에폭시 매트릭스의 열전도도 향상을 위한 경화기술

한국과학기술연구원 장세규 박사

Summary

산업분류코드	대분류	중분류	소분류	코드번호
	고무 및 플라스틱제품 제조업	플라스틱 제품 제조업	1차 플라스틱제품 제조업	C22213

기술완성도 (TRL)	① 기본원리 파악	② 기본개념 정립	③ 기능 및 개념 검증	④ 연구실 환경 테스트	⑤ 유사환경 테스트	⑥ 파일럿 테스트	⑦ 상용모델 개발	⑧ 실제환경 테스트	⑨ 사업화
				◆					

기술 요약	■ 본 기술은 고열전도성 복합소재의 열전도도를 특수한 장비 및 공정 없이 30% 이상 향상시킬 수 있는 기술로 액정성을 띄는 에폭시 수지를 기존 아민 경화제가 아닌 선형경화제로 대체 및 경화하여 손쉽게 열전도도를 향상할 수 있음			
키 워 드	■ 에폭시, 액정, 선형 경화제, 열전도도, 고방열			
연 구 자	■ 한국과학기술연구원	장세규 박사		
담 당 자	■ 한국과학기술연구원	신성철 책임	02-958-6425	scshin@kist.re.kr
	■ 과학기술일자리진흥원	김용기 매니저	02-736-9051	ykkim@compa.re.kr

Patent / paper / product

특허	■ 국내 출원 1 건	■ 국내 등록 - 건	■ 해외 특허 - 건
	국내출원	10-2018-0096187	고열전도성 고분자 복합체 및 제조방법
논문	ACS Macro Letters (2018)	Enhanced Thermal Conductivity of Liquid Crystalline Epoxy Resin using Controlled Linear Polymerization	

시제품



< 동박 처리된 일체화 PCB 기판 사진 (20 W/mK급, 10cm x 10cm x 0.2cm) >

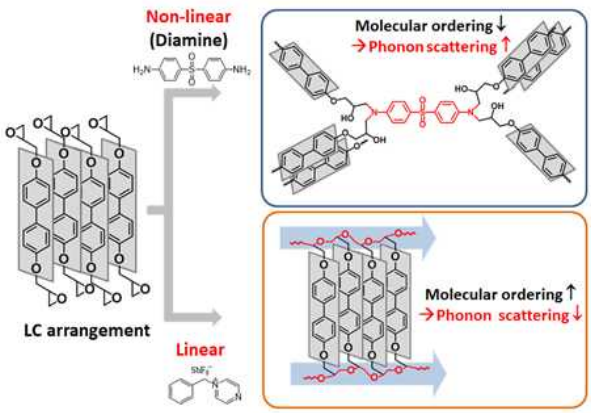
Technology

기술 개요

■ 열전도도는 **규칙적 분자배열** 구조에 의해 향상됨 (**일반적 고분자는 약 0.2 W/mK**)

■ 규칙적 분자배열을 갖는 **액정성 에폭시**도 일반적 아민계로 경화할 경우 결합각도로 인해 분자배열이 와해됨 (**약 0.34 W/mK**)

■ 본 기술은 액정성 에폭시의 규칙적 분자배열을 **선형경화하여 규칙성을 극대화**하여 수지 및 복합체 열전도도 향상이 가능함 (**일반 고분자 대비 200% 이상, 0.48 W/mK**)



기술개발 현황

■ **(기존기술의 문제점)** 기존의 에폭시 수지는 열전도도가 낮아 (약 0.2 W/mK) 고방열 복합체 제조를 위해 고가 필러의 고 함량화가 필요하며 이로 인한 제조 공정상의 어려움 및 문제를 야기함

■ **(본 기술의 해결방안)** 규칙적 배열구조를 형성하는 액정성 에폭시를 적용하고 이의 분자적 규칙배열 구조를 극대화하기 위해 기존 다이아민 경화가 아닌 양이온에 의한 선형중합을 적용하여 분자배열을 와해하지 않으면서 경화함

- 선형경화에 의해 액정성 에폭시의 액정배열이 유지되어 포논산란이 감소하고 이로 인해 아민으로 경화된 수지 대비 열전도도가 41% 이상 향상됨
- 수지의 열전도도 향상으로 인해 복합체의 열전도도도 향상 (30% 이상 향상)

기술 우수성

■ 고방열 소재 시장은 전자소자의 소형화와 함께 증가하는 추세이며 고분자 복합 방열소재는 높은 성형성과 경제성으로 인해 적용성이 큰 소재로 각광받고 있으나 **기존의 고분자는 낮은 열전도도(0.2 W/mK)로 인해 사용이 제한**되고 있음

■ **액정성 에폭시**는 규칙적인 분자 배열을 형성하여 포논의 산란을 최소화하므로 높은 열전도도를 갖으나 여전히 **일반 에폭시 수지 대비 약 70% 향상에 그침**

■ 복잡하고 투자비용이 큰 분자 강제배열 장비(고출력 전자기파 배향장치 등) 없이 **간단히 새로운 경화법을 적용하는 것만으로 수지의 열전도도를 획기적으로 향상** 시키는 것이 가능함(아민경화 대비 수지 열전도도 41%, 일반 에폭시 대비 140% 향상)

■ 에폭시 수지의 열전도도가 향상될 경우 필러를 활용한 복합소재의 열전도도 증가폭이 커지고 이로 인해 **더 적은 양의 필러로 같은 열전도도를 구현** 가능함

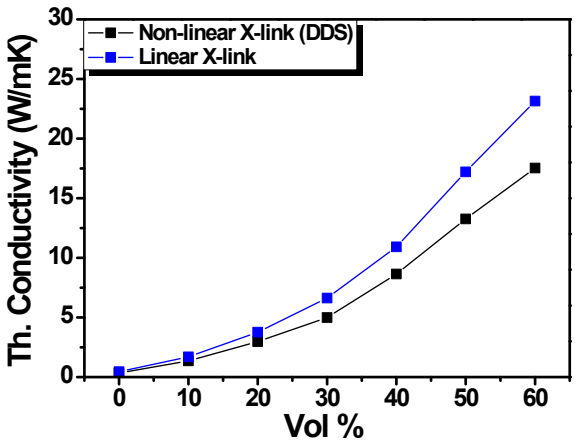
- 예: 아민경화 액정성 에폭시 + 60 vol% h-BN 열전도도는 17.5 W/mK

  선형경화 액정성 에폭시 + 50 vol% h-BN 열전도도는 17.2 W/mK

- 저 필러 함량으로 동일 열전도도를 구현할 경우 **고필러 함량 복합소재의 고질적 문제인 가공 및 제품 성형 공정 등의 어려움을 회피**하는 것이 가능함

■ KIST는 파우더 형태의 액정성 에폭시의 Dry 성형 및 복합소재화 기술을 기반으로 **수지의 열전도도 0.48 W/mK 및 h-BN 복합소재 열전도도 (60 vol% 기준) 23.2 W/mK**의 고방열 복합소재 제조기술을 확보하고 있음.

필러부피비 (vol %)	열전도도 (W/mK)	
	아민경화	선형중합 경화
0	0.34 ± 0.2	0.48 ± 0.3
10	1.4 ± 0.3	1.7 ± 0.1
20	3.0 ± 0.2	3.8 ± 0.1
30	5.0 ± 0.1	6.6 ± 0.2
40	8.6 ± 0.2	10.9 ± 0.3
50	13.2 ± 0.1	17.2 ± 0.1
60	17.5 ± 0.3	23.2 ± 0.5



< 액정성 에폭시의 경화법에 따른 h-BN 복합체의 열전도도 변화 >

Application

■ 본 기술은 내부에서 발생하는 열을 잘 빼줘야하는 전자부품 소재에 적용이 가능함

■ 고방열성 액정성 에폭시 기술은 액정성 고분자의 고가격으로 인하여 반도체 응용 중 고가의 CPU, GPU, AP 등에 적용이 가능하며 이 외 알루미늄 보다 가볍다는 장점으로 인해 전기 자동차용 LED 방열 기판으로 적용이 가능함

■ 고출력 PCB 기판, 전기자동차 배터리팩, 고출력 LED 기판/방열판, 자동차 엔진커버, 자동차 조명등, 디스플레이 하우징, 핸드폰 케이스 등

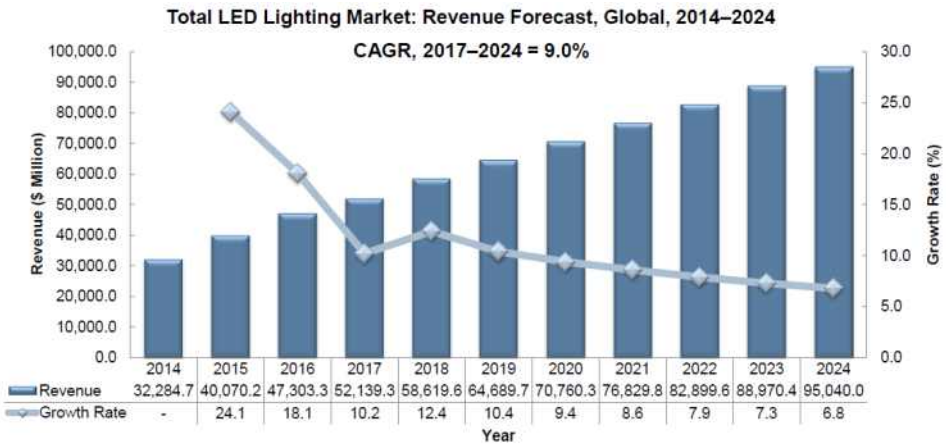
Market

■ 전세계 신소재 기반 방열소재 시장은 2015년 $3,145M에서 2020년 $4,451M으로 성장할 것으로 기대됨 (CAGR 5.8%)

■ 자동차용 LED시장은 현재까지는 완만한 상승세를 보이지만 전기 자동차가 본격적으로 적용되는 2025년 이후에는 가파른 상승세를 보일 것으로 예상됨

■ 고방열 성능이 필요한 해외 LED 시장은 현재 약 60조원에서 2024년 약 95조원 규모로 매년 9% 성장 예상(Frost & Sullivan, Global LED lighting market 2018)

■ 특히 중동 및 아프리카 지역의 발전에 따른 수요가 증가하고 있으며 고방열 PCB 및 방열판이 필수 장착되어야 하는 outdoor용 고출력 LED 시장은 현재 약 8조원에서 2024년 13.5조원 규모로 빠르게 성장할 것으로 기대됨



■ 핸드폰과 같은 전자 휴대기기는 강제 대류 시스템을 채용할 수 없어 소재 본연의 열전도도가 절대적인 요소가 되어 방열소재의 채용이 강하게 요구되고 있음





Source : 방열소재 및 방열접착 기술시장 동향 및 사업화 이슈분석, KISTEP, 2013