45 赤外線放射温度計による透過膜を通してのIC基板の温度分布

茨城大学工学部 岡本芳三* 神永文人* 国井雄二* 矢ノ倉直樹* 高根沢利夫*
理化精機工業 丸井良彦**

Study on Radiation Temperature Visualization of IC Package Plate
Installed in Box through Permeable Wall

Yoshizo Okamoto*, Fumito Kaminaga*, Yuzi Kunii*, Naoki Yanokura*,
Toshio Takane-zawa*, Yoshihiko Marui**

Two-dimensional temperature distribution of a heat transfer surface through a plastic permeable wall is measured by using an infrared radiation sensor. Thermoview of an IC package plate array is obtained by measuring the radiosity coefficient of the tested surface. Steady, unsteady state and local temperature distribution of the package is derived by the remote-sensing radiometer.

1. はじめに

物体表面より放出される赤外放射エネルギーを遠隔非接触でとらえ、CRT上に二次元のサーモ像として表示する遠赤外リモートセンシング技術が、医学、気象、工学などの各方面で広く利用されてきた。しかしながら、伝熱面の温度分布を赤外放射計で可視化する方法については、常温付近では周辺部よりの反射による温度分布にバラツキが生じ、測定には困難な点が多い。

本報告は、電子機器格納箱内に配置された電子回路基板の温度分布を求めるために、電子回路基板の温度を、透過壁を通して、赤外放射計で可視化計測した結果について報告したものである。

2. 透過壁の特性

一般に、加熱する黒体B(温度 T_B)の間に透過プラスチック壁P(温度 T_P)を取付け、センサ(温度 T_R)とプラスチック壁の周辺Aは黒体の側面(T_A)で取り囲まれているものとする。

透過壁がなく直接センサーRを黒体面Bが見る場合の放射エネルギー E_B は、 $E_B \gg E_R$ である

* Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ibaraki University, Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 312

** Rikaseiki Industry, Kanda, Chiyodaku, Tokyo 101, Japan

$$\text{から } E_B = \sigma T_B^4 \quad (1)$$

透過壁を通して、
センサーに入射するエネルギー E_B' は、
$$E_B' = \varepsilon_P E_P + \alpha_P E_B + \rho_P E_A \quad (2)$$

$$= \sigma \varepsilon_P T_P^4 + \sigma \alpha_P T_B^4 + \rho_P E_A$$

である。

ここで、P 面について ε_P : 放射率、
 α_P : 透過率、 ρ_P : 反射率である。

また、

$$\varepsilon_P + \rho_P + \alpha_P = 1 \quad (3)$$

透過壁を通さない場合と通した場合

の放射エネルギーの比率を a_B とすると

$$a_B = \alpha_P + \varepsilon_P (T_P/T_B)^4 + \rho_P (T_A/T_B)^4 \quad (4)$$

今、 $T_A = T_P$ と仮定すると、(4) 式は

$$a_B = (1 - \alpha_P) (T_A/T_B)^4 + \alpha_P \quad (5)$$

従って、 $T_B = T_P$ で $a_B = 1$ 、 T_B が T_A より大きくなると共に単調に減少する。

α_P は式 (5) より次のように表される。

$$\alpha_P = \{a_B - (T_A/T_B)^4\} / \{1 - (T_A/T_B)^4\} \quad (6)$$

そこで、3 種類の透過膜について T_B と透過率 α_P の関係を求めた。その結果を Fig.1 に示す。この中で、 α_P の最も大きいのはポリプロピレンであり、図より明らかなように、ナイロン、ポリエステルと比較して $\alpha_P = 0.65$ であり 3 分の 2 の放射エネルギーを透過する。その結果、本研究では透過壁として必要な透過率と強度を有するものとして、 $200 \mu\text{m}$ のポリプロピレン板を用いることにした。

3. 実験装置

赤外線放射計は遠隔リモートセンシング
表面温度計は、温度差として 0.1°C 、1 画面
1 秒、温度測定点の間隔も 0.2mm 程度の計測
が可能である。本研究においては、 $8 \sim 13 \mu\text{m}$
の波長範囲の放射エネルギーを検出することが
できる Hg-Cd-Te の光量子型放射温度計を使用
して表面温度の計測を行った。¹⁾

Fig.2 に電子機器計測用実験装置の構成を

示す。通気孔を持つ格納箱に、一定間隔 P で

高さ H の半導体発熱基板を垂直に置き、正面には赤外線の一部透過するポリプロピレン板、
周囲には断熱材とボール紙製の筐体を取付け、内面に黒色ペンキを塗布する。動作状態にお
いては、自然対流により通気孔を入った空気は、基板の側方下面より流入し、基板で発生

Fig.1 Transmissivity of Plastic Film

α : Transmissivity of Plastic Films

Polypropylene $\alpha_P = 0.65$ ← used
Polyester $\alpha_P = 0.17$

Fig.2 Permeability of Plastic Wall

した熱を取り去り加熱されて上向きに流れ、上部の通気孔を通して、熱を取り去る構成となっている。

基板を格納した箱に透過壁を取付け、箱の正面に赤外線放射計を取付け、基板上の放射温度分布を計測した。箱内壁は、反射の影響をさけるため黒色ペンキを塗布すると共に、センサーとフードの間にフード付き水タンクを取付け、壁面に黒色ビロード布を取付け黒体面を構成し、反射エネルギーの安定化をはかった。

4. 実験結果

Fig. 3は、実験に使用した格納箱内に垂直に置かれた基板上の4個のICパッケージの写真を示す。左図に示すようにIC基板上の4個のICパッケージ前面にポリプロピレン板を取付け、その間隔を ∞ 、30.15mmと変化させ、通電時の非定常および安定した状態での定常の放射温度分布を求めた。

IC基板上の中央部には $\phi 0.1\text{mm}$ の熱電対を取付け、基準となる温度を計測し、放射計による放射温度分布の補正を行った。

Fig. 4にICパッケージの温度分布を示す。半導体内部のチップの発熱は、自然対流により除去され、上方にいくにしたがい、基板およびICパッケージの温度は増加している。また、ICパッケージの表面温度は、山形を呈している。カーソル線上温度分布の山形の部分は、発熱状態にあるチップ部の表面温度を示す。リードワイヤを通して熱伝導により基板に熱が流出するため山型の温度分布を示すようになる。

Fig. 5の□印は、自然対流時で、ICパッケージNo

.2の起動後の非定常温度分

布と入口の通気孔の温度の差を示したものである。温度上昇は 29.5°C で、定常に達するまでの時間は100分である。

また、○印は、同じICパッケージの表面を速度 3m/s の強制空気冷却した場合の通電後の分布を示す。温度上昇、定常時間は共に 17.5°C 、16分と減少している。

Table 1は、温度上昇 ΔT と所要時間 $\Delta \tau$ を、4個のICパッケージについて測定を行った。ポリプロピレン隔壁の間隔を ∞ 、30.15mmと変えて、格納箱がある場合 (in box)とな

Fig. 3 Photograph of IC Package

Fig. 4 Thermo-view of IC Package

Point	Composition	T_{re}	T_{rc}
a	Base plate	30.0	35.5
b	IC No. 1	40.1	53.0
c	Base plate	33.7	39.7
d	IC No. 2	41.2	55.2
e	Base plate	34.1	40.5
f	IC No. 3	41.6	56.0
g	Base plate	33.3	39.4
h	IC No. 4	40.1	51.5
i	Base plate	30.3	36.1

い場合 (without box)、および自然対流、強制対流についての実験データをまとめたものである。IC パッケージ No.1,4 の温度は、基板への熱伝導の効果で中央に位置する IC パッケージ No.2,3 より低い。隔壁の間隔の狭いほど温度上昇 ΔT および定常に達するまでの時間 $\Delta \tau$ は大きくなり、強制対流では小さい値を示している。また、IC パッケージが筐体の中に入っている場合は、基板の幅が ∞ の開放時の基板の温度上昇よりもその値は小さく、その場合の定常時間は自然対流としては最も短い値を示している。これは、箱の出入り口の高さの差による煙突効果により、基板周りの流れが安定することによるものと考えられる。

Fig.8 Transient Temperature of IC Package

	IC NO height from bottom	IC No. ① 80	IC No. ② 107	IC No. ③ 135	IC No. ④ 160
without box	$\Delta T (^{\circ}C)$	25.5	28.0	28.5	24.4
gap= ∞	$\Delta \tau$ (min)	68	85	85	88
without box	$\Delta T (^{\circ}C)$	27.0	29.5	30.0	26.0
gap=30mm	$\Delta \tau$ (min)	100	100	100	100
without box	$\Delta T (^{\circ}C)$	28.2	30.7	31.0	28.5
gap=15mm	$\Delta \tau$ (min)	105	120	105	100
in box	$\Delta T (^{\circ}C)$	26.7	27.8	28.2	23.8
gap=30mm	$\Delta \tau$ (min)	60	80	85	80
without box v=1m/s	$\Delta T (^{\circ}C)$	22.0	23.4	24.0	20.5
gap=30mm	$\Delta \tau$ (min)	20	20	20	20
without box v=3m/s	$\Delta T (^{\circ}C)$	16.5	17.5	18.0	13.0
gap=30mm	$\Delta \tau$ (min)	16	16	15	12

Table.1 Temperature Rise and Time Constant of IC Package with Side Wall

ΔT : temperature rise

$\Delta \tau$: Time Constant

5. まとめ

- 1) 電子機器伝熱面として基板上の IC パッケージの温度を測定するため、透過壁を介して赤外線放射温度計による測定を行った。
- 2) プラスチック透過膜として、赤外線吸収性の少ないポリプロピレン板 (厚さ $200 \mu m$) を選び、電子機器伝熱面の温度分布の可視化が可能となった。
- 3) 隔壁の間隔および流速を変えた場合の起動、停止時の非定常の温度分布と安定に要する時間を赤外線放射計により計測した。

参考文献

- 1) 岡本ほか 3 名 : 感温液晶塗膜および赤外線による同時可視化に関する研究 ; 流れの可視化, vol.9, No.34 1989, 7, P.361