

〈技術論文〉

패키지 및 PCB 재료가 PDIP 열특성에 미치는 영향에 관한 연구

정일용* · 이규봉*

(1993년 6월 23일 접수)

A Study on the Effects of Package and PCB Materials on Thermal Characteristics of PDIP

I. Y. Chung and G. B. Lee

Key Words : Plastic Dual-In-Line Package(PDIP 패키지), Thermal Dissipation Capability (방열능력), Lead Frame(리드 프레임), Heatspreader (방열판), Thermally Induced Stress(열응력)

Abstract

A three-dimensional finite element model of a 20-pin plastic dual-in-line package(PDIP) plugged into a PCB has been developed by using the finite element code ANSYS. The model has been used for thermal characterization of the package during its normal operation under natural convection cooling. Temperature distributions in the package and PCB are obtained from numerical analysis and compared with experimentally measured data. Various cases are assumed and analyzed to study the effects of package and PCB materials on thermal characteristics of PDIP with and without aluminum heatspreader. Thermal dissipation capability of PDIP is greatly increased due to copper die pad/lead frame and heatspreader. However, thermally induced stresses in the package and fatigue life of chip are improved for PDIP with Alloy 42 die pad/lead frame and no heatspreader. It is also found that the role of PCB on thermal characteristics of PDIP is very important.

기 호 설 명

E : 탄성계수(GPa)

h : 대류 열전달계수(W/m²K)

k : 열전도율(W/mK)

N_f : 피로파괴까지의 사이클수

P : 소비전력(W)

\dot{q} : 단위체적당 발생하는 열량(W/m³)

T : 온도(°C)

T_a : 외부 주위온도(°C)

T_j : 내부 접합온도(°C)

α : 열팽창계수(m/m°C)

Γ : 영역 Ω 의 경계

θ_{ja} : 열저항(°C/W)

ν : 푸아송비

σ_1 : 주응력(MPa)

σ_a : 응력진폭(MPa)

σ_e : 등가응력(MPa)

σ_f : 피로강도계수(MPa)

Ω : 문제의 영역

[B] : 변형률 형상합수 행렬

*정회원, 생산기술연구원 생산시스템개발센터

- [D] : 응력-변형률관계 행렬
 [F] : 열하중벡터
 [K] : 강성행렬
 [K_i] : 열전도행렬
 [T] : 온도벡터
 [u] : 변위벡터
 [Q] : 열량벡터
 [ϵ_i] : 열변형률벡터
 [σ] : 응력벡터

1. 서 론

반도체 칩은 크기가 아주 작고 외부환경에 매우 민감하기 때문에 그대로 사용하지 않고 대체로 패키지로 밀봉하여 사용한다. 패키지는 전력 공급이나 신호전달을 위한 전기적인 연결수단을 제공하고 먼지, 수분 등과 같은 대기환경으로부터 칩을 보호할 뿐만 아니라 칩에서 발생하는 열을 외부로 방출하는 역할을 한다.⁽¹⁾

오늘날 반도체 칩의 다기능화 및 고집적화 경향이 두드러지게 나타나고 있으며 이러한 경향은 필연적으로 칩의 전력밀도와 운영온도의 상승을 가져오고 이것은 결국 칩의 신뢰성과 수명을 크게 저하시킨다.⁽²⁾ 이러한 운영온도의 상승을 억제하기 위해서는 패키지의 방열능력을 향상시킬 필요가 있으며, 이를 위해서는 먼저 패키지의 열특성을 보다 정확히 파악하는 것이 매우 중요하다.

패키지의 열특성을 판단하는 가장 일반적인 방법은 열저항을 구하는 것이다. Andrews 등⁽³⁾은 16핀 및 40핀 PDIP(plastic dual-in-line package)의 재질과 냉각조건의 변화가 열저항에 미치는 영향을 유한차분법으로 계산하고 이를 실험치와 비교하였다. 최근에는 패키지의 방열과정을 파악하고 열저항을 계산하기 위하여 유한요소법이 많이 활용되고 있으며,^(4~6) 또한 패키지 열특성에 관한 전반적인 물리적 개념을 파악하는데는 변수연구를 통한 해석적 방법이 보다 효과적으로 사용되기도 한다.⁽⁷⁾

한편, 패키지는 열팽창계수가 서로 다른 여러가지 재료들로 구성되어 있기 때문에 패키지 주변온도의 변화나 칩에서 발생하는 열로 인해 이들이 접촉하는 부위에서는 높은 응력이 발생한다. 이러한 응력은 대체로 반복적으로 발생하기 때문에 칩이나 몰드 혼합물에서 크랙과 같은 기계적 파괴를 야기

시킬 수 있다.⁽⁸⁾ 이러한 측면을 고려하여 패키지 내부의 열응력상태를 규명하기 위한 많은 노력이 있어 왔다.

PDIP을 비롯한 단일칩(single chip)이나 혹은 다중칩(multi chip) 플라스틱 패키지에 대하여 패키지 내부의 열응력분포를 얻기 위하여 역시 유한요소법이 많이 활용되고 있다.^(9~12) 또한 칩에서의 열응력을 실험적으로 측정하기 위하여 특수한 테스트 칩을 제작하였으며^(10,13) 패키지 내부의 열변형률 상태를 파악하기 위하여 광탄성법이나 모아레 간섭을 이용하기도 하였다.^(14,15)

본 연구에서는 유한요소법을 사용하여 PDIP의 재료와 열특성의 상관관계를 체계적으로 분석하고자 한다. 구체적인 모델링 대상으로는 PC 프린터 카드에 실장되어 있는 20핀 PDIP을 선정하였으며 먼저 이 프린터카드의 정상작동 상태를 가정하여 기본해석을 수행하였다. 그리고 패키지 내부에 삽입되는 방열판(heatspreader)의 유무와 패키지 및 PCB의 재질변화가 패키지의 열저항 및 열응력과 칩의 피로수명에 미치는 영향을 살펴 보았다.

2. 열해석 지배방정식

본 연구에서는 임의의 한 점의 온도가 시간에 관계없이 항상 일정한 정상상태만을 다루고자 한다. 또한 패키지 내부에 있는 칩으로부터의 발열량은 항상 일정하며 이 열은 전도 및 대류현상에 의해서만 외부로 방출되고 복사현상은 일어나지 않는다고 가정하였다.

열전도율이 일정한 경우 정상상태에서의 열전도 방정식은 다음 식으로 표현된다.⁽¹⁶⁾

$$k\nabla^2 T + \dot{q} = 0 \text{ in } \Omega \quad (1)$$

그리고 대류 경계조건은 다음과 같다.

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = h(T - T_a) \text{ on } \Gamma \quad (2)$$

식(1), (2)에 일반적인 유한요소 수식화 과정을 적용하면 다음과 같은 행렬식 형태의 유한요소 방정식을 얻을 수 있다.

$$\{K_i\}\{T\} = \{Q\} \quad (3)$$

열응력을 구하기 위해서는 먼저 다음과 같은 일반적인 유한요소 방정식으로부터 변위 u 를 계산하여야 한다.

$$[K]\{u\}=\{F\} \quad (4)$$

여기서, 열하중 F 는 열팽창계수 및 식(3)의 열전달 해석결과로부터 얻어지는 온도분포에 의해 결정된다. 식(4)로부터 변위가 얻어지면 열응력은 다음 식으로 구해진다.

$$\{\sigma\}=[D](\{B\}\{u\}-\{\epsilon_t\}) \quad (5)$$

3. 유한요소 모델링 및 검증

Fig. 1에서 보는 바와 같이 PC 프린터카드에는 4개의 PDIP과 기타 부품들이 실장되어 있으나, 화살표로 표시한 74LS245 PDIP의 발열량이 다른 PDIP에 비해 상대적으로 매우 높기 때문에 이

PDIP와 주변 PCB를 본 연구에서 다룰 유한요소 모델링 및 이의 검증을 위한 기본해석 대상으로 선정하였다.

유한요소 모델링을 위한 PDIP 및 주변 PCB에 대한 물리적 모델은 Fig. 2와 같다. 이것은 문제를 단순화하기 위해 실제와는 다르게 그림의 X, Y축을 대칭축으로 가정하여 패키지 및 PCB의 1/4만을 고려한 것이다. 또한 리드프레임 끝의 납땜부분은 매우 미세하므로 패키지 전체의 열특성에는 거의 영향을 주지 않는다고 가정하여 모델링에서 고려하지 않았다.

Fig. 3는 유한요소모델을 나타낸 것이다. 모델링에 사용된 요소는 3차원 8절점 육면체요소이며 전

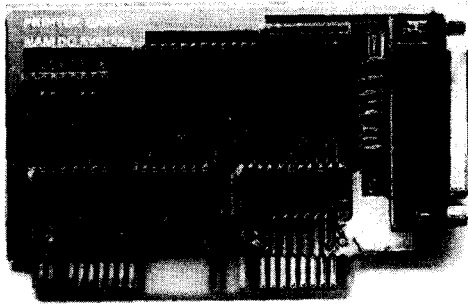


Fig. 1 20-pin PDIP mounted on PC printer card

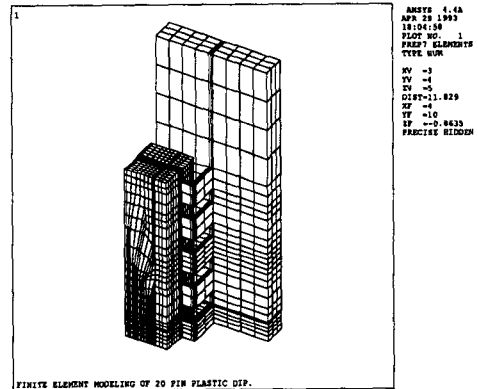


Fig. 3 Finite element model of PDIP assembly

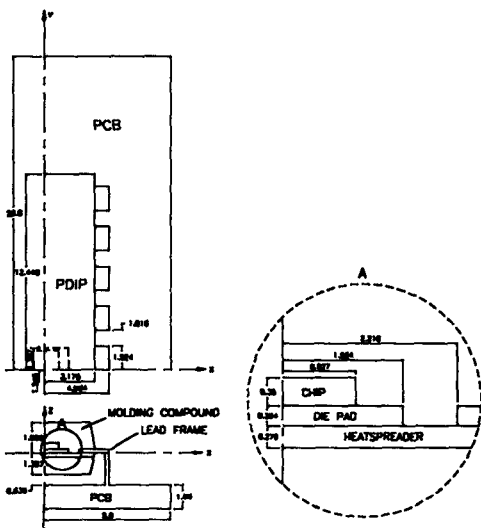


Fig. 2 Physical model of PDIP assembly for finite element modeling (unit : mm)

Table 1 Condition for base case (case 1)

Symbol and description		Value
k (W/mK)	Silicon chip	157.0
	Epoxy bond	0.63
	Die pad/lead frame A (MF-202 ; copper alloy)	154.0
	Molding compound A	2.09
PCB A (plane dir.) (thickness dir.)		0.26
		0.26
h (W/m³)	Package surface	15.0
	PCB surface	10.0
q̇ (W/m³)	Heat generation per unit volume	0.142 × 10 ⁹
T _a (°C)	Ambient temperature	24.5

체 절점수는 8087개이고 요소수는 6560개이다. Table 1은 기본해석에 필요한 물성치와 경계조건을 나타낸 것이다. 대류 열전달계수는 대체로 대류 현상이 일어나는 물체 표면의 상태나 특성길이 등에 따라 변하므로⁽¹²⁾ 여기서도 패키지 표면과 PCB 표면에서의 대류 열전달계수 값을 각각 다르게 가정하였다. 단위체적당 발생열량은 20핀 PDIP의 소비전력을 칩의 체적으로 나눈 값이다. 한편 대칭면에서는 열흐름이 전혀 없다고 가정하였다.

상용프로그램인 ANSYS를 이용하여 수행한 열전달해석 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 최고온도는 43.3°C이며, 칩에서 발생한다. 리드프레임이 PCB와 만나는 곳에서 비교적 높은 온도분포를 보이는데 이는 리드프레임을 통한 PCB로의 열전달이 크게 일어나고 있다는 것을 보여준다.

유한요소 모델링 및 기본 해석결과와 타당성을 검증하기 위해서 PC 프린터카드에 대한 열전달 측정실험을 수행하였다. 실험이 용이하도록 PC 내부에 장착되어 있는 프린터카드를 PC 연결 테이블과

지지대를 사용하여 PC 외부에 설치하였다. 온도를 측정하기 위해서 K형의 열전대를 패키지 표면 중앙(열전대 1), PCB 뒷면 중앙(열전대 2), 리드프레임이 삽입되는 PCB 홀부근(열전대 3, 4)에 부착하였다. 실험 및 해석결과를 Table 2에 나타내었다. 두 결과가 비교적 잘 일치한다는 것을 알 수 있다.

4. 열전달해석

패키지 열특성에 대한 패키지 및 PCB 재료의 영향을 살펴보기 위하여 기본 해석조건을 기준으로 삼아 여러가지 해석조건을 가정하였으며 이를 Table 3에 나타내었다. 경우 1은 기본 해석조건을 의미하며 경우 2, 3, 4는 리드프레임, 몰드 혼합물, PCB 각각의 재질만을 변화시킨 경우를 나타낸 것이다.

Table 3의 모든 경우에 대해서 방열판이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 열전달해석을 수행하여 온도분포를 구하고, 다음 식을 이용하여 열저항을 계산하였다.

$$\theta_{ja} = \frac{T_j - T_a}{P} \quad (6)$$

열저항은 패키지의 방열능력에 반비례하므로 열저항이 작다는 것은 방열능력이 좋다는 것을 의미한다. 방열판이 있는 경우에는, 이의 재질을 열전도율이 238.4 W/mK인 알루미늄이라고 가정하였다. 방열판은 Fig. 2에 나타내었듯이 리드프레임 아래에 위치하며 패키지의 전 평면에 놓여 있다.

Fig. 5는 Table 3의 모든 경우에 대한 열전달해석 결과를 나타낸 것으로 XZ 대칭면의 한 선분

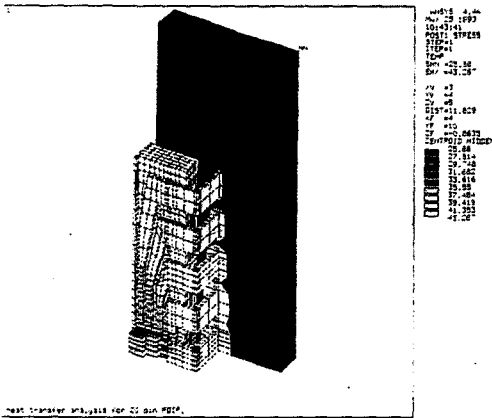


Fig. 4 Temperature contours for the base case

Table 2 Comparison of experimental results with analytical ones

Thermocouple	Experiment (°C)	Analysis (°C)	Error (%)
1	41.3	41.8	1.2
2	34.7	33.0	4.9
3	33.7	33.3	1.2
4	32.8	31.8	1.0

Table 3 Conditions for base and other cases

Case	Die pad/lead frame	Molding compound	PCB(plane dir.)
1	A	A	A
1	B	A	A
1	A	B	A
1	A	A	B
k	A	see Table 1	
(W/mK)	B	15.89(Alloy 42)	0.63
			5.0

($Y=0, Z=0.254$) 상에 놓여 있는 절점의 온도 값을 도시한 것이다. 여기서, N 은 방열판이 없는 경우를, H 는 방열판이 있는 경우를 나타낸다. 예상했던 바와 같이 칩($X=0\sim 0.927$)에서의 온도가 비교적 높았다. 특히 경우 2에서 방열판이 없을 때 칩에서의 온도가 매우 높는데, 이것은 경우 2에서 다이패드 B 이 열전도율이 칩 열전도율에 비해 상대적으로 매우 낮아 다이패드의 방열능력이 미미하다는 것을 말해 준다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 방열판이 있는 경우에는 대체로 칩을 포함한 패키지 내부에서의 온도가 매우 낮을 뿐만 아니라 온도의 구배도 상대적으로 완만하다는 것을 알 수 있다. 또한 방열판이 없는 경우에는 리드프레임이나 몰드 혼합물의 재질이 패키지 내부 온도에 많은 영향을 끼치는 반면, 방열판이 있는 경우에는 리드프레임 재질만이 패키지 내부 온도에 약간의 영향을 주고, 몰드 혼합물 재질이 주는 영향은 거의 없다는 것을 알 수 있다.

위와 같은 사실을 Fig. 6, 7을 통하여 보다 분명히 확인할 수 있다. 이 그림들은 리드프레임 및 몰

드 혼합물의 열전도율을 보다 다양하게 변화시켰을 때 패키지의 열저항 변화를 나타낸 것이다. 방열판이 없는 경우에는 각 재료의 열전도율 증가로 인하여 열저항이 크게 감소하였다. 특히, 리드프레임 재질이 구리계열인 경우 1(N)이 Alloy 42의 경우 2(N)에 비해 열저항이 약 24% 감소하였다. (Table 4)

동일한 재료에 대해서는 방열판이 있는 경우가 없는 경우에 비해 대체로 열저항이 20~38% 감소하였다. 또한 방열판이 있는 경우, Alloy 42 리드프레임을 제외하고는 리드 프레임이나 몰드 혼합물의 재질변화에 따른 열저항의 변화가 거의 없다는 것을 알 수 있다. 이것은 칩에서 발생하는 열이 리드 프레임이나 몰드 혼합물보다는 방열판을 통해 보다 많이 방출되기 때문이다.

한편, 방열판은 패키지 내부에 삽입되어 있으므로 PCB 재질변화가 패키지 내부 온도나 열저항에 미치는 영향의 정도는 방열판의 유무에 관계없이 언제나 거의 비슷하다. 그러나 Table 4에서 보는 바와 같이 PCB의 평면방향 열전도율이 $A(0.26)$ 에서 $B(5.0)$ 로 20배 증가할 때 열저항은 약 20% 감소하였다. 이러한 사실은 정상작동 상태의 패키지 열특성을 고찰할 때 PCB도 중요하게 다루어져

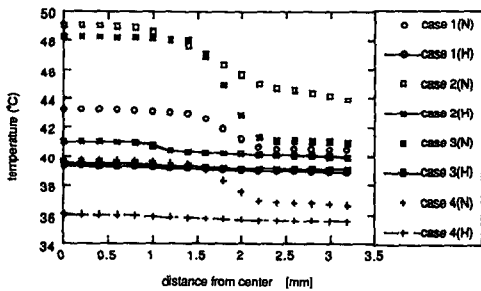


Fig. 5 Temperature distributions along the symmetry plane XZ

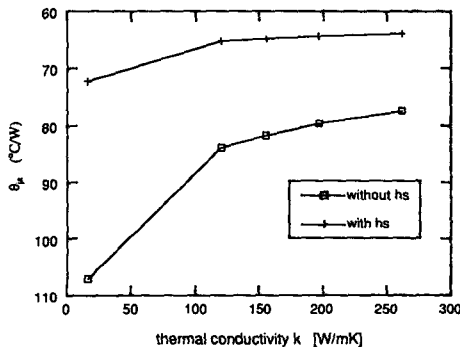


Fig. 6 Thermal resistance of PDIP versus thermal conductivity of lead frame

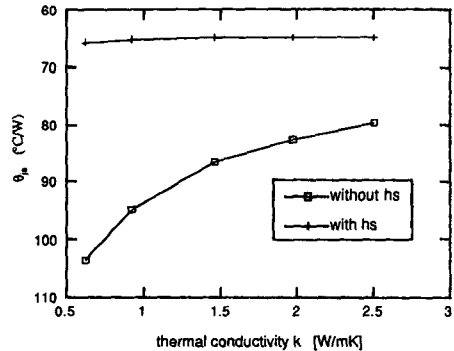


Fig. 7 Thermal resistance of PDIP versus thermal conductivity of molding compound

Table 4 Thermal resistance of 20 pin PDIP

	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4	
	(N)	(H)	(N)	(H)	(N)	(H)	(N)	(H)
$\theta_{ja}(\text{°C}/\text{W})$	81.7	64.8	107.7	72.2	103.5	65.7	66.7	50.4

야 한다는 것을 말해주고 있다.

5. 열응력해석

전절의 열전달해석 결과를 이용하여 Table 3의 네 경우에 대하여 열응력해석을 수행하였다. 열응력해석에 필요한 재료의 물성치를 Table 5에 나타내었다. 두 대칭면에 대하여 대칭 경계조건을 부여하였으며 열응력계산을 위한 기준온도로는 Table 1의 대기 온도를 사용하였다.

Fig. 8은 기본 해석조건인 경우 1에 대한 열응력 해석 결과를 나타낸 것으로 칩 주위에서의 등가응력 분포를 보여주고 있다. 온도는 칩 내부에서 가

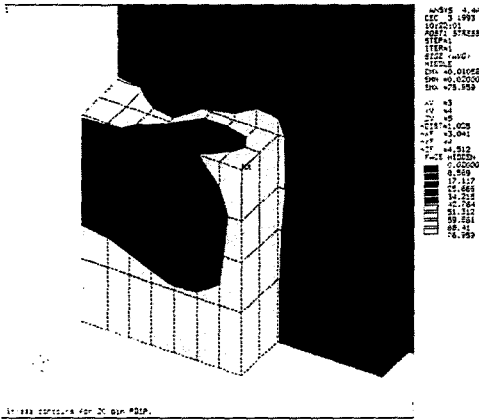


Fig. 8 Equivalent stress contours for the base case

Table 5 Material properties for thermal stress analysis

Material	E(GPa)	ν	$\alpha(10^{-6}m/m^{\circ}C)$	
Silicon chip	168.0	0.28	2.6	
Epoxy bond	6.2	0.21	57.0	
Die pad/lead frame A	144.8	0.34	16.9	
	B	112.5	0.34	16.9
Molding compound A	13.7	0.28	16.0	
	B	15.0	0.28	13.0
PCB(plane dir.)	17.4	0.30	15.8	
	(plane dir.) B	17.4	0.30	17.0
	(thickness dir.)	17.4	0.30	15.8
Heatspreader	68.0	0.32	23.0	

장 높았으나 응력은 칩이 다이패드나 몰드 혼합물과 만나는 칩 가장자리에서 제일 높다는 것을 알 수 있다. 이것은 칩 가장자리에서 온도의 구배가 심할 뿐만 아니라 접촉하는 물질들의 열팽창계수가 서로 크게 다르기 때문이다.

Fig. 9, 10은 네 경우에 대한 해석결과로서 전 절에서와 마찬가지로 XZ 대칭면의 한 선분($Y=0, Z=0.254$)상에 위치한 칩, 몰드 혼합물, 리드 프레임 내부 절점에서의 주응력 및 등가응력을 도시한 것이다. 서로 다른 재료가 만나는 $X=0.9, 2.3$ 부근에서 응력값이 불연속성을 갖는데, 이는 인접한 재료의 물성치가 서로 크게 다를 때 나타나는 현상으로 유한요소법 고유의 특성이라고 볼 수 있다. 그리고 XZ 대칭면상의 칩, 리드프레임, 몰드 혼합물, PCB에서의 응력값을 모든 경우에 대하여 상호 비교해 보면 Table 6와 같다.

먼저 칩을 살펴보면, 경우 1, 3, 4에서는 응력이 거의 비슷하나 경우 2에서는 응력이 크게 떨어졌다. 이것은 경우 2에서는 칩과 다이패드 B의 열팽창 계수가 거의 비슷하기 때문이다. 몰드 혼합물, 리드 프레임, PCB에서의 응력도 경우 1, 3, 4에서는 거의 비슷하지만 경우 2에서는 크게 변화하는

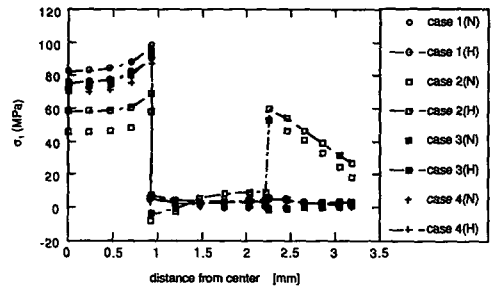


Fig. 9 Principal stress distributions along the symmetry plane XZ

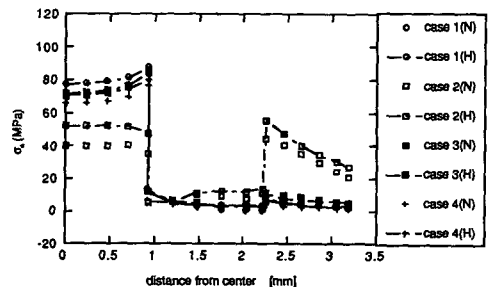


Fig. 10 Equivalent stress distributions along the symmetry plane XZ

Table 6 Thermally induced principal and equivalent stresses

	Case	σ_1	$\sigma_1/\sigma_{1,base}$	σ_e	$\sigma_e/\sigma_{e,base}$
Chip	1(N)	75.63	1.00	71.93	1.00
	1(H)	82.49	1.09	77.41	1.08
	2(N)	46.02	0.61	39.99	0.56
	2(H)	58.58	0.77	52.41	0.73
	3(N)	72.50	0.96	70.51	0.98
	3(H)	75.82	1.00	72.08	1.00
	4(N)	69.63	0.92	66.15	0.92
	4(H)	75.74	1.00	71.01	0.99
Molding compound	1(N)	4.88	1.00	13.38	1.00
	1(H)	6.45	1.32	13.28	0.99
	2(N)	-7.71	-1.58	5.36	0.40
	2(H)	-3.63	-0.74	6.00	0.45
	3(N)	6.38	1.31	12.62	0.94
	3(H)	7.63	1.56	11.67	0.87
	4(N)	4.47	0.92	12.30	0.92
	4(H)	5.92	1.21	12.17	0.95
Lead frame	1(N)	-0.32	1.00	5.54	1.00
	1(H)	5.94	-18.56	8.33	1.50
	2(N)	54.63	-170.7	45.04	8.13
	2(H)	60.83	-190.0	57.37	10.36
	3(N)	-1.21	3.78	11.39	2.06
	3(H)	5.31	-16.59	11.24	2.03
	4(N)	-0.28	0.88	4.45	0.80
	4(H)	5.43	-16.97	7.65	1.38
PCB	1(N)	0.22	1.00	0.83	1.00
	1(H)	0.25	1.14	1.17	1.41
	2(N)	-1.30	-5.91	6.84	8.24
	2(H)	-1.48	-6.78	5.91	7.12
	3(N)	0.24	1.09	0.82	0.99
	3(H)	0.26	1.18	1.04	1.25
	4(N)	0.37	1.68	0.65	0.78
	4(H)	0.44	2.00	0.92	1.11

것을 알 수 있다. 이것은 다이패드 및 리드프레임 A와 B의 열팽창계수의 차이가 매우 크기 때문이며, 특히 경우 2의 리드프레임에서의 응력이 매우 높은 것은 리드프레임 B와 주위의 몰드 혼합물의 열팽창계수가 크게 다르기 때문이다. 또한 모든 경우 방열판이 있을 때의 응력값이 없을 때의 값보다 더 높는데, 결국 본 연구에서 다루고 있는 알루미늄 방열판은 패키지 방열능력은 크게 향상시켜 주지만 응력 측면에서는 별다른 기여를 하지 못한다고 볼 수 있다.

앞에서 언급한 응력은 PDIP이 정상작동중일 때, 즉, 프린터카드가 ON상태일 때 발생하는 것으로 OFF상태가 되면 응력은 거의 존재하지 않는다고 볼 수 있다. 따라서 ON/OFF상태가 반복될 경우 이 응력은 교번응력(alternate stress) 특성을 갖게 된다. 그러므로 이 응력은 비록 재료의 파괴강도에는 훨씬 못미친다 하더라도 피로파괴를 야기할 수 있으며 이때의 피로수명을 예측하기 위해서는 다음과 같은 관계식이 많이 이용된다.⁽¹⁷⁾

$$\sigma_a = \sigma_f (N_f)^b \quad (7)$$

여기서는 PDIP에서 가장 중요한 칩의 피로수명을 계산해 보았다. 응력 진폭 $\sigma_a = \sigma_{1,max}/2$ ($\sigma_{1,max}$: 칩에서의 최대 주응력), 피로강도계수 $\sigma_f = 250$ MPa(실리콘 파괴강도)라 하고 지수 b 를 -0.09 로 가정했을 때, 네 경우에 대하여 칩의 피로수명을 계산하면 Table 7과 같다. 표에서 보는 바와 같이 최대 피로수명은 방열판이 없는 경우 2로서 $N_f = 9.2 \times 10^8$ cycle이며, 최소 피로수명은 방열판이 있는 경우 1로서 $N_f = 1.5 \times 10^6$ cycle이다.

6. 결 론

본 연구에서는 20핀 PDIP을 대상으로 패키지의 리드프레임과 몰드 혼합물, 그리고 PCB의 재질변

Table 7 Maximum principal stress and number of cycles to failure of chip

	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4	
	(N)	(H)	(N)	(H)	(N)	(H)	(N)	(H)
$\sigma_{1,max}$ (MPa)	137.2	138.7	78.0	83.2	137.1	129.8	126.0	127.0
N_f ($\times 10^6$) cycle)	1.7	1.5	923.2	450.7	1.8	3.2	4.5	4.1

화 및 패키지 내부에의 방열판 삽입여부에 의한 패키지의 열특성 변화를 고찰해 보았으며, 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 방열판이 없을 때 다이패드 및 리드프레임의 재질이 구리계열인 경우 Alloy 42의 경우에 비해 패키지 열저항은 약 24% 감소하였지만, 칩에서의 주응력은 오히려 60% 이상 증가하였다.

(2) 패키지 재질이 동일한 경우, 알루미늄 방열판으로 인하여 패키지의 방열능력은 크게 향상되었지만 패키지 내부의 응력은 오히려 약간 증가하였다.

(3) PCB 재질의 변화에 따른 패키지 열저항이나 열응력의 변화량은 방열판의 유무에 관계없이 비슷하였으며, PCB 재질도 정상작동 상대의 패키지 열특성을 고찰할 때 중요하게 다루어져야 한다는 것을 알 수 있었다.

(4) 칩의 피로수명은 다이패드 재질이 Alloy 42이고 방열판이 없을 때 최대치를 나타냈으며, 다이패드 재질이 구리계열이고 방열판이 있을 때의 최소치에 비해 약 600배 정도 높았다.

앞으로는 수치적방법과 실험적방법을 병행하여 다이패드, 리드프레임, 그리고 방열판의 크기나 형상 및 위치 등이 패키지 열특성에 미치는 영향을 고찰할 필요가 있다고 생각된다.

후 기

본 연구는 상공자원부에서 지원하는 공업기반기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Minges, M. L. and Dostal, C. A., et. al.(ed.), 1989, *Electronic Materials Handbook Vol. 1 Packaging*, ASM International, Materials Park.
- (2) Tummala, R. R. and Rymaszewski, E. J.(ed.), 1989, *Microelectronics Packaging Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- (3) Andrews, J. A., Mahalingam, L. M. and Berg, H. M., 1981, "Thermal Characteristics of 16-and 40-Pin Plastic DIP's," *IEEE Trans. CHMT* 4, pp. 455~461.
- (4) Bonnifait, M., Cadre, M. and Charlier, H., 1986, "Thermal Simulations for Electronic Components Using Finite Elements and Nodal Networks," *Proc. ASME Nat. Heat Transfer Conf.* 57, pp. 183~188.
- (5) Staszak, Z. J., Prince, J. L. Cooke, B. J., and Shope, D. A., 1987, "Design and Performance of a System for VLSI Packaging Thermal Modeling and Characterization," *IEEE Trans. CHMT* 10, pp. 628~636.
- (6) Childres, W. S. and Peterson, G. P., 1989, "Quantification of Thermal Contact Conductance in Electronic Packages," *IEEE Trans. CHMT* 12, pp. 717~722.
- (7) Lee, C. C., Palisoc, A. L. and Min, Y. J., 1989, "Thermal Analysis of Integrated Circuit Devices and Packages," *IEEE Trans. CHMT* 12, pp. 701~709.
- (8) Bar-Cohen, A., 1992, "State-of-the-Art and Trends in the Thermal Packaging of Electronic Equipment," *ASME Trans. J. of Electronic Packaging*, Vol. 114, pp. 257~270.
- (9) Darveaux, R., Turlik, I., Hwang, L. and Reisman, A., 1989, "Thermal Stress Analysis of a Multichip Package Design," *IEEE Trans. CHMT* 12, pp. 663~672.
- (10) Pendse, R. D., 1991, "A Comprehensive Approach for the Analysis of Package Induced Stress in IC's Using Analytical and Empirical Methods," *IEEE Trans. CHMT* 14, pp. 870~873.
- (11) Nguyen, L. A., Gee, S. A., Bogert, W. F. v. d., 1991, "Effects of Configuration on Plastic Package Stresses," *ASME Trans. J. of Electronic Packaging*, Vol. 113, pp. 397~404.
- (12) Aghazadeh, M. and Mallik, D., 1990, "Thermal Characteristics of Single and Multilayer High Performance PQEP Packages," *IEEE Trans. CHMT* 13, pp. 975-979.
- (13) Miura, H., Kitano, M., Nishimura, A. and Kawai, S., 1993, "Thermal Stress Measurement in Silicon Chips Encapsulated in IC Plastic Packages Under Temperature Cycling," *ASME Trans. J. of Electronic Packaging*, Vol. 115, pp. 9~15.

- (14) Sullivan, T., Rosenberg, J. and Matsuoka, S., 1988, "Photoelastic and Numerical Investigation of Thermally Induced Restrained Shrinkage Stress in Plastics," *IEEE Trans. CHMT* 11, pp. 473~480.
- (15) Bastawros, A. F. and Voloshin, A. S., 1990, "Transient Thermal Strain Measurements in Electronic Packages," *IEEE Trans. CHMT* 13, pp. 961~966.
- (16) 下關正義, 藤沼平一, 1988, "PC-9891 有限要素法/非定常熱應力プログラミン," 日刊工業新聞社, 東京.
- (17) Fuchs, H. O. and Stephens, R. I., 1980, *Metal Fatigue in Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- (18) 이규봉, 정일용 외, 1992, "IC 패키지 설계를 위한 열해석 시스템 개발," 상공자원부 공업기반기술개발 최종보고서, 생산기술연구원, 서울.