

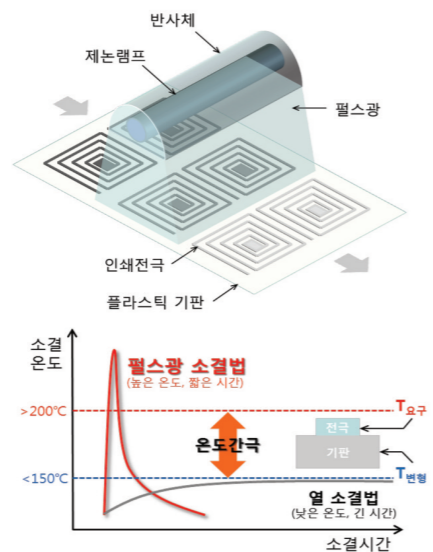
022 펄스광 급속 소결 기술

나노융합기술 연구센터 | 정순신

○ 본 기술은 넓은 스펙트럼의 고강도 펄스광(intense pulsed light)을 조사하여 수~수십 밀리초(milliseconds)의 짧은 시간에 인쇄전극을 수백 °C로 가열하고 실온으로 냉각함으로써, 기판 변형이나 소재 열화 없이 1×10⁷ S/m 이상의 고전도성 인쇄전극을 제조하는 급속 소결(sintering) 기술임

기술개념 및 구성

- 기술개념**
 - ▶ 본 기술은 넓은 스펙트럼의 고강도 펄스광(intense pulsed light)을 조사하여 수~수십 밀리초(milliseconds)의 짧은 시간에 인쇄전극을 수백 °C로 가열하고 실온으로 냉각함으로써, 기판 변형이나 소재 열화 없이 1×10⁷ S/m 이상의 고전도성 인쇄전극을 만드는 소결 기술임
- 기술의 구성도**
 - ▶ 펄스광 발생기, 광소결 공정챔버, 광소결 공정으로 구성됨



<펄스광 급속 소결 장치와 이것의 기본 구성 및 원리>

1. 기술 개요

- 기술개발의 필요성**
 - ▶ 인쇄전자(printed electronics), 유연전자(flexible electronics), 투명전극, 태양전지, 조명/디스플레이 분야에서 전기적·기계적 성능이 우수한 인쇄전극을 제조하는 것이 매우 중요함.
 - ▶ 인쇄전극은 금속 분말이 들어있는 도전성 잉크 또는 페이스트로 기판 위에 인쇄하여 만들어지는데, 전기적·기계적 성능을 제고하기 위해서는 수백 °C의 고온 소결(sintering)이 필수적임.
 - ▶ 일반 플라스틱과 같이 온도에 민감한 기판은 열변형 때문에 고온 소결을 적용하기 어려움. 150°C 미만의 온도에서는 플라스틱 기판의 열변형이 줄어들지만 소결시간은 수십 분으로 길어지고 전기전도도는 높지 않음.
 - ▶ 기판 변형이나 소재 열화 없이 인쇄전극을 선택적으로 빠르게 소결하고 인쇄전극의 전기적·기계적 성능까지 획기적으로 향상하는 급속 소결 기술이 필요함.

2. 기술 내용

- 기술의 특징**
 - ▶ 기술의 특징점
 - 열소결(thermal sintering) 기술의 한계를 극복하고 온도 민감성 기판 위에 인쇄된 Ag, Cu 전극을 대기 중에서 급속 소결
 - 종래 펄스광 소결법의 인쇄전극 결함 발생 문제를 해결한 KERI 고유의 후면조사 펄스광 소결 기술
 - 펄스광의 파형, 스펙트럼, 에너지밀도 뿐만 아니라 인쇄전극의 저항, 온도 측정 가능
 - 펄스광의 조사 방향, 횡수, 시간, 스펙트럼, 에너지밀도 조절 가능
 - ▶ 기술의 상세 규격
 - 제논램프: 선형 3200 J, U형 6400 J
 - 구동전원: 4×3200 W
 - 펄스광: 스펙트럼 300-1000nm, 펄스폭 (4 ms, 에너지밀도 ≤10 J/cm²)
 - 시편 마운트: XY 선형 스테이지, 120×120 mm

경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
 - 펄스광 소결기술

국내	기술명	한양대의 전면조사 펄스광 소결기술
	기술 내용	펄스광을 조사하여 인쇄전극의 소결이 윗면에서 시작하여 아랫면으로 진행되는 하향식(下向式) 소결법으로 인쇄전극에 결함이 발생하는 문제가 있음
국외	기술명	Novacentrix 사의 전면조사 펄스광 소결 기술
	기술 내용	펄스광을 조사하여 인쇄전극의 소결이 윗면에서 시작하여 아랫면으로 진행되는 하향식(下向式) 소결법으로 인쇄전극에 결함이 발생하는 문제가 있음

경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
한양대, Novacentrix	펄스광을 조사하여 인쇄전극의 소결이 아랫면에서 시작하여 윗면으로 진행되는 상향식(上向式) 소결법으로 인쇄전극에 결함이 발생하는 문제가 거의 없고 인쇄전극의 전기전도도가 높음

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

- 펄스광 큐어링(curing), 어닐링(annealing), 소결(sintering) 장비로 적용
- 디스플레이/조명, 스마트 IT, 에너지, 바이오 산업 분야에 활용



시장이슈

- 인쇄 전자 산업은 인쇄 기술을 통해 전기 소자 및 부품, 모듈을 만들어 내는 산업으로, 디스플레이, 3D 프린팅, RFID 등의 유망한 산업 기초가 되는 중요한 산업임
- 일본, 미국, EU를 중심으로 프린팅 설비와 화학 재료 분야, 공정 분야 등에서 핵심 기술 확보를 위해 관련 연구 개발이 활발히 진행 중에 있음
- 특히 3D 프린팅, 잉크젯 프린팅 등 다양한 제품에 대한 적합성 및 안전성과 저온 소성 기술 등이 인쇄 전자 산업의 성장에 핵심 기술인 것으로 판단됨

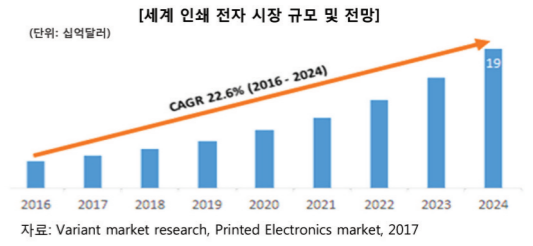
Supply chain

- 본 기술은 펄스광 소결 기술로, △플라스틱, 금속, 유리 등 기판 △도체, 반도체, 절연체 등의 잉크 △ 잉크젯, 그라비아 등의 인쇄장비 등에 적용이 가능함



수요전망

- 세계 인쇄 전자 시장은 2024년까지 190억 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨(CAGR: 22.6%)
- 세계 인쇄 전자 시장은 용도에 따라 태양전지용, 디스플레이용, 자동차 부품용, 의료용 센서용, RFID용, PCBs용 등으로 구분되며, 태양전지용은 2016년 기준 전체 시장의 약 50%의 점유율을 차지함



4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
출원	후면조사를 이용한 상향식 광 소결 장치 및 광 소결 방법	한국	10-2017-0087148	2017
구분	논문명	저널	권호	년도
SCI	Back-irradiation photonic sintering for defect-free high-conductivity metal patterns on transparent plastic	Appl. Phys. Lett.	112, 153103	2018

기술의 완성도

- ▶ TRL5수준 기술완성도 단계 : 시작품 개발
- 현재 광소결 장치 수준은 생산장비가 아니라 연구개발용임
- ▶ 개발 기술 범위
 - 펄스광 급속 소결 장치
 - 펄스광 급속 소결 기판의 급속 인쇄전극 소결 공정
- ▶ 기술개발 완료 시기
 - 시작품에 대해서는 기술 개발 완료됨

5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
 - 펄스광 급속 소결 기술은 공정속도의 손해 없이 높은 생산수율과 전기적·기계적 성능을 달성할 수 있는 경쟁우위를 갖고 시장에 진입할 수 있을 것으로 기대
 - 인쇄전자 세계시장(장비시장)은 2020년 331억불(42억불)에 이를 것으로 전망되는데, 유망기술로 평가되는 펄스광 급속 소결 장치는 인쇄전자 장비시장에서 매우 중요한 부분을 차지할 것으로 예상

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 펄스광 급속 소결 기술은 공정속도가 빠르고 대면적화가 용이하여 인쇄 전자, 유연전자 분야에서 고전도성 전극을 결함 없이 롴투롤(R2R)로 제조하는 기술을 제고하고 국내 장비·공정 기술력을 한 단계 도약시킬 것으로 기대

[R&R : 1-2-2]