

レーザフラッシュ法による熱伝導率測定

キーワード：レーザフラッシュ法、熱伝導率、熱拡散率、比熱容量、熱的特性

はじめに

金属、セラミックス、ガラス、カーボン、プラスチックなど固体材料の熱的特性を精度良く測定する方法として、レーザフラッシュ法があります。試料の表面にレーザ光を瞬間的（フラッシュ状）に照射して加熱し、一定距離離れた場所に伝わる熱を温度変化から測定します。当研究所に導入された装置 アルバック理工社製 TC-7000 について表1に仕様を載せています。直径10mm、厚さ1~3mm程度の小円板状試料において、片面をレーザ光で瞬時に加熱して、反対側の温度挙動から熱的特性を計測するものです。熱的特性としては、熱拡散率および比熱容量を測定により得ることができ、さらに密度が既知であれば、熱伝導率を算出することができます。

熱拡散率（ α ）の測定

厚さ L の試料を一定温度に保持した後、図1(a)のA面を瞬時に加熱し、試料中を1次元的に熱が伝わる場合、B面（裏面）の温度上昇は、図1(b)のようになります。横軸の t はレーザのフラッシュ光を照射してからの時間、縦軸は温度上昇で、 m は θ の最大値です。 $t_{1/2}$ が m の半分に達するまでの時間を $t_{1/2}$ と

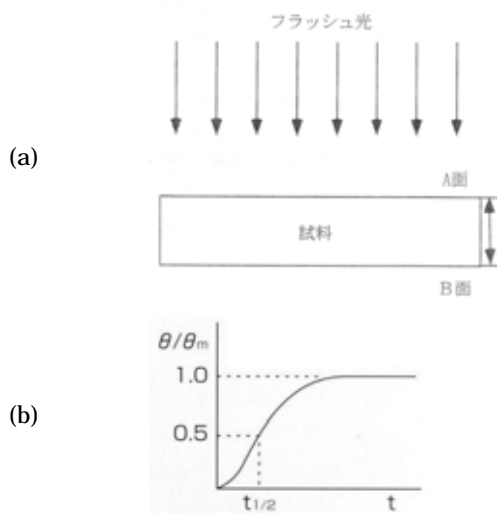


図1 熱拡散率の測定方法

すると、熱拡散率 α は以下ようになります。

$$= 0.1388L^2 / t_{1/2} \cdots (1)$$

比熱容量（ C ）の測定

まずはじめに、比熱容量既知の標準サンプル（例えばサファイア）を用い、これに受光板を接着剤で貼り付けて、図2(a)のようにレーザ光を照射します。このときの温度上昇幅 T を測定します。レーザ照射による吸収熱量に対応した温度上昇幅 T を求める必要が

表1 レーザフラッシュ式測定装置の基本仕様

項目	仕様
測定方式	レーザフラッシュ法
測定対象	金属、セラミックス、ガラス、カーボン、プラスチック
試料サイズ	直径8~10mm、厚さ1~3mm
測定項目	熱拡散率、比熱容量、熱伝導率（計算により求める）
測定温度範囲	室温~1500（通常1350までにて使用）
パルスレーザ	Ndガラス 発振波長1.06 μ m 10J/パルス以上
試料裏面温度センサー	InSb 赤外線センサー、熱電対

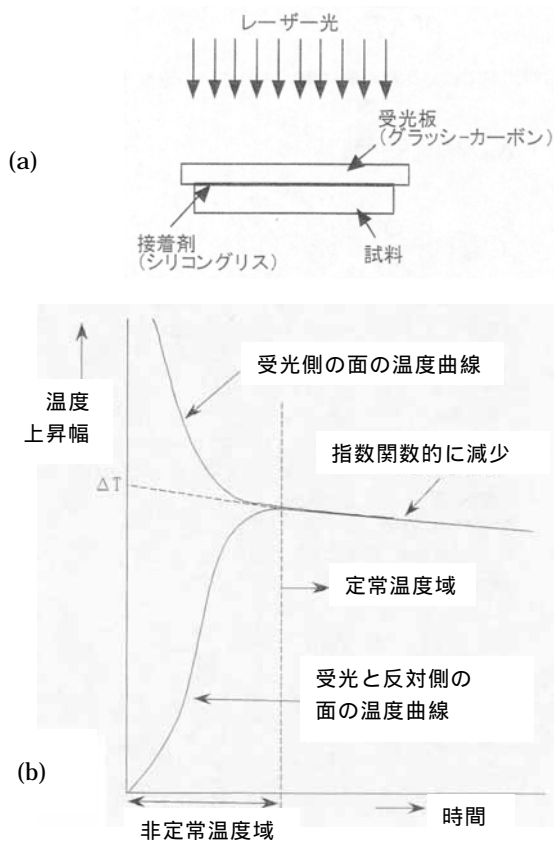


図2 比熱容量の測定方法

ありますが、測定では、図2 (b)に示すように、試料が定常状態になってからの T しか得られません。定常状態では、指数関数的に温度上昇幅が減衰しますので、これを利用してレーザー光照射時の T を外挿法によって求めます。標準試料の次に未知試料に交換して同様の測定を行います。未知試料の比熱容量 C は、標準試料の比熱容量を C_0 とすると、次の式より求められます。

$$C = C_0 \cdot T_{k0} / T_k \cdots (2)$$

(T_{k0} : 標準試料、 T_k : 未知試料)

熱伝導率 () の算出

熱伝導率 λ は、試料の密度 ρ が判明すれば、測定した熱拡散率 α 、比熱容量 C を用いて、下記の式で算出できます。

$$\lambda = \rho \cdot C \cdot \alpha \cdots (3)$$

測定例

アルミニウムの円板状 (厚さ 2.03mm) の試料を測定しました。図3 (a)にレーザー光照射

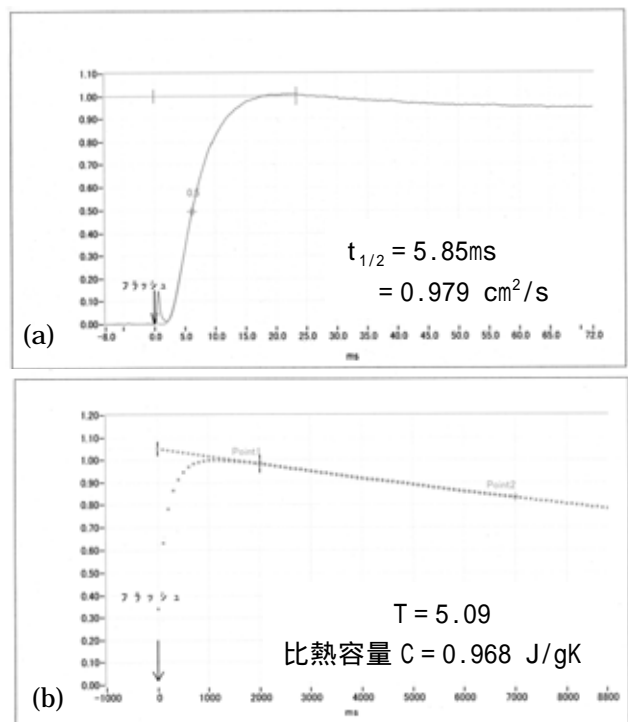


図3 熱伝導率の測定例

後の時間経過に対する裏面の温度変化を表しています。縦軸は最高温度に達した温度を 1.0 とし、その半分 0.5 に達した時点 $t_{1/2}$ は 5.85ms (5.85/1000 秒) であることが計測されました。(1) 式より熱拡散率 α は、 $0.979 \text{ cm}^2/\text{s}$ となります。図3 (b)では、レーザー光照射後の試料の裏面の温度変化の挙動から、温度上昇幅 T を外挿法により求めたものです。 T は 5.09 となり、(2) 式から、比熱容量 C は 0.968 J/gK の結果が得られました。熱伝導率 λ は (3) 式より 255 W/mK と算出されました。

おわりに

レーザーフラッシュ法を用いれば、熱伝導性の低い材料では断熱性、保温性の評価ができます。逆に、熱伝導性の高い材料では、基板材料のように発熱をいかに系外に逃がしうるかの評価や、家電製品での発熱部を冷却するための放熱部の評価などができます。本シートで説明したのは、板状試料の垂直方向の熱伝導の測定ですが、装置の部品交換により、面方向の熱伝導の評価も可能となります。