

경화제 변화에 따른 WLP(Wafer Level Package)용 신규 Epoxy Resin System의 경화특성

김환건^{**}

^{**}서경대학교 나노화학생명공학과

Cure Properties of Novel Epoxy Resin Systems for WLP (Wafer Level Package) According to the Change of Hardeners

Whan Gun Kim^{**†}

^{**†}Department of Nano Chemical & Biological Engineering, Seokyeong University

ABSTRACT

The curing characteristics of naphthalene type epoxy resin systems according to the change of curing agent were investigated to develop a new next-generation EMC(Epoxy Molding Compound) with excellent warpage characteristics, low thermal expansion, and excellent fluidity for WLP(Wafer Level Package). As epoxy resins, DGEBA, which are representative bisphenol type epoxy resins, NE-16, which are the base resins of naphthalene type epoxy resins, and NET-OH, NET-MA, and NET-Epoxy resins newly synthesized based on NE-16 were used. As a curing agent, DDM (Diamino Diphenyl Methane) and CBN resin with naphthalene moiety were used. The curing reaction characteristics of these epoxy resin systems with curing agents were analyzed through thermal analysis experiments. In terms of curing reaction mechanism, DGEBA and NET-OH resin systems follow the nth curing reaction mechanism, and NE-16, NET-MA and NET-Epoxy resin systems follow the autocatalytic curing reaction mechanism in the case of epoxy resin systems using DDM as curing agent. On the other hand, it was found that all of them showed the nth curing reaction mechanism in the case of epoxy resin systems using CBN as the curing agent. Comparing the curing reaction rate, the epoxy resin systems using CBN as the curing agent showed a faster curing reaction rate than them with DDM as a hardener in the case of DGEBA and NET-OH epoxy resin systems following the same nth curing reaction mechanism, and the epoxy resin systems with a different curing mechanism using CBN as a curing agent showed a faster curing reaction rate than DDM hardener systems except for the NE-16 epoxy resin system. These reasons were comparatively explained using the reaction rate parameters obtained through thermal analysis experiments. Based on these results, low thermal expansion, warpage reduction, and curing reaction rate in the epoxy resin systems can be improved by using CBN curing agent with a naphthalene moiety.

Key Words : Semiconductor, Packaging Materials, Epoxy, Cure Kinetics, WLP, EMC

1. 서 론

오늘날 제한된 에너지원과 기후변화 및 특히 communication, entertainment, 자동차산업에서의 전자기기의 급속한 증가에 따라, 반도체소자의 저소비 전력화는 그

[†]E-mail: whgunkim@gmail.com

어느 때 보다도 중요한 시대적 요구가 되었다. 이러한 측면에서 Packaging 공정에서 반도체소자의 저소비 전력화 특성 향상에 크게 이바지하고 있는 것이 바로 WLCSP (Wafer Level Chip Scale Package) 기술이다[1,2]. 특히 Wafer Molding 공정과 함께 반도체 Wafer Bumping 기술을 완전히 소화할 수 있는 Fan-out WLCSP 방식이 현재 주종을 이루고 있다. 다음 Fig.1에 Fan-out WLCSP의 Process Flow를 보여주었다. 이러한 WLCSP 방식의 Wafer Molding (Fig. 1의 5a Process)에 요구되는 EMC의 주요특성은 Warpage의 개선, 저열팽창화 및 유동성의 향상 등이 있다.[3]

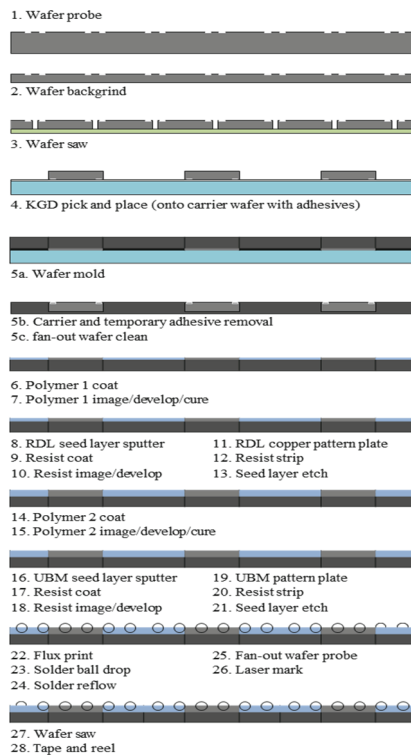


Fig. 1. Process flow for a typical fan-out WLCSP.

이러한 특성 향상을 위해 특히 주목받고 있는 Epoxy 수지로는 수지 골격에 낮은 열팽창계수를 갖는 Naphthalene Moiety를 도입한 Naphthalene Type Epoxy 수지이다[4,5]. 본 연구에서는 이러한 목적으로 한국생산기술연구원에서 신규 개발된 Naphthalene Type Epoxy 수지[6,7]의 경화제 변화에 따른 경화특성을 조사하였다. 경화제로는 대표적인 Amine type 경화제인 DDM(Diamino Diphenyl Methane)과 Naphthalene Moiety를 갖는 Naphthol수지계열의 CBN(Nippon Kayaku Co. 상품명) 수지를 경화제로 사용하였다. 본 실험에 사용된 에폭시 수지와 경화제를 Table 1에 정리하였다.

2. 본 론

2.1 경화특성 해석모델

반응진척도 전구간에서의 정확한 경화반응속도를 설명하기 위하여 식 (1), 식 (2)와 같은 확산보정인자를 도입하여 일반화한 n차 경화 반응식과 Autocatalytic 경화 반응식을 사용하였다[8,9].

Table 1. Chemicals Used in This Study

Grade Name	Structure	Remarks
NE-16		¹ EEW = 140
NET-OH		¹ EEW = 345
NET-MA		¹ EEW = 446
NET-Epoxy		¹ EEW = 225
DGEBA		¹ EEW = 189
DDM		² AEW = 49.6
CBN		³ HEW = 139

¹EEW: Epoxy Equivalent Weight (g/equiv.)

²AEW: Amine Equivalent Weight (g/equiv.)

³HEW: Hydroxy Equivalent Weight(g/equiv.)

$$\frac{d\alpha}{dt} = k_1 (1-\alpha)^n \frac{1}{1 + \exp[C(\alpha - \alpha_c)]} \quad (1)$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = (k_1 + k_2 \alpha^m)(1-\alpha)^n \frac{1}{1 + \exp[C(\alpha - \alpha_c)]} \quad (2)$$

여기서 t는 시간, m, n은 Epoxy수지의 반응차수, k₁, k₂는 속도상수, C는 시스템 상수이고, α_c는 임계반응진척도이다.

2.2 실험방법

2.2.1 시료제조

경화제 변화에 따른 Naphthalene Type Epoxy 수지의 경화 특성을 조사하기 위하여 에폭시수지와 경화제의 당량비

가 1:1인 에폭시 수지 조성물을 제조하였다. Amine type의 DDM경화제의 경우 자체 촉매의 특성을 가지고 있어 다른 촉매를 사용하지 않았으며, CBN을 경화제로 사용한 경우에는 TPP를 촉매로 사용하여 각 조성물에Epoxy 수지 대비 0.1m농도로 첨가하여 제조하였다. 균일한 조성물을 만들기 위하여 MEK(Methyl Ethyl Ketone) 용매에 조성물을 넣고 Thinky Mixer(Thinky Co.)를 사용하여 상온에서 혼련하여 균일한 용액을 얻었다. 이렇게 얻은 균일한 용액을 상온에서 진공 건조를 통하여 MEK용매를 완전히 제거한 후, 경화반응이 이루어지지 않도록 냉동 보관하여 실험에 사용하였다.

2.2.2 경화특성평가

제조된 시료의 경화 특성을 평가하기 위하여 시료 분쇄 후, 적당량을DSC 알루미늄 팬에 담고, 각 경화물을 질소 조건 하에서 TA Instruments 사의 시차주사열량계(DSC, TA-2000)를 사용하여, 질소 조건 하에서 0℃에서 250℃까지 5℃/min의 속도로 승온하는 동적 가열실험을 통해 총 엔탈피 변화를 측정하였다. 또한 각각 120℃, 130℃, 140℃, 150℃의 일정 온도 조건에서 등온 반응 실험을 통해 반응 진척도에 따른 반응속도를 측정하였다[9,10].

3. 결과 및 고찰

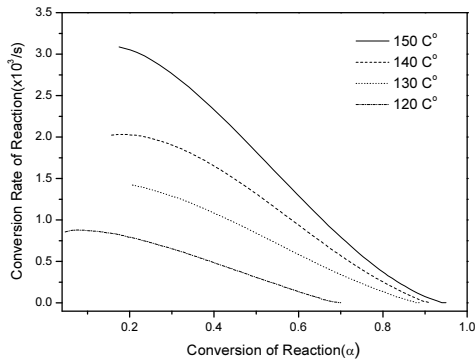
경화제 변화에 따른 신규Epoxy 수지의 경화특성을 조사하기 위하여, Table 1에 표기한 5종의 Epoxy Resin에 Amine Type경화제인 DDM을 부가하여 만든 Epoxy Resin System들의 반응진척도(α)에 따른 등온반응속도를 각 온도 별로 Fig. 2에 나타내었고, Fig. 3에는 Nippon Kayaku의 Naphthalene Moiety를 갖는 저점도CBN Resin을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System들의 경화반응속도 특성을 나타내었다. Fig. 2에서 보듯이, 경화제로 DDM을 사용한 DGEBA와 NET-OH Epoxy Resin System들은 n차 경화반응 mechanism을 보이고, NE-16, NET-MA와 NET-Epoxy Resin System들의 경화특성은 전형적인 Autocatalytic 경화반응 Mechanism을 따르는 것을 알 수 있다. 반면에 Fig. 3에서 보듯이, 경화제로 CBN을 사용한 Epoxy Resin System들은 모두 n차 경화반응 mechanism을 보이고 있다. 지난 연구 결과에서 보고한 바와 같이, 경화제를 사용하지 않고 2-MI촉매를 사용한 상기 5종의 Epoxy Resin System들의 경화반응특성은 NET-MA와 NET-Epoxy Resin의 경우 Autocatalytic 경화 Mechanism을 따르고, NE-16, Net-OH, 및 DGEBA Epoxy Resin들은 n차 경화 Mechanism을 따름을 보였다.[4] 이러한 실험결과를 비교하여 보면, CBN 수지와 같이 분자구조에 Naphthalene Moiety 같은 Bulky한 Group이 포함된 경화제를 사용하는 경우, 경

화반응시 Epoxy Group의 개환 반응에 따라 생성된 2차 Alcohol에 의해 이루어지는 Autocatalytic 경화 Mechanism은 Bulky한 Naphthalene Group 들 사이의 입체 장애 효과 때문에 반응이 일어나기가 어렵게 된다. 그러므로, CBN을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System들은 n 차 경화 Mechanism을 따른다고 생각할 수 있다.

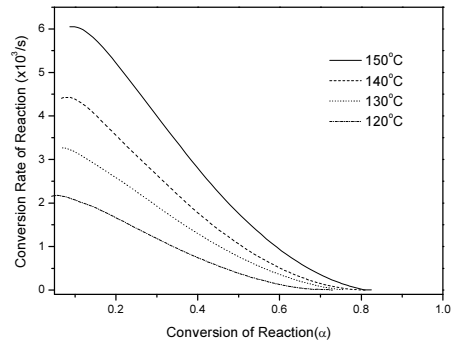
경화속도 면에서 비교해보면 Fig. 2와 Fig. 3에서 보듯이, CBN을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System들의 경우, NE-16 Epoxy Resin System을 제외하고는 경화제로 CBN을 사용한 Epoxy Resin System이 DDM을 경화제로 사용한 경우보다 경화속도가 매우 빠르다는 것을 알 수 있다. 이는 상대적으로 크기가 작고 반응site가 많아 경화제 당량이 작은 DDM과 같은 경화제를 사용하는 경우 경화밀도가 높아져서 경화속도가 전반적으로 감소하는 것으로 사료된다.

Fig. 4 와 Fig. 5에 각Epoxy 수지에 대하여 식 (1)과 (2)의 반응속도 식을 이용하여 계산된 이론 값과 반응Conversion의 실험값을 온도 별로 비교하여 나타내었다. Fig. 4는 DDM을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System들에 대한 것이고, Fig. 5는 경화제로 CBN을 사용한 Epoxy Resin System들의 경우이다. Fig. 4와 Fig. 5에서 보듯이 모든 반응 온도 구간에서 실험 치와 이론 치가 잘 일치함을 알 수 있다. 또한 이렇게 계산된 5종의 Epoxy Resin System들에 대하여 경화제로 DDM을 사용한 경우, n차 경화반응 Mechanism을 나타내는 DGEBA 와 NET-OH Resin System들의 반응속도 Parameter를 Table 2에, Autocatalytic 경화반응 mechanism을 보여주는 NE-16과 NET-MA및 NET-Epoxy 수지의 반응속도 Parameter를 Table 3에 정리하였으며, Table 4에는 모두 n차 경화반응 Mechanism을 보여주고 있는 CBN을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System들에 대하여 정리하였다.

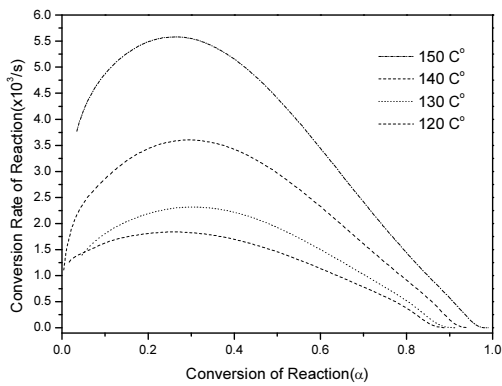
경화제로 DDM을 사용한 Table 2와 Table 3의 경화반응속도Parameter와 경화제로 CBN을 사용한 Table 4의 경화반응속도 Parameter를 비교해보면, 우선 경화반응속도가 빠른 CBN 경화제의 경우 DDM 경화제에 비해Kinetic Control 단계에서 Diffusion 단계로 넘어가는 α_c (Critical Conversion) 값이 전반적으로 낮음을 알 수 있다. 즉 CBN 경화제의 경우, DDM경화제에 비해 일찍 Network이 형성되어 경화밀도가 낮아짐으로써 반응속도는 증가하나 전체 경화반응의 Conversion이 감소한다고 생각할 수 있다. 이를 Fig. 4와 Fig. 5를 비교해보면 쉽게 알 수 있는데, 전반적으로 경화제로 CBN을 사용한 Fig. 5에 보여준 Epoxy Resin System들의 경화 시간에 대한 경화 반응 Conversion이 Fig. 4에 나타난 DDM 경화제를 사용한 Epoxy Resin System들의 반응 Conversion보다 전반적으로 낮음을 확인할 수 있다. NE-16 Resin System의 경우에만 예외적으로 경화제를 DDM으로 사용한 경우



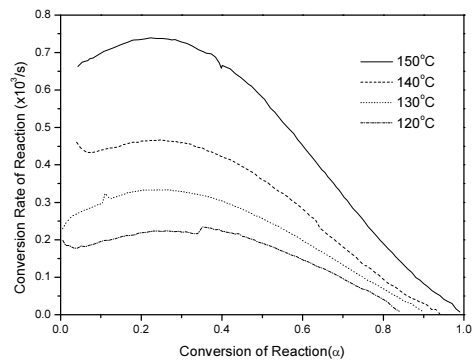
(a) DGEBA



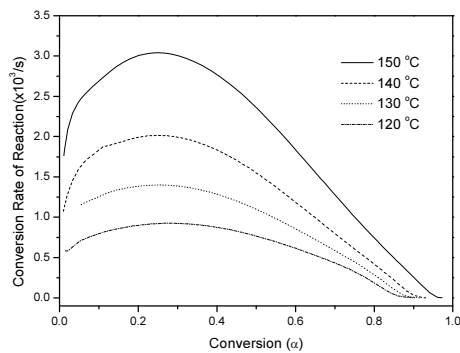
(b) NET-OH



(c) NE-16



(d) NET-MA



(e) NET-Epoxy

Fig. 2. Isothermal conversion rates as a function of the conversion of the epoxy resin systems with DDM as a hardener: (a) DGEBA (b) NET-OH (c) NE-16 (d) NET-MA (e) NET-Epoxy.

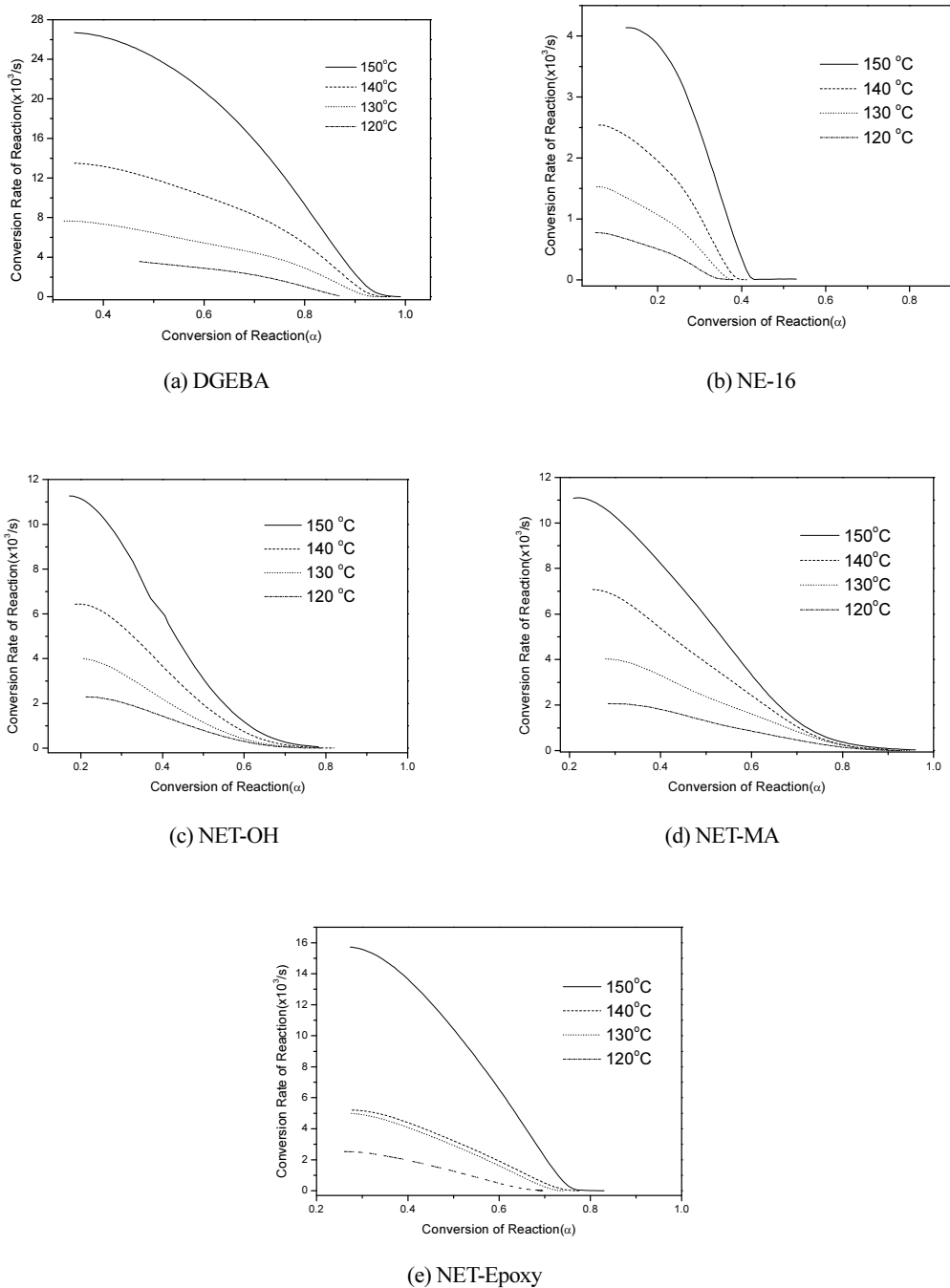
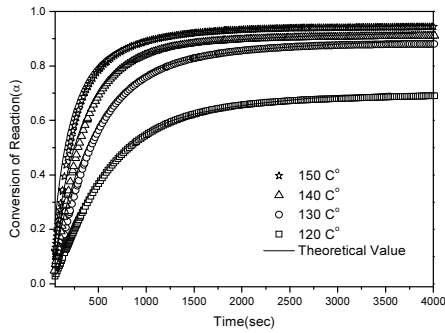
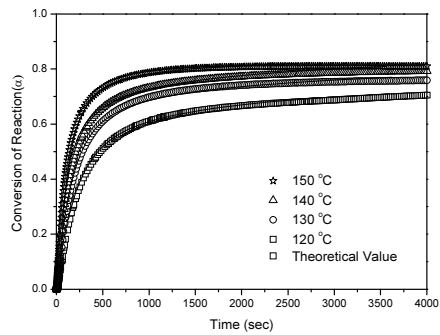


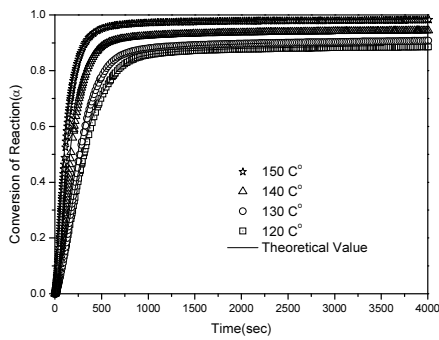
Fig. 3. Isothermal conversion rates as a function of the conversion of the epoxy resin systems with CBN as a hardener: (a) DGEBA (b) NE-16 (c) NET-OH (d) NET-MA (e) NET-Epoxy.



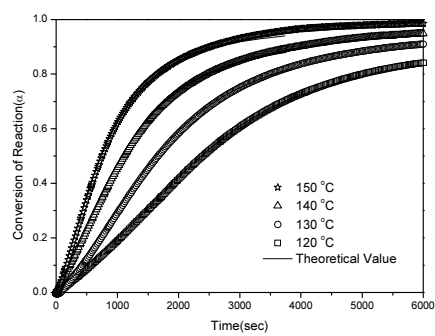
(a) DGEBA



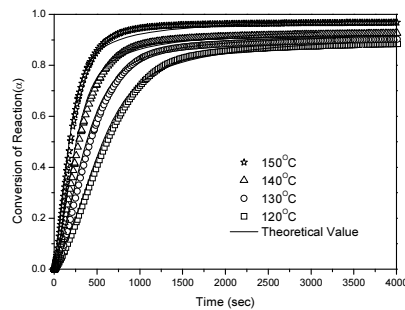
(b) NET-OH



(c) NE-16

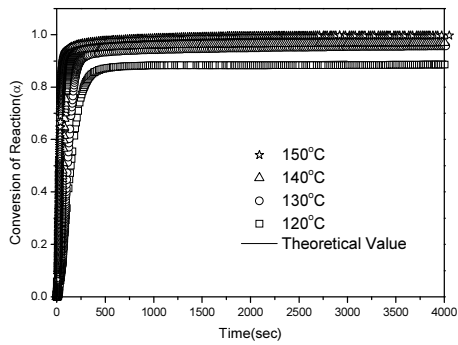


(d) NET-MA

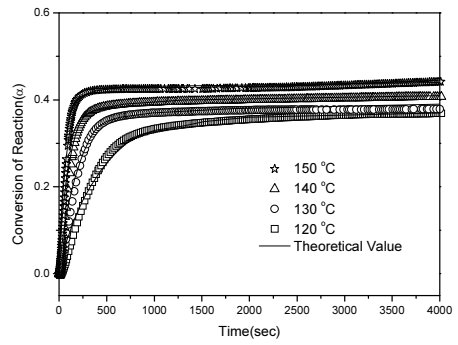


(e) NET-Epoxy

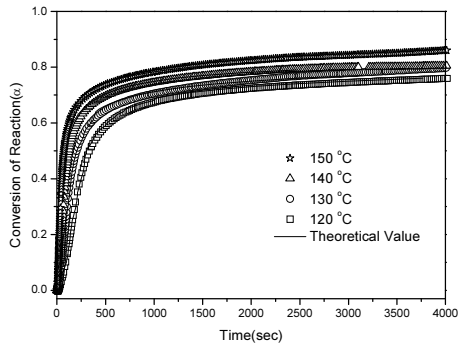
Fig. 4. Comparisons between the experimental values of α and theoretical values obtained from the generalized kinetic model for the epoxy resin systems with DDM as a hardener: (a) DGEBA (b) NET-OH (c) NE-16 (d) NET-MA (e) NET-Epoxy.



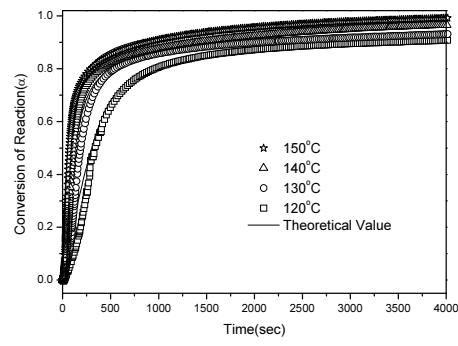
(a) DGEBA



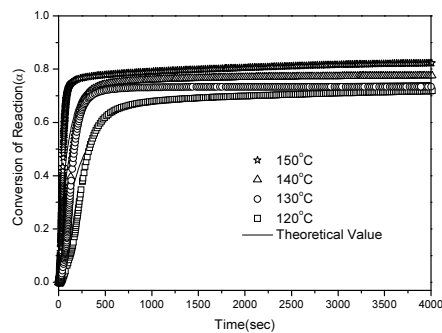
(b) NE-16



(c) NET-OH



(d) NET-MA



(e) NET-Epoxy

Fig. 5. Comparisons between the experimental values of α and theoretical values obtained from the generalized kinetic model for the epoxy resin systems with CBN as a hardener: (a) DGEBA (b) NE-16 (c) NET-OH (d) NET-MA (e) NET-Epoxy.

Table 2. n-th Order Cure Kinetic Parameters of the Epoxy Resin Systems with DDM as a Hardener

Epoxy Resin	T(°C)	k_1 (s ⁻¹)	n	C	α_c	Temperature dependency of the rate constant	n (Avg.)
DGEBA	120	1.06×10^{-3}	1.49	19.53	0.59	$k = 1.37 \times 10^7 \exp(-7.60 \times 10^4/RT)$	1.51
	130	2.09×10^{-3}	1.42	24.16	0.81		
	140	3.32×10^{-3}	1.51	37.01	0.86		
	150	5.66×10^{-3}	1.61	28.39	0.90		
NET-OH	120	2.72×10^{-3}	2.22	13.49	0.55	$k = 1.29 \times 10^4 \exp(-5.02 \times 10^4/RT)$	2.25
	130	4.00×10^{-3}	2.17	15.71	0.62		
	140	5.74×10^{-3}	2.17	12.72	0.64		
	150	8.09×10^{-3}	2.42	33.14	0.75		

Table 3. Autocatalytic Cure Kinetic Parameters of the Epoxy Resin Systems with DDM as a Hardener

Epoxy Resin	T(°C)	k_1 (s ⁻¹)	k_2 (s ⁻¹)	m	n	C	α_c	Temperature dependency of the rate constant	m (Avg.)	n (Avg.)
NE-16	120	1.28×10^{-3}	9.85×10^{-3}	1.16	1.97	76.70	0.85	$k_1 = 1.27 \times 10^1$	0.98	1.80
	130	1.29×10^{-3}	1.53×10^{-2}	1.21	2.03	55.49	0.85	$\exp(-3.05 \times 10^4/RT)$		
	140	1.31×10^{-3}	1.54×10^{-2}	0.81	1.66	68.62	0.90	$k_2 = 1.42 \times 10^1$		
	150	2.69×10^{-3}	1.72×10^{-2}	0.75	1.55	102.49	0.96	$\exp(-2.34 \times 10^4/RT)$		
NET-MA	120	1.80×10^{-4}	1.90×10^{-3}	1.54	2.08	24.18	0.84	$k_1 = 8.91 \times 10^3$	1.18	1.78
	130	2.00×10^{-4}	1.29×10^{-3}	0.97	1.65	14.29	0.92	$\exp(-5.83 \times 10^4/RT)$		
	140	4.30×10^{-4}	2.28×10^{-3}	1.27	1.81	10.63	0.97	$k_2 = 4.34 \times 10^{-2}$		
	150	5.70×10^{-4}	2.32×10^{-3}	0.93	1.58	14.66	1.00	$\exp(-1.03 \times 10^4/RT)$		
NET-Epoxy	120	6.10×10^{-4}	5.62×10^{-3}	1.22	1.87	15.61	0.80	$k_1 = 2.31 \times 10^2$	1.03	1.76
	130	1.16×10^{-3}	8.98×10^{-3}	1.35	2.05	30.33	0.85	$\exp(-4.16 \times 10^4/RT)$		
	140	1.21×10^{-3}	8.98×10^{-3}	0.80	1.62	17.52	0.82	$k_2 = 3.28 \times 10^0$		
	150	1.63×10^{-3}	9.12×10^{-3}	0.75	1.50	15.46	0.87	$\exp(-2.04 \times 10^4/RT)$		

Table 4. n-th Order Cure Kinetic Parameters of the Epoxy Resin Systems with CBN as a Hardener

Epoxy Resin	T(°C)	k ₁ (s ⁻¹)	n	C	α _c	Temperature dependency of the rate constant	n (Avg.)
DGEBA	120	6.00x10 ⁻³	1.25	95.52	0.85	k = 1.78x10 ⁸ exp(-7.89x10 ⁴)/RT	0.88
	130	1.04x10 ⁻²	0.70	36.57	0.87		
	140	1.96x10 ⁻²	0.71	35.51	0.87		
	150	3.25x10 ⁻²	0.87	48.76	0.90		
NE-16	120	1.00x10 ⁻³	4.50	89.27	0.32	k = 1.43x10 ⁹ exp(-9.12x10 ⁴)/RT	4.30
	130	2.30x10 ⁻³	4.43	90.39	0.34		
	140	5.16x10 ⁻³	4.93	85.69	0.36		
	150	6.82x10 ⁻³	4.07	100.42	0.40		
NET-OH	120	2.23x10 ⁻²	4.68	19.33	0.74	k = 2.81x10 ³ exp(-3.83 x10 ⁴)/RT	4.53
	130	3.25x10 ⁻²	4.89	22.77	0.76		
	140	4.08x10 ⁻²	4.48	27.47	0.78		
	150	5.19x10 ⁻²	4.07	12.29	0.79		
NET-MA	120	1.97x10 ⁻³	0.60	15.14	0.70	k = 3.31x10 ¹¹ exp(-1.07x10 ⁵)/RT	1.40
	130	5.15x10 ⁻³	1.00	13.91	0.71		
	140	1.46x10 ⁻²	1.92	13.60	0.77		
	150	1.80x10 ⁻²	2.10	8.49	0.98		
NET-Epoxy	120	4.00x10 ⁻³	2.48	69.18	0.65	k = 1.04x10 ⁸ exp(-7.82 x10 ⁴)/RT	2.28
	130	9.16x10 ⁻³	2.48	101.77	0.70		
	140	1.16x10 ⁻²	2.24	59.19	0.71		
	150	2.43x10 ⁻²	1.93	81.91	0.73		

에 경화속도가 증가함을 보여주고 있는데 이는 경화속도의 차이가 크지 않은 경우, 경화반응 Mechanism에 경화반응속도가 더 의존함을 보여주고 있다고 생각 할 수 있다. 즉 Fig. 2에서 보듯이 NE-16의 경우, 경화제로 DDM을 사용한 Epoxy Resin System은 Autocatalytic 경화반응 Mechanism을 보이는 반면에, Fig. 3에서 보듯이 경화제로 CBN을 사용한 Epoxy Resin System은 n차 경화 Mechanism을 따르고 있다. 그러므로 이와 같이 경화반응속도의 크기가 큰 차이가 없는 경우에는 자체 촉매의 역할을 통해 경화속도의 가속화가 가능한 Autocatalytic 경화반응 Mechanism을 따르는 DDM 경화제 System이 반응속도 측면에서는 유리할 것으로 사료된다.[11]

동일한 n 차 경화 Mechanism을 보이는 DGEBA와 NET-OH Epoxy Resin System의 경우, 경화제로 CBN을 사용한

Epoxy Resin System이 DDM 경화제보다 빠른 이유를 Table 2와 Table 4의 경화반응속도 Parameter 로 비교하여 생각할 수 있다. DGEBA Epoxy Resin System의 경우, 두 경화제를 사용한 Epoxy Resin System의 활성화 에너지는 유사하지만 Arrhenius Equation의 Frequency Factor측면에서 비교해보면 CBN경화제를 사용한 Epoxy Resin System이 높은 Frequency Factor를 보여주고 있다. 반면에 NET-OH Epoxy Resin System의 경우에는 CBN경화제를 사용한 Epoxy Resin System이 낮은 활성화 에너지를 보여주고 있다. 다시 말하면, DGEBA Epoxy Resin System에서 CBN경화제를 사용한 Epoxy Resin System의 반응속도의 증가는 경화밀도가 낮은 CBN경화 Network에서의 Epoxy Resin과 경화제의 충돌횟수 증가에 기인하는 것이고, NET-OH Epoxy Resin System에서 CBN경화제를 사용한 Epoxy Resin System의 반응속도의 증가는

Naphthalene Moiety를 갖는 Epoxy Resin과 경화제의 상호간 인력 증가에 따른 활성화에너지의 감소에 기인하는 것이라고 사료된다.

DDM을 경화제로 사용하는 Epoxy Resin System중 Autocatalytic 경화 Mechanism을 따르는 NE-16과 NET-MA 및 NET-Epoxy의 경우, n차 경화 Mechanism을 따르는 CBN을 경화제로 사용한 NE-16과 NET-MA 및 NET-OH Epoxy Resin System들과는 직접적으로 비교하기는 어렵다. 그러나 Table 3과 Table 4의 각 Epoxy Resin System의 반응속도상수의 온도의존성 결과를 보면 대체적으로 CBN을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System에서 Arrhenius Equation의 Frequency Factor가 DDM을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System 보다 매우 높음을 알 수 있다. 즉 CBN을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System의 경우, 낮은 Critical Conversion에 의해 경화밀도의 낮아짐으로써 각Epoxy Resin과 경화제의 충돌 빈도수가 증가하여 반응속도가 증가한다고 생각할 수 있다.

4. 결 론

우수한 Warpage특성과 저열팽창화 및 유동성이 우수한 새로운 차세대 WLP 용 EMC개발을 위해 개발된 Naphthalene Type Epoxy 수지의 경화제 변화에 따른 경화특성을 조사하였다. Epoxy Resin으로는 대표적인 Bisphenol Type Epoxy Resin인 DGEBA 와 Naphthalene Type Epoxy 수지의 기저 수지인 NE-16, NE-16을 기반으로 신규 합성된 NET-OH, NET-MA, 및 NET-Epoxy Resin을 사용하였다. 경화제로는 Amine Type의 DDM과 Naphthalene Moiety를 갖는 CBN Resin을 사용하였으며, 이러한 Epoxy Resin 과 경화제로 제조한 Epoxy Resin System들에 대한 경화반응특성을 열분석 실험을 통하여 분석하였다. 경화반응 Mechanism측면에서 보면 경화제로 DDM을 사용한 Epoxy Resin System들의 경우, DGEBA와 NET-OH Resin들은 n 차 경화 반응 Mechanism을, NE-16과 NET-MA 및 NET-Epoxy Resin들은 Autocatalytic 경화 반응 Mechanism을 따른다는 것을 알 수 있었다. 반면에, 경화제로 CBN을 사용한 Epoxy Resin System들의 경우에는 모두 n 차 경화 반응 Mechanism을 보여 주고 있다. 경화 반응속도 면에서 비교하여 보면, 동일한 n 차 경화 반응 Mechanism을 따르는 DGEBA와 NET-OH Epoxy Resin System들의 경우에는 경화제로 CBN을 사용한 Epoxy Resin System이 빠른 경화 반응속도를 보여주었다. 경화 Mechanism이 다른 Epoxy Resin System의 경우에도 NE-16 Epoxy Resin을 제외한 CBN을 경화제로 사용한 Epoxy Resin System들이 빠른 경화반응속도를 보여 주고 있다. 이러한 이유를 열분석 실험을 통하여 얻어진 반응속도 Parameter들을 이용하여 비교 설명하였다. 이러한 결과에 기초하여, 저열팽창화

및 Warpage 저감이 우수한 Naphthalene Type Epoxy Resin의 경화제로는 Naphthalene Moiety를 갖는 CBN Resin을 적용함으로써 저열팽창화, Warpage 저감 및 경화반응속도가 향상된 차세대 WLP용 EMC개발에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2022년도 서경대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어졌습니다. 또한 본 연구를 위하여 시료제공 및 여러 도움을 주신 한국생산기술연구원 전현애 박사님과 Nippon Kayaku Co.에게도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. Qu, S., and Liu, Y., "Demand and Challenges for Wafer-Level Chip-Scale Analog and Power Packaging", in Wafer-Level Chip-Scale Packaging, Chap.1, 1~14, 2015.
2. Kim, W. G., "Cure Properties of Isocyanurate Type Epoxy Resin Systems for FO-WLP (Fan Out-Wafer Level Package) Next Generation Semiconductor Packaging Materials", J. of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 18, pp. 19-26, 2019.
3. Qu, S., and Liu, Y., "Fan-Out Wafer-Level Chip-Scale Package", in Wafer-Level Chip-Scale Packaging, Chap.3, pp 39~62, 2015.
4. Kim, W. G., "Cure Characteristics of Naphthalene Type Epoxy Resins for SEMC for WLP application", J. of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 19, pp. 29-35, 2020.
5. Kim, W. G., and Chun, H., "Cure Properties of Naphthalene-Base Epoxy Resin Systems with Hardeners and Latent Catalysts for Semiconductor Packaging Materials", Molecular Crystals and Liquid Crystals, Vol.579, pp.39-49, 2013.
6. Chun, H. et al., "The Naphthalene Type Epoxy Dimers and a method for the preparation thereof", Korea Patent 10-1264607(Registered Patent), 2013.
7. Chun, H. et al., "The Naphthalene Type Epoxy Resins and the Epoxy Resin Compositions with them", Korea Patent 10-1189185(Registered Patent), 2012.
8. Kim, W. G., and Lee, J. Y., "Contributions of the Network Structure to the Cure Kinetics of Epoxy Resin Systems According to the Change of Hardeners", Polymer, Vol.43, pp.5713-5722, 2002.
9. Ryu, J. H., Choi, K. S., and W. G. Kim, "Latent Catalyst Effects in Halogen-Free Epoxy Molding Compounds for Semiconductor Encapsulation", J. Applied Polymer Science, Vol.96, pp.2287-2299, 2005.
10. Kim, W. G., "Cure Characteristics of Ethoxysilyl

- Bisphenol A Type Epoxy Resin Systems for Next Generation Semiconductor Packaging Materials”, J. of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 16, pp. 19-26, 2017.
11. Kim, W. G., and Chun, H., “Cure Properties of Alkoxysilylated Epoxy Resin Systems with Hardeners for Semiconductor Packaging Materials”, Molecular Crystals and Liquid Crystals, Vol.636, pp.107-116, 2015.
-
- 접수일: 2022년 5월 30일, 심사일: 2022년 6월 21일,
게재확정일: 2022년 6월 21일