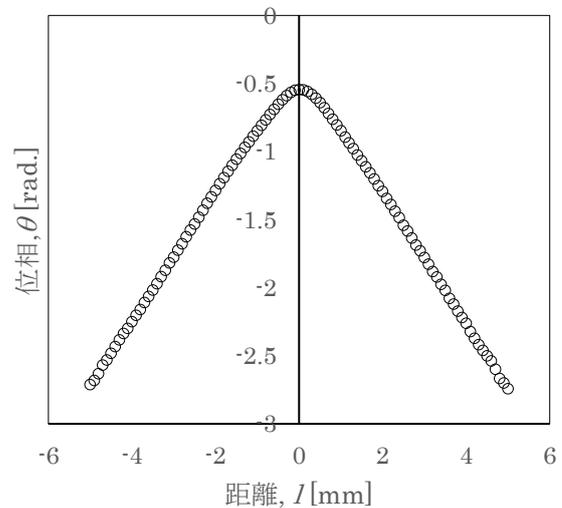


図1. 厚み $40\mu\text{m}$ の人工グラファイトシートの距離と位相の関係の計測結果

#### 3.2. 試料の温度上昇の考慮と熱拡散率測定結果

熱拡散率は光加熱やジュール加熱によって試料にエネルギーを与え、温度変化を計測することで材料の物性を計測する。従って、試料の温度上昇は避けられない。一方で熱拡散率は試料の温度によって変化する物性値である。金属は比

較的溫度変化による物性の変化は少ないが、炭素系の材料は室温付近での熱物性値の変化が大きい。検査用途では、測定条件を一定とすれば相対的な熱拡散率の比較ができるため実用的には十分である。熱拡散率の絶対値を求める際は、試料の加熱による温度上昇の考慮が必要である。

次のように「加熱光量がゼロ」の場合の熱拡散率を求める。加熱光量を変化させつつ熱拡散率を計測し加熱光量がゼロのときの熱拡散率を外挿して求める。厚み25  $\mu\text{m}$  のグラファイトシートと厚み40  $\mu\text{m}$  のグラファイトシートについて、加熱光量を変化させて熱拡散率を計測した。熱拡散率を縦軸、加熱光量を横軸としてプロットし、その関係を直線で近似した関数の、加熱光量ゼロの時の縦軸の切片を熱拡散率とする。

表1に厚み25  $\mu\text{m}$  のグラファイトシートと厚み40  $\mu\text{m}$  のグラファイトシートの熱拡散率を示す。それぞれの熱拡散率は厚み25  $\mu\text{m}$  のグラファイトシートが $965\pm 48 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ となり、厚み40  $\mu\text{m}$  のグラファイトシートが $1062\pm 53 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ となった。

#### 4. まとめ

グラファイトシートの面内方向の熱拡散率を測定し、異方

#### 5. 参考文献

- [1] 東洋炭素 グラファイトシート製品紹介ウェブページ, <https://www.toyotanso.co.jp/Products/perma-foil/>
- [2] パナソニック グラファイトシート製品紹介ウェブページ, <https://www.panasonic.com/jp/corporate/technology-design/technology/pgs.html>
- [3] カネカ グラファイトシート製品紹介ウェブページ, <http://www.elecdiv.kaneka.co.jp/graphite/index.html>

※本データシートに記載された測定結果は典型的な結果を示したもので、個別の測定結果を保証するものではありません。

※本データシートに記載された製品仕様は予告なく変更することがあります。

性の大きな試料の測定が可能であることを示した。

これらの結果より、本測定方法は等方的ではない材料の詳細な熱拡散率が評価可能であることが示され、多種多様な熱伝導材料の測定に適用が可能であると言える。また、試料の調整および設置も非常に簡便で、非接触で測定できるため、従来の熱拡散率測定装置に比べ作業工数の低減や使用者による測定結果ばらつきを低減することが可能である。

※厚みは100  $\mu\text{m}$  以上のグラファイトシートの解析にはオプションのソフトウェアが必要となります。

表1 グラファイトシートの熱拡散率

材料名	試料厚み, $d / \mu\text{m}$	熱拡散率, $\kappa / \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$
人工グラファイトシート	25	965 $\pm$ 48
人工グラファイトシート	40	1062 $\pm$ 53



株式会社ベテル  
ハドソン研究所

〒300-0037

茨城県土浦市桜町4-3-18 土浦ブリックビル1階

TEL : 029-825-2620 FAX : 029-307-8451

E-mail : [info@btl-hrd.jp](mailto:info@btl-hrd.jp)

WEB Site : <https://hrd-thermal.jp/>

Facebook : <https://www.facebook.com/bethel.thermal/>