

에폭시 레진의 경화방법에 따른 이방성 전도필름의 접합신뢰성 및 열적기계적 특성 변화

길만석* · 서경원* · 김재한* · 이종원* · 장은희* · 정도연* · 김수자* · 김정수†

충남대학교 고분자공학과, *에이치엔에스하이텍

(2009년 10월 5일 접수, 2010년 1월 19일 수정, 2010년 2월 12일 채택)

A Study on the Thermo-mechanical Characteristics and Adhesion Reliability of Anisotropic Conductive Films Depend on the Curing Methods of Epoxy Resins

Man-seok Gil, Kyoung-won Seo*, Jae-han Kim*, Jong-won Lee*,
Eun-hee Jang*, Do-yeon Jeong*, Su-Ja Kim*, and Jeong Soo Kim†

Department of Polymer Science and Engineering,

Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

*ACF Research Institute, H&S HighTech, Daejeon 306-816, Korea

(Received October 5, 2009; Revised January 19, 2010; Accepted February 12, 2010)

초록: 이방성 전도필름(ACF)의 경화방법을 개선하기 위하여 이미다졸계 경화제 대신에 저온에서도 경화가 빠른 열 잠재성 양이온 개시제형 경화제를 사용한 에폭시 수지의 경화를 연구하였다. 경화특성의 분석을 위해 유리전이온도, 저장모듈러스, 열팽창계수를 포함한 열적기계적 특성을 조사하였으며 열사이클, 고온고습 신뢰성을 관찰하였다. 열잠재성 양이온 개시제형 경화제를 사용한 ACF가 이미다졸계 경화제를 사용한 경우보다 경화속도는 빨랐으며, 열팽창계수는 낮았고, T_g 가 높아서 고온안정성도 우수하였다. 또 낮은 온도와 빠른 경화에도 불구하고 안정적인 접촉 저항을 유지하여 높은 신뢰성을 나타내었다. 본 연구를 통하여 에폭시 경화방법은 ACF의 열적기계적 특성과 신뢰성에 큰 영향을 미치는 중요한 인자임을 확인하였다.

Abstract: To improve the curing method of anisotropic conductive film (ACF) at low temperature, it was studied to replace the thermal latent curing agent of imidazole compounds by the curing agent of cationically initiating type. Thermo-mechanical properties such as glass transition temperature, storage modulus, and coefficient of thermal expansion were investigated for the analysis of curing behavior. The reliability of ACF were observed in thermal cycle and high temperature-high humidity test. ACF using cationic initiator showed faster curing, lower CTE, and higher T_g than the case of using imidazole curing agent, which is important for the high temperature stability. Furthermore, ACF using cationic initiator maintained a stable contact resistance in reliability test, although it was cured at low temperature and fast rate. With these results, it was confirmed that the curing method of epoxy had great effect on thermo-mechanical properties and reliability of ACF.

Keywords: anisotropic conductive film, epoxy, curing, reliability, thermal property.

서 론

최근 정보통신기기의 진보와 더불어 사용되는 반도체 패키지의 고집적화, 고성능화, 저비용화, 저전력화, 소형화가 가속화되고 있다. 또한 차세대 디스플레이로 주목 받고 있는 e-paper나 유기발광체를 사용하는 유연한 디스플레이는 접거나 말 수 있는 굴곡성을 가지고 있으며 여기에 사용될 마이크로 부품은 고집적화와 더불어 전기적/기계적 특성의 안정성이 요구되고 있어 이에 대한 연구가 다각도로 이루어지고 있다.¹

ACA(anisotropic conductive adhesives)는 현재 반도체 패키지를 접합하는 데 널리 사용되고 있다. ACA는 고분자 바인더에 도전 입자를 혼합해 금속의 전기적, 자기적, 광학적 특성과 고분자의 기계적 성질 및 가공성을 동시에 가지는 물질로 디스플레이 패널 글라스나 유연성 PCB의 구동 IC 패키지 등을 접속하는데 사용되는 핵심소재이다.² ACA는 Figure 1에 나타난 바와 같이 단자 사이에 구속된 도전입자에 의해 통전되며, 전류가 오직 한 방향 즉 z축 방향으로만 흐를 수 있는 특성을 가지고 있다. 이러한 ACA는 크게 필름 형태인 ACF(anisotropic conductive film; 이방성 전도필름)와 페이스트 형태인 ACP(anisotropic conductive paste)로 구분할 수 있다. ACA에는 다양한 종류

†To whom correspondence should be addressed.
E-mail: jskim@cnu.ac.kr

의 도전 입자를 사용하고 있는데 금이나 금이 도금된 금속입자나 플라스틱 입자가 있고, 가공 중에 쉽게 파괴되어 녹을 수 있는 절연막을 입힌 입자를 함유한 ACA도 개발되고 있다. 또한, 접합부의 전기적, 기계적 성질을 향상하기 위한 다양한 종류와 형태의 도전 입자나 접속 프로세스에 대한 연구와 개발이 활발히 이루어지고 있다.³⁻⁶ 액정 디스플레이 분야에서는 대량 생산 및 생산원가의 절감을 위해서는 안정적이고 공정 조건이 간단한 미세간격 접속방법과 재료개발이 중요한 이슈가 되고 있다. 이에 따라 LCD 패키지의 구동 칩과 액정 패널과의 기계적, 전기적 접속용으로 사용되는 ACF에 있어서는 생산성 향상, 접합 신뢰성 향상, 저온 경화 및 빠른 경화속도가 요구되고 있다.⁷

ACF에 사용되는 에폭시는 수지의 화학구조, 경화제의 종류, 그리고 첨가제의 첨가 여부에 따라 경화 후 다양한 물성을 나타내게 된다.⁸ DGEBA (diglycidyl ether of bisphenol A)계 에폭시 수지는 상온에서의 높은 점도로 인하여 반응성이 낮고 가공이 어렵다. 반면, 지환식계 에폭시 수지 CAE(cycloaliphatic epoxy)는 수지 내에 수산기 및 안정한 방향족기를 함유하고 있지 않으며 DGEBA에 비해 낮은 점도를 나타내므로 경화 반응이 빨리 일어난다. 또한, 산이나 산무수물에 의하여 쉽게 경화되나 이미다졸계 경화제와 비교해 반응성은 떨어지는 것이 DGEBA계 에폭시 수지와 다른 점이다.⁹ 에폭시 수지와 반응하여 3차원 가교 구조를 형성하는 경화제를 반응 기구별로 분류하면 활성 수소를 갖는 중부가 반응형과 양이온이나 음이온이 에폭시 그룹의 중합 개시제로 작용하는 촉매 반응형의 두 종류로 나눌 수 있다. 중부가 반응형의 대표적인 예로 산무수물류와 이미다졸류가 있는데 산무수물류는 반응성이 낮아 고온에서 장시간 경화시켜야 하므로 에너지 손실이 크며 이미다졸 유도체 화합물과 같은 이민류는 상온 경화 시 내열성이 낮고 내산화성이 약해 제조 공정 시 비용 상승, 환경 문제 등을 유발할 수 있다고 알려져 있다.¹⁰ 에폭시 수지의 양이온 중합을 위해서 사용되는 대표적인 열잠재성 개시제로는 BF_4^- , PF_6^- , AsF_6^- , SbF_6^- 등의 친핵성이 없는 음이온을 포함하고 있는 방향족성 오니움 염(aromatic onium salt)을 들 수 있다. 그 중에서 hexafluoroantimonate를 함유하고 있는 *N*-benzylpyrazinium염(BPH)을 열잠재성 개시제로 사용한 양이온 중합은 반응 속도가 빠르고 산소에 의한 억제 효과가 없으며 에폭시, 락톤, 아세탈 등의 화합물도 중합 가능하기 때문에 많이 사용되는 대표적인 에폭시 경화용 개시제이다.¹¹⁻¹³

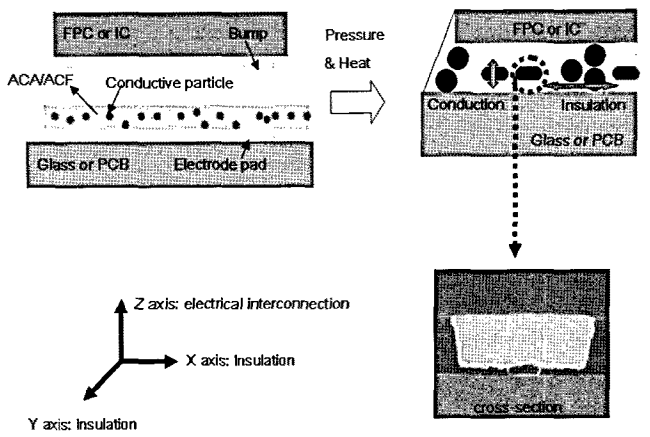


Figure 1. Schematic showing the bonding procedure of typical anisotropic conductive adhesives.

현재 ACF에 사용되는 열 잠재성 이미다졸계 경화제는 이미다졸 화합물 입자의 표면을 에폭시 수지 경화물로 피복한 마이크로 캡슐형으로 되어 있다. 그러나, 이러한 마이크로 캡슐형 열잠재성 이미다졸 경화제는 그 피복이 기계적, 열적으로 비교적 안정하기 때문에 경화반응을 개시시키기 위해서는 높은 온도와 장시간 가열 압착해야 하는 단점이 있다. 이 때문에 최근 저온 경화형 에폭시 수지 조성물에는 대응할 수 없는 문제가 있다. 그래서, 본 연구에서는 에폭시 수지를 저온에서 단시간에 열경화시키는 열잠재성 양이온 개시제형 경화제와 양이온 경화성 수지를 사용하여 이러한 문제점을 개선하기 위해 연구를 진행하였다.

실 험

ACF의 제조. 본 연구에 사용된 ACF의 두께는 평균 25 μm 이며, 속에 직경이 평균 4 μm 인 금 코팅된 폴리머 입자가 분산되어 있다. 일반적으로 ACF는 여러 가지 기판에 강한 접착력을 가지며 유리전이온도가 높은 에폭시 수지와 열가소성 수지, 경화제, 도전입자, 그리고 기타 첨가제로 구성된다. 본 실험에서는 에폭시 수지의 종류 및 경화방법을 달리하여 두 종류의 ACF를 제조하였다. 하나는 DGEBA를 이미다졸계 화합물인 2-ethyl-4-methylimidazole (EMI)로 경화한 경우이고 다른 하나는 CAE계 수자인 3,4-epoxycyclohexyl-methyl-3',4'-epoxycyclohexane carboxylate와 DGEBA를 혼합하여 개시제인 *N*-benzylpyrazinium hexafluoroantimonate (BPH)로 중합한 경우이다. 이미다졸계 경화제를 사용하여 제조한 ACF를 ACF-A, 양이온 개시제로 제조한 ACF를 ACF-B로 정의하였다. 양쪽 모두 PET 필름 위에 필름화시켰다. Figure 2에는 본 실험에 사용된 에폭시 수지 및 경화제의 화학구조를 나타내었으며, Table 1에 본 연구에 사용된

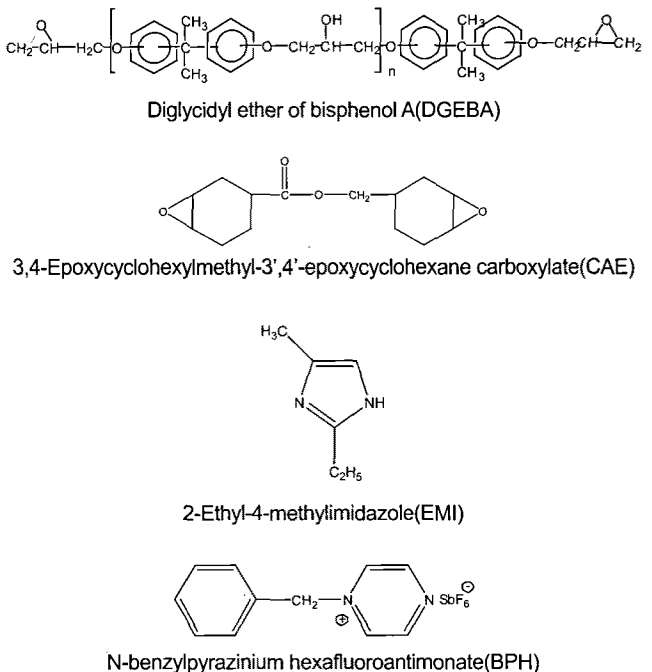


Figure 2. Chemical structures of epoxy resins and curing agents.

ACF의 배합처방을 정리하여 나타내었다.

테스트 시편. 본 연구에 사용된 기판은 액정모듈 대신에 ITO로 전면 도포된 유리를 사용하였다. 이때, ITO 표면저항은 10 Ω/square 이다. 그리고, ITO 위에 ACF 접속을 이룰 유동 인쇄 회로(flexible printed circuit; FPC)는 폴리이미드 필름 위에 50 μm 피치의 금속화 패턴을 가지고 있다. 금속 막 패턴에 의한 전극의 단면을 살펴보면, 약 35 μm 두께의 구리 전극 위에 금이 전기 도금되어 있다.

ACF 접합 공정. ACF를 본딩하기 전에 모든 ITO glass와 FPC는 본딩 특성에 역효과를 줄 수 있는 유기 물질을 제거하기 위해 아세톤으로 닦아낸다. ACF는 본딩 면적만큼의 크기로 잘라낸 다음 가압착(본딩 온도 80 °C, 본딩 시간 1초, 본딩 압력 10 kgf/cm²)하였다. 그 후 PET 필름을 제거한 후 FPC를 ITO glass의 접합부분에 정렬하여 본압착(본딩 온도 170~190 °C, 본딩 시간 10초/15초, 본딩 압력 20 kgf/cm²) 하였다. 이러한 ACF의 접합 공정을 Figure 3에 도식화하였다. 본딩시 FPC와 ACF에 균일한 압력을 가하기 위해 두께 0.25 mm인 실리콘 고무 밴드를 본딩 헤드와 접합체 사이에 넣어서 작업하였다. 본 본딩에 사용된 장비는 ACF interconnection bonding을 위해 sungjin hi-mech 회사에서 제작된 열 압착 본더를 사용하였다.

ACF의 물성 분석. ACF의 기본적인 경화특성을 동적 DSC(Q-10, TA instruments, Inc.)를 사용하여 관찰하였다. 본 실험에서는 30~200 °C의 범위에서 경화거동의 on-set 및 피크 온도를 측정하였으며, 질소 분위기하에서 가열 속도는 10 °C/min이다. 한편, 동 DSC 관찰은 경화온도 170~190 °C에서 3분간 수행하였다. 그리

고 경화 후 ACF의 물성 변화를 알아보기 위해 오븐에서 180 °C에서 10분간 ACF를 경화시킨 후 TMA, DMA를 수행하였다. 경화된 ACF의 열팽창계수(CTE: coefficient of thermal expansion)를 측정하기 위해 TMA(SEIKO TMA/SS6000)를 사용하였다. 사용된 시료는 폭 1.5 mm, 두께 0.025 mm의 필름 형태로 제작되었다. 가열범위: 30~180 °C, 가열속도: 5 °C/min, 필름신장모드가 사용되었으며 시료에 가해지는 하중은 100 mN이다. TMA 경우와 같은 장비를 사용하여 DMA를 얻었으며, 이로부터 경화된 ACF의 저장탄성률(*G'*)과 유리전이온도(*T_g*)를 측정하였다. 사용된 시료는 CTE 측정 시료와 동일하게 필름 형태로 제작하였다(Sinusoidal strain loading: 0.02 Hz, 가열범위: 30~200 °C, 가열속도: 5 °C/min). 에폭시의 경화 반응 중에 일어나는 에테르화 반응으로 인한 열분해 현상을 에폭시 그룹의 변화를 통해 알아보기 위해 Bruker IFS 66V/S(Bruker optics ATR mode) FTIR을 사용하였으며 주사 횟수는 64, 주사 범위는 4000~600 cm⁻¹, 해상도 4 cm⁻¹에서 수행하였다. 에폭시의 경화도는 본딩 전 ACF와 본딩 후 에폭시 그룹의 변화 피크를 확인하였다. 이때, 본딩 온도 170~190 °C, 본딩 시간 10초/15초, 압력 20 kgf/cm² ACF 본딩 장비로 열 압착시켰다.

신뢰성 시험. ACF 접합 시편의 신뢰성을 평가하기 위해 고온고습 및 열사이클 신뢰성의 두 가지 시험을 선택하여 진행하였다. 고온고습 시험은 온도 85 °C, 상대습도 85% 상태에서 1000시간 동안 측정하였다. 열사이클 시험은 -40 °C에서 100 °C 사이의 범위를 왕복하는 것을 1cycle로 하였으며, 양 극단의 온도에서 30분 동안 유지하여 1000 cycle 동안 수행하였다. ACF 본딩 조건은 앞서 기술된 경화도 분석과 같은 조건으로 열 압착하여 접합 신뢰성을 평가하였다. 신뢰성 시험 동안 ACF의 접합 신뢰성을 평가하기 위해 일반적으로 가장 많이 사용하는 4탐침 단지법(4-point-probe method)으로 정전류 10 mA를 가해주면서 접속 저항을 측정하였다.

Table 1. Formulation Recipe of ACF Prepared and Tested in Thermo-Mechanical Analysis

	ACF-A	ACF-B	wt%
Epoxy resin	DGEBA	DGEBA/CAE	50
Curing agent	EMI	BPH	
Thermoplastic resin			37
Conductive particle			5
Additive			8

결과 및 토론

DSC에 의한 열분석. Figure 4(a)에 동적 DSC 분석에 의한 ACF

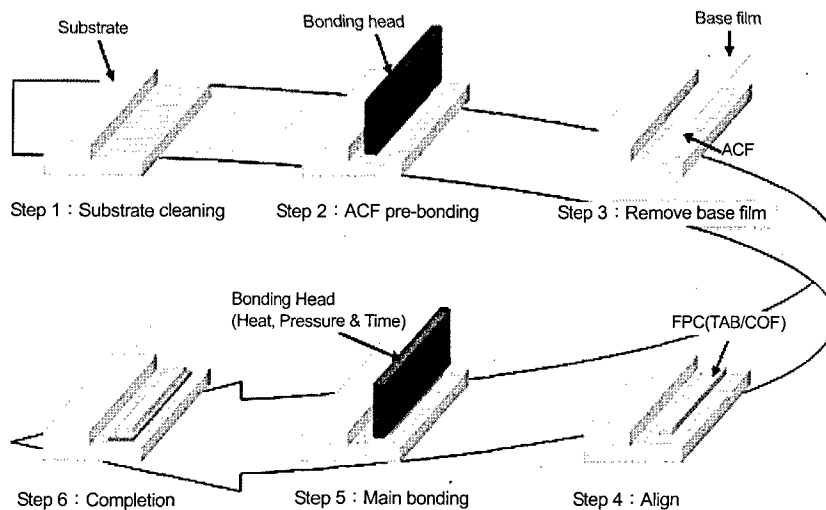
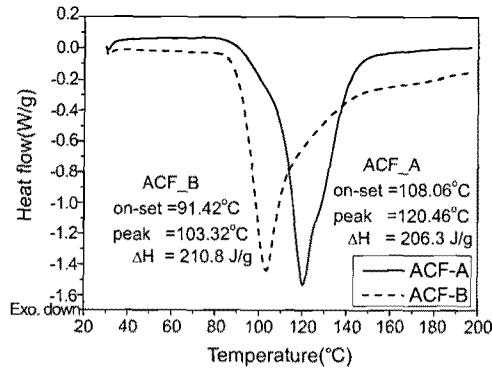
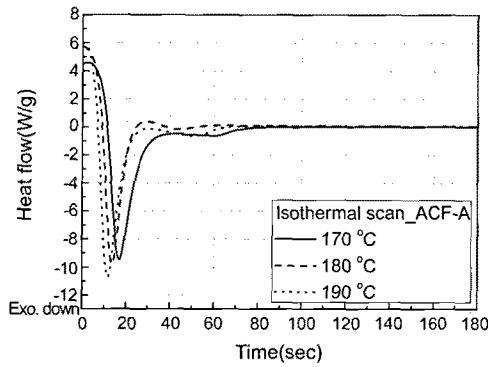


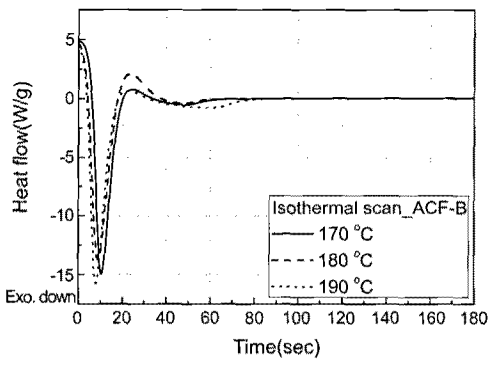
Figure 3. ACF bonding procedure.



(a)



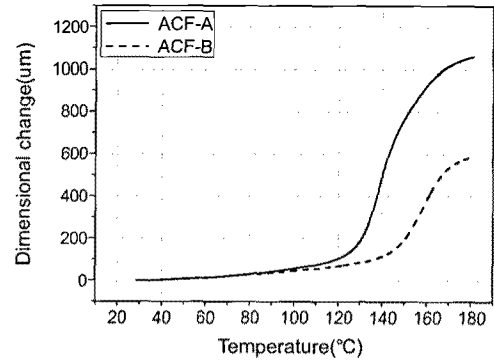
(b)



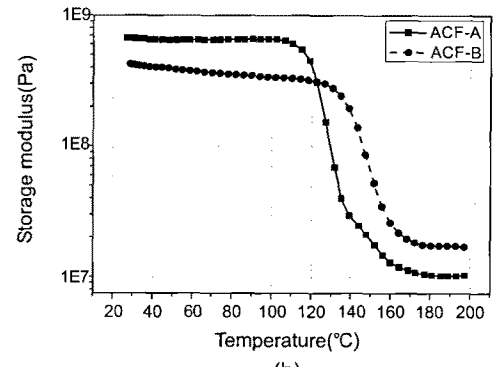
(c)

Figure 4. Dynamic and isothermal DSC thermograms of ACF-A and ACF-B that contain the curing agents of imidazole type and cationic type respectively: (a) dynamic scan; (b) isothermal scan (imidazole type); (c) isothermal scan (cationic type).

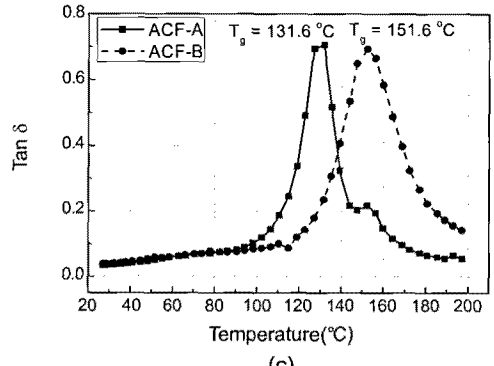
의 경화거동을 나타내었다. 분석 결과 ACF-B는 최대 발열 피크가 저온 쪽으로 이동되었으며 발열량 또한 증가함을 보였다. 최대 발열 피크는 에폭시 수지의 경화가 가장 빠르게 나타나는 지점이다. 또한, ACF 본딩시 접합 시간을 예측하기 위하여 170~190 °C에서 등온 DSC에 의하여 측정하였다. Figure 4(b), (c)에서 볼 수 있듯이 ACF-A의 경화 시간은 170 °C에서 약 17초, 180 °C에서 15초, 190 °C에서 12초로 측정되었고 ACF-B는 각 온도 조건에서 11, 9, 8초로 측정되었다. 본 실험에 의하면 경화 온도와 본딩 시간이 증가할수록 ACF의 경화 시간은 단축되었으며, ACF-A에 비하여 ACF-B가 상대적으로 빠른 경화 특성을 나타내었다. 일반적으로 이머지줄계 경화방법은 단계중합



(a)



(b)



(c)

Figure 5. Dynamic mechanical analysis curves of the prepared ACFs: (a) dimensional change; (b) storage modulus; (c) tan δ .

으로 느린 경화가 이루어지는 반면 이온성 경화제를 사용한 경화 시스템은 에폭시기가 이온 개시제에 의하여 연쇄중합의 메커니즘으로 경화되기 때문에 일반적으로 경화 반응이 빠르다.¹⁴

Thermo-Mechanical Analysis(TMA) 결과. Figure 5(a)와 Table 2는 에폭시 경화방법에 따른 경화된 ACF의 TMA 결과를 나타내었다. TMA 곡선의 첫 번째 굴곡점으로부터 T_g 를 구하였으며, CTE 값은 TMA 곡선의 기울기에 의해서 계산하였다. α_1 은 T_g 이하의 CTE를 나타내고 α_2 는 T_g 이상에서의 CTE를 나타낸다. CTE 값은 경화된 ACF의 접속 신뢰성을 결정하는데 있어서 가장 중요한 척도로 사용되고 있다. TMA 결과 에폭시 경화방법에 따른 열팽창계수의 차이를 보여주고 있으며, ACF-B는 고온 영역에서 열팽창계수가 감소함을 보였다. 일반적으로 CTE 값이 크게 되면 내부 응력이 더 크게 발생하게 되고, 발생된 내부응력은 고분자 매트릭스에 크랙을 발생시켜 접착

Table 2. The Summary of Thermo-Mechanical Properties of the Prepared ACFs

		ACF-A	ACF-B
CTE	α_1	134.4	104.1
	α_2	2761.6	1211.4
Storage modulus at $T_g + 40$ °C (MPa)		10.4	17.2
Cross-linking density (moles/cm ³)		0.94×10^{-3}	1.48×10^{-3}
T_g (°C, with DMA)		131.6	151.6

력 및 접속 신뢰성을 저하시키는 원인이 되고 있기 때문에 CTE 값을 낮추는 것이 좋은 것으로 알려져 있다.¹⁵

동적 점탄성(Dynamic Mechanical Analysis: DMA) 결과. 경화된 ACF의 저장 탄성률과 손실 탄젠트를 Figure 5(b), (c), 그리고 Table 2에 각각 나타내었다. 실온에서는 ACF-A는 ACF-B보다 높은 저장 탄성률을 보였다. 그리고 T_g 점 이후 두 경화 시스템은 모두 급격히 감소하는 경향을 보였다. 고온 영역에서 저장 탄성률은 ACF-A가 더 낮은 온도에서 상대적으로 급격히 감소하는 경향을 보였다. ACF-A의 T_g 는 131.6 °C, ACF-B는 151.6 °C로 측정되었다. ACF-A가 ACF-B에 비교해 낮은 온도에서 사슬의 움직임이 시작되었다. 이는 고분자 사슬의 유동성은 가교밀도에 반비례하므로 가교밀도가 증가할수록 고분자 사슬의 유동성이 감소한다.

이러한 결과를 확인하기 위하여 가교밀도(cross-linking density, ν)를 측정하였다. 가교밀도는 α -relaxation temperature 이상에서 고무 영역의 평형 저장 탄성률로부터 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\nu = \frac{Er}{3RT} \quad (1)$$

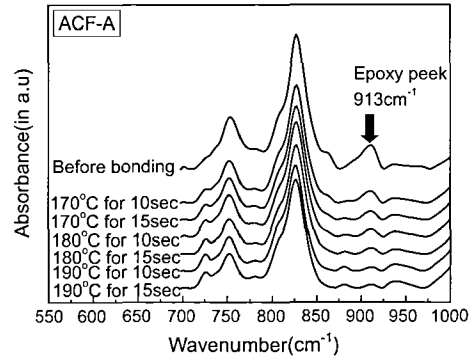
여기서, ν 는 가교밀도이며, R 은 기체 상수, T 는 고무영역의 온도, Er 은 평형 저장 탄성률을 나타낸다.^{16,17} Er 은 $T=(T_g+40)$ °C의 고무 영역에서의 탄성률로 결정하였다. Table 2에 ACF의 가교밀도를 나타내었다. 위 식에 의해서 가교밀도 계산 결과 ACF-B가 상대적으로 가교밀도가 높았으며 이러한 가교밀도로 인해 T_g 또한 높은 것으로 해석된다.

FTIR. 각각의 경화방법에 대한 에폭시 수지의 경화도를 구하기 위해서 본 연구에서는 FTIR을 사용하였으며 에폭시기의 특성피크를 바탕으로 Figure 6(a), (b)에 나타내었다. 에폭시 특성 피크는 913 cm⁻¹ 이므로 이 피크가 많이 감소할수록 에폭시 그룹이 가교 반응에 많이 참가해 경화가 더 많이 진행됐을 것으로 예측할 수 있다. 경화도(degree of cure)는 다음과 같은 식으로 구하였다.

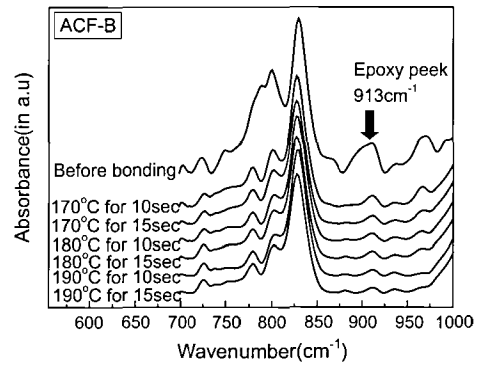
$$\text{Degree of cure (\%)} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100 \quad (2)$$

여기서, A_1 은 경화전 에폭시기 피크 면적이며 A_2 는 경화후 에폭시기 피크면적이다.

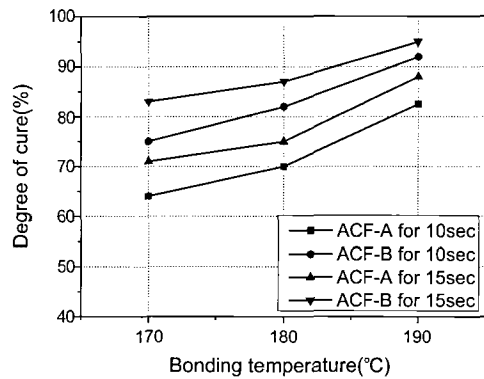
Figure 6(c)는 위 식으로부터 구한 본딩 시간과 온도에 따른 에폭시 경화도를 나타낸 것이다. FTIR 측정 결과 에폭시기의 피크는 본



(a)



(b)

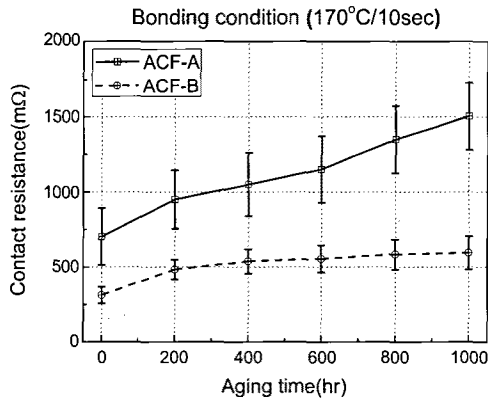


(c)

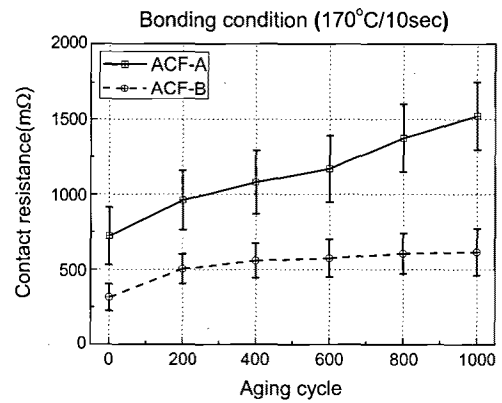
Figure 6. FTIR spectra change before (a); after (b) bonding at various conditions and the analyzed degree of cure (%) by FTIR (c).

딩 시간과 온도가 증가함에 따라 현저히 줄어 경화 반응이 그만큼 진행되었음을 알 수 있었으며, ACF-B는 낮은 온도와 짧은 시간에서도 높은 경화도를 나타내었다. 이러한 결과로부터 양이온 경화방법이 상대적으로 빠른 경화 반응을 나타냄을 확인할 수 있었다.

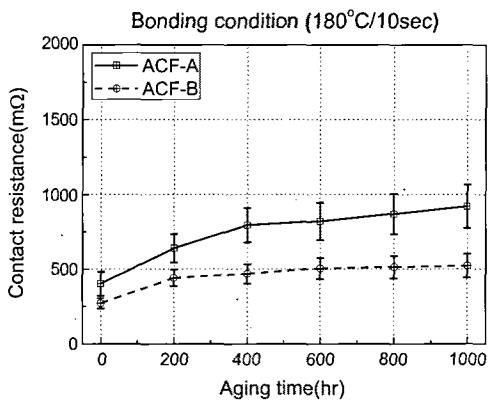
신뢰성 평가. Figure 7은 고온고습 시험에서 시간에 따른 접속저항 변화를 나타낸 것이다. 각 접속저항 값은 본딩 시편당 40 곳을 측정하여 평균값으로 나타내었으며, 표준편차는 error bar로 표시하는 형식을 취하였다. 본딩 온도가 증가함에 따라 접속저항은 안정적으로 유지하는 양상을 보여주고 있다. Figure 8은 열사이클 시험 동안 시간에 따른 접속저항 변화를 나타낸 것이다. 고온고습 시험과 마찬가지로 본딩 온도



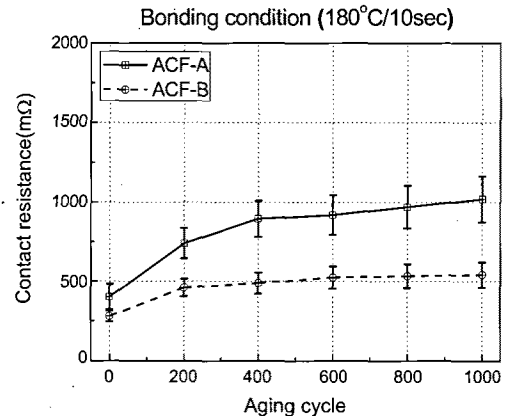
(a)



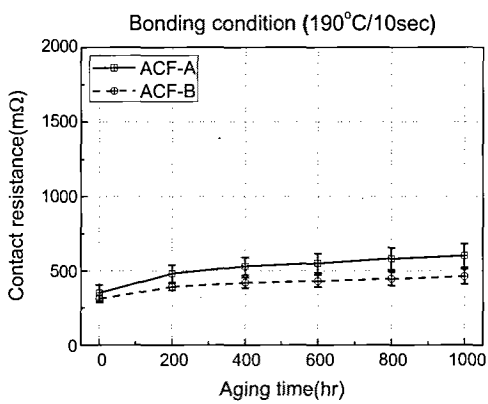
(a)



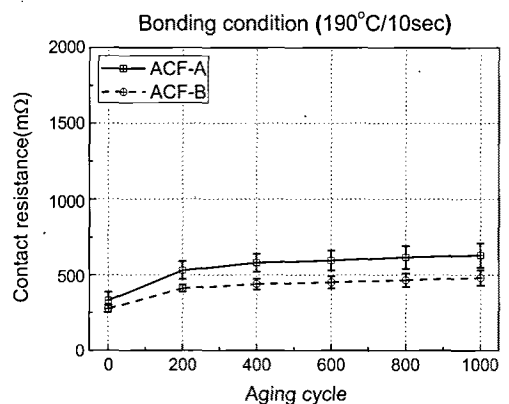
(b)



(b)



(c)



(c)

Figure 7. The changes of contact resistance in 85 °C/85%RH test of the prepared ACFs with the bonding treatment of 170 °C/10 sec (a); 180 °C/10 sec (b); 190 °C/10 sec (c).

Figure 8. The changes of contact resistance in thermal cycling test of the prepared ACFs with the bonding treatment of 170 °C/10 sec (a); 180 °C/10 sec (b); 190 °C/10 sec (c).

가 증가함에 따라 접촉저항은 안정적으로 유지하는 양상을 보여주고 있으며, 증가한 저항 값은 고온고습 시험과 크게 다르지 않았다. 상대적으로 저온 경화인 170 °C 조건에서 ACF-A는 상대적으로 초기 접촉 저항이 높게 나타났다. 그리고, 200시간 이후부터 큰 폭으로 상승하는 경향을 보였다. 전도성 집착제에 의한 접속에서 접촉저항이 증가하는 이유는 전도성을 감소시키는 여러가지 원인 때문인데 그 인자로는, ① 집착층에 있는 도전입자 표면의 산화, ② 집착제와 도전입자, 금속도전

체 사이에 존재하는 열팽창계수 차이에서 오는 열응력, ③ 본딩 압력에 의해 인가되는 탄성스트레스, ④ 수분흡수에 의한 폴리머 집착제의 팽창, ⑤ 폴리머 매트릭스의 고온에서의 분해 등을 들 수 있다. 전도성을 감소시키는 인자가 작용할 때 이들 중 어느 특정한 한 인자에 의해서 발생하는 것이 아니라 복합적인 형태로서 작용하는데, 특히 열팽창계수 차이에서 발생하는 열적응력에 의한 conduction gap 형성과 수분 증가에 의한 폴리머 집착층의 팽창, 지나치게 큰 본딩 압력에 의해서 인가

되는 탄성응력이 가장 주된 전도성을 감소시키는 인자로 알려져 있다.¹⁸

본 연구에서는 170 °C의 낮은 온도로 인해 완전한 경화가 이루어지지 않아 고온고습상의 신뢰성조건에서 낮은 경화밀도로 인한 수분 흡수가 주된 원인으로 판단된다. 이러한 수분흡수는 폴리머 접착층의 팽창으로 이미다졸계 경화방법은 접착저항이 큰 쪽으로 상승하는 원인이 된다.

결 론

동적 DSC에 나타난 최대 발열 피크 온도는 양이온 경화방법이 더 낮은 온도에서 나타났으며, 등은 DSC에 의하여 ACF의 경화시간을 측정할 결과 양이온 경화방법이 빠른 경화기동을 보였다. 또한, DMA 결과 이미다졸계 경화방법은 상대적으로 낮은 T_g 를 보였다. 그리고 저장탄성률은 이미다졸계 경화방법이 더 낮은 온도에서 사슬의 움직임이 시작되었으며, 그로 인해 가교밀도는 양이온 경화방법과 비교하여 상대적으로 낮음을 알 수 있었다. 170~190 °C에서 경화시간에 따른 FTIR의 에폭시기 피크 분석 결과, 온도와 시간이 증가할수록 경화도는 증가함을 보였다. 또한, 경화속도가 빠른 양이온 경화방법이 높은 경화도를 보여 주었다. 양이온 개시제형 경화제를 사용한 ACF는 빠른 경화 특성, 높은 T_g , 고온에서 높은 저장 모듈러스, 낮은 CTE를 나타냈으며, 이러한 열적, 기계적 특성을 바탕으로 고온고습 및 열사이클 신뢰성 평가 결과 양이온 경화 방식이 두 가지 신뢰성 조건에서 높은 신뢰성을 유지하는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. C. Wang and P. J. Bos, *Displays*, **25**, 187 (2004).
2. M. J. Yim and K. W. Paik, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **26**, 304 (2006).
3. K. S. Moon, J. Wu, and C. P. Wong, *IEEE Trans. Comp. Packag. Technol.*, **26**, 375, (2003).
4. J. M. Kim, *J. of KWJS*, **25**, 133 (2007).
5. M. J. Yim, *J. Electron. Mater.*, **33**, 76 (2004).
6. Y. Li and C. P. Wong, *Mater. Sci. Eng. R*, **51**, 1 (2006).
7. S. Asai, *J. Appl. Polym. Sci.*, **56**, 769 (1995).
8. R. S. Bauer, *Epoxy Resin Chemistry*, American Chemical Society, Washington D.C., 1979.
9. C. A. May, *Epoxy Resin*, Marcel Dekker, New York, 1988.
10. S. V. Rosato, D. P. Dimattia, and D. V. Rosato, *Designing with Plastics and Composites*, Nostrand Reinhold, New York, 1991.
11. J. V. Crivello and J. H. W. Lam, *J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed.*, **18**, 1021 (1980).
12. J. Gu, S. C. Narang, and E. L. Pearce, *J. Appl. Polym. Sci.*, **30**, 2997 (1985).
13. S. J. Park, M. S. Cho, and J. R. Lee, *Polymer(Korea)*, **23**, 413 (1999).
14. R. L. Wheeler, *The Epoxy Resin Formulators Training Manual*, The Society of The Plastics Industry, New York, 1984.
15. S. J. Park and H. C. Kim, *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys.*, **39**, 121 (2001).
16. J. S. Hwang, M. J. Yim, and K. W. Paik, *J. Electron. Mater.*, **35**, 1722 (2006).
17. T. Lijima, N. Yoshioka, and M. Tomoi, *Eur. Polym. J.*, **28**, 573 (1992).
18. Z. Lai and J. Liu, *IEEE Trans. Comp. Pack. Manuf. Tech. Part B*, **19**, 644 (1996).