

定常法熱伝導率測定装置：SS-H40の測定原理と装置

株式会社ベテル ハドソン研究所 羽鳥 仁人

1. はじめに

熱の有効利用のためには熱伝導率は重要である。例えば、電気自動車に用いられるインバーターにはパワーデバイスが使用されるが安定して動作させるためには放熱が欠かせない。スマートフォンなどの小型化された製品は、部品が高密度に実装されているため、放熱に用いられる材料の熱伝導性が非常に重要である。これらの放熱材料の性能を表すための重要な指標の一つが熱伝導率である。

近年では、コンピュータを使い様々な設計が行われており、熱設計も同様にまずはコンピュータシミュレーションにより熱設計されることが多い。ここでも、熱伝導率が入力値として重要となる。

なお、熱伝導率測定法は、材料の熱伝導率、形状、形態で適した測定手法が異なる。例えばパワーデバイス等のエレクトロニクス部品の放熱に用いられるサーマルインターフェース材料の熱伝導率は金属等に比べ低く、やわらかいものが多いため、定常法とよばれる測定方法が用いられることが多い。定常法は、接触式で熱伝導率が直接測定されるという特徴があり、熱伝導率測定手法として広く用いられている。

2. 定常法の原理

2. 1. 保護熱板法

熱伝導率はフーリエの式で定義される。定常法はフーリエの式に基づき試料の熱伝導率を計測する。熱流量を電気的な発熱量や熱流センサなどによって、試料中の温度勾配を熱電対などによって、そして試料の厚みを与えれば熱伝導率が求められる。[1,2]

保護熱板法あるいはGHP法 (Guarded hot plate) は断熱材の熱伝導率測定法として広く使用され標準的な測定法として確立されている。ヒータで発生した熱量をそのまま試料を通過する熱量として使用する。ヒータで発生した熱が周囲へリークすると熱量の誤差となるので、保護熱板がヒータの周囲に設置される。各種の熱伝導率測定法に用いられる標準物質の熱伝導率を決定する方法としても本手法が使用される。平板絶対法や平板直接法とも呼ばれる。規格としては、JIS A 1412 1などが定められている。

図1に保護熱板法(一枚法)の測定原理図を示す。主熱板は保護熱板で囲まれ、保護熱板は主熱板と同じ温度に制御される。主熱板から横方向への熱の流れを抑制することで、主熱板で発生した熱量 Q は、試料から下部冷却板へ一次元的に流れる。この状態で温度を定常状態に保持したうえで高

温側温度 T_h 、低温側温度 T_c 、主熱板の熱量 Q (ヒータの電力)、熱流面積 S 、試料の厚み D を計測し下記の(1)にて熱伝導率 λ が求められる。

$$Q = \lambda \frac{T_h - T_c}{D} S \quad (1)$$

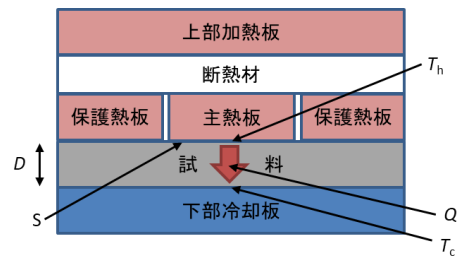


図1 保護熱板法(一枚法)の測定原理図

2. 2 比較法

比較法は様々な手法が存在する。ここでは、熱流計法について説明する。熱流計法は実用測定法の一つである。保護熱板法よりも測定が容易であるため広く使われている。試料と熱流計を組み合わせることで計測する。熱流計及び試料が1枚の物や試料と熱流計を複数用いるものがある。[3,4]

規格としては、JIS A1412-2 やASTM C 513がある。図2に熱流計法の模式図を示す。保護熱板法では、主熱板に与えた電力を熱量としているが、熱流計法では熱流計により熱量を計測する。また、図2の構成の場合、試料の両面に熱流計を設置しそれぞれの計測値を観測することで、周囲への熱損失の有無の評価や補正が可能である。

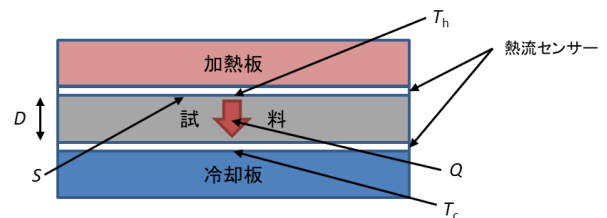


図2 熱流計法の測定原理図

熱流計法と類似の測定法として平板比較法がある。熱伝導率既知の標準板の両側に温度センサを設置して熱流量を求める。標準板は熱流計と同様の役目をしている。たとえばJIS A 1412-2の付属書A平板比較法として規定されている。

前記した規格は、断熱材向けの測定法であるが、同様の考え方でTIM (Thermal Interface Material) 等の比較的熱伝導率が高い試料の測定に対応した測定法もある。熱流計法

の熱流計又は、平板比較法の標準板に相当するメーターバーを使用して熱流量を決定する。メーターバーは前記した平板比較法の標準板と同様の考え方で使用される。規格としてはTIMに対応した、ASTMD5470や熱流センサと試料周囲に設置するガードヒーターを組み合わせたASTM E1530がある。

なお、比較的熱伝導率の高い試料を測定する場合は、試料の熱抵抗が相対的に小さくなるため界面熱抵抗の影響が無視できなくなることがある。一般的には、厚みを変化させた複数の試料を準備し、横軸に試料の厚み、縦軸に熱抵抗をプロットし、厚みゼロに外挿することで界面熱抵抗を予想する。

3. 測定装置

3. 1. 特徴

ベテル製定常法熱伝導率測定装置SS-H40は、次の2つの特長がある。熱流センサを使用することで、従来よりも測定時間が短い。荷重モードと厚さモードの2パターンでの測定モードがあり、弾力性のある試料や柔軟性のある試料の両方に対応が可能である。

測定対象試料の例としては、以下の物がある。TIM (Thermal Interface Material)、プリント基板、封止樹脂、断熱材、ゴム、接着剤、熱伝導グリース、その他。

3. 2. 装置構成

図3に定常法熱伝導率測定装置SS-H40を示す。図3は測定装置本体である。装置前面の扉を開けて試料を設置する。測定条件の設定やデータの取得は外付けのパーソナルコンピュータから行う。また、試料に温度勾配を与えるため、ヒータ及び冷却部が内蔵される。冷却部には外付けのチラーから冷却液を供給する。

6. 参考文献

- [1] 小林健一他, 伝熱工学の基礎と熱物性測定・熱対策事例, R&D支援センター, P70
- [2] 八田一郎, 最新熱測定, アグネ技術センター, P218
- [3] 小林健一他, 伝熱工学の基礎と熱物性測定・熱対策事例, R&D支援センター, P79
- [4] 八田一郎, 最新熱測定, アグネ技術センター, P214

※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。

4. 熱伝導率測定例

表1に本装置で測定したジルコニアとアルミナの熱伝導率の測定例を示す。カタログ値と比較して10%以内の誤差となっている。



図3 定常法熱伝導率測定装置SS-H40

表1 熱伝導率測定結果の例

試料名	熱伝導率 /Wm ⁻¹ K ⁻¹	
	測定値	カタログ値
ジルコニア	2.92	3.0
アルミナ	23.5	25

5. まとめ

定常法の原理、ベテル製定常法熱伝導率測定装置の特長や構成、熱伝導率測定例を示した。本装置はエレクトロニクス分野をはじめとした熱伝導率の測定に広範囲に対応できる装置である。



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

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

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