

一方向熱流定常比較法を用いた熱伝導率測定装置の開発について

1 開発の背景

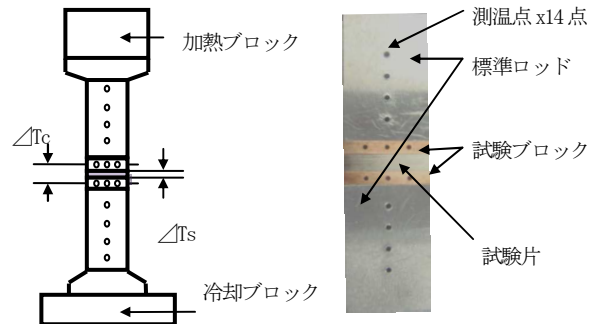
昨今では携帯機器等、小型・薄型の電子製品が求められており、プリント基板も薄型で多層化、さらにはモジュール化に移行している。従って高温に弱い電子デバイスをより低温域で実装しなければならず、加えて「はんだ」の鉛フリー化によって高融点はんだを使わざるを得ない状況となっているため、代替技術である低温での接合が可能な「導電性接着剤」の期待が高まり、実用化が急がれている。これらの背景から接合材は放熱効果、すなわち熱を伝えやすい特性が重要視され、熱伝導率を評価する試験装置が必要とされている。

当社の事業としても、これまで主に「はんだ」の濡れ性試験や「はんだ」接合強度の試験装置の製造・販売を行ってきたが、これらに替わる次世代の接合材試験装置を急ぎ開発する必要性があった。このような状況下で学術研究関連施設から、研究開発中の導電性接着剤の熱伝導率を計測できる装置の製作依頼があり、装置開発の機会を得ることができた。本件の要求仕様は、安価で薄層・高熱伝導率材の計測が可能な装置であったが、実際に市場にあるものは一概に高価であり、計測手法も複数あるが、被試験体によって一長一短あるため、安価で測定幅の広い装置が求められている。これらの要求を踏まえて開発を進めた。

2 製品の概要

2.1 システムの構造

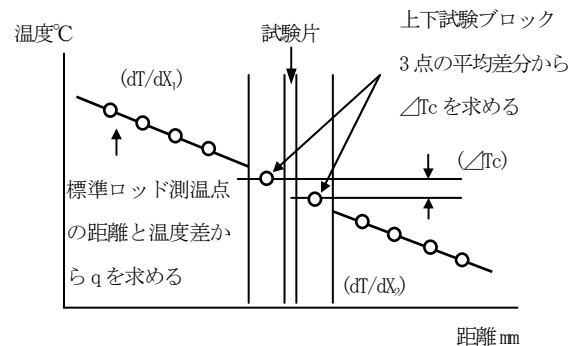
装置構成・測定原理は JIS H7903、および JIS 規格案に記載されていた「SCHF 法による熱伝導率試験装置の構成例」を参考にしている。上部に加熱ブロック、下部に冷却ブロックを設置、試験片を高熱伝導率の金属片（試験ブロックと呼称）で挟み、さらに熱伝導率が既知の 2 本の四角柱または円柱からなる標準ロッドで挟んで一方向に熱を流す、一方向熱流定常比較法を用いて試験片の有効熱伝導率を求めた。図 1 中の測温点は低温での精度が高い T 型シース熱電対にて测温、標準ロッドは純アルミ（A1050）、試験片を挟む試験ブロックは無酸素銅（C1020）を用いている。



[図 1：構造]

2.2 熱伝導率算出原理

標準ロッドに設けた等間隔の測温点から図 2 のように温度勾配が割り出され、熱流束 (q_1, q_2) を算出し、上下標準ロッドそれぞれの熱流束の平均を試験ブロックを含む試験片の熱流束 (q_s) とする。ここから試験片上下間の温度差 (ΔT_s)、熱伝導率 (k_{eff}) を求める。



[図 2：測定原理]

- 試験片の熱流束 (q_s)

$$= (q_1 + q_2) / 2 \quad [W/m^2]$$
- 試験片の温度差 (ΔT_s)

$$= (\Delta T_c) - (q_s \times t_b) / k_b \quad [K]$$
- 試験片の有効熱伝導率 (k_{eff})

$$= (q_s) \times (t) / (\Delta T_s) \quad [W/m \cdot K]$$

- q_1, q_2 : 上下標準ロッドの熱流束
- t_b : 試験ブロックの厚さ
- k_b : 試験ブロックの熱伝導率
- t : 試験片の厚さ

3 製品の特徴

3.1 性能評価

一般的に熱伝導率が知られている金属試験片の計測を加熱：200℃、冷却：20℃、加重：1000N の条件で行い、表 1 のように公称値に近い結果（±10%以内）が得られた。

※単位：公称、実測熱伝導率(W/m・K)、厚さは (mm)。

金属材	SUS304	SUS440	SPCC	C2801
公称熱伝導率	16.7	24.3	50	121
試験片厚さ	1.9	2.0	3.0	6.0
実測熱伝導率	16.12	22.32	50.44	110.77

[表 1：金属試験片測定結果]

3.2 接合材の実測

金属片での試験において公称値との近似値、再現性を確認できたので接合材の試験に移行した。試験ブロックに約 2mm の隙間をつくり、はんだペレット (Sn3Ag0.5Cu) を入れ融解して作製した試験ブロックと一体型の試料[写真 1]を計測した。初回の計測では問題なかったが、再現性を確認するために日を変えて計測したところ、熱伝導率が低下していく結果となった。



[写真 1：一体型試料]

次に導電性接着剤 (Ag ペースト) の一体型試料を複数作製し計測を行った。組成はそれぞれ同じはずだが計測結果には個体差があり、「はんだ」と同様に日差が生じた。日差が生じる原因としては加熱・加圧による酸化等の組成の変化が考えられ、導電性接着剤の個体差についてはフィラー (Ag) とバインダー (樹脂) の攪拌にムラがあったりボイドの大小、多少が原因と推測される。

3.3 高精度試験のための要点

本計測機の構造および測定原理の性質上、試験片とブロック間の接触界面の状態が結果に大きく影響される。特に金属片や焼結体樹脂のように、試験ブロックに接合させないものを測定する場合は試験片接触面にグリース等を塗布して組み上げることになる。この場合接触界面にはグリースと空気層が含まれることとなり、結果として純粋な試験片の熱伝導率として算出され難い。試験片の厚みを大きくすることで接触界面の影響は無視できる

ほど小さくなるが、接着剤もしくはペーストの用途上、薄層として測定するべきである。対策として本機は接触圧力を高めるため 1000N の加圧を可能としており、また薄層試験片でも上下間温度差を確保できるよう、加熱部は+200℃、冷却部は循環冷却水による 0℃設定を標準仕様としている。しかしながら、接触面の影響を含めた試験ができることが一方向熱流定常比較法の持つ大きな特徴であり、試験ブロックの材質を被接合材にすることで接合シミュレーションが可能な装置として本機を捉えることができる。

4 今後の展開

主として導電性接着剤の試験機として開発を行ったが、絶縁性放熱ペーストはもちろん、今後は積層デバイスのような複合材多層板の放熱特性の測定も予定している。さらに装置の性能として周期温度制御による非定常加熱は可能であり、試験片の厚み方向と面内方向の同時測定も検討している。安価でありながら多種の材料測定が可能な装置であり、次世代接合材料や電子デバイス開発の助力になることを期待している。

5 その他情報

共同研究、資料提供

- ・大阪大学 接合科学研究所
- ・化研テック株式会社

参考文献

- [1] “Method for thermal conductivity test of porous metals”, JIS H7903, Japanese Industrial Standards Committee, September 20, 2008.
- [2] “理科年表” Maruzen Co., Ltd., 2010

6 お問い合わせ先

株式会社レスカ 技術部 担当：林
〒191-0011 東京都日野市日野本町 1-15-17
TEL 042-582-4711 FAX 042-589-4686
E-mail hayashi@rhesca.co.jp
URL <http://www.rhesca.co.jp/>