

펄스파워를 이용한 나노분말 제조 기술

전기물리연구센터 | 조주현

○ 본 기술은 고전압 대전류 펄스를 이용하여 금속 와이어 또는 벌크 재료를 순간적으로 기화시켜 나노입자로 변환시키는 기술로, 기체 및 액체 중에서 모두 가능하여 산소 또는 탄소 막이 코팅된 금속 나노분말 및 고순도의 순수 금속 나노분말의 대량생산이 가능하며, 동일한 기술로 실리콘 등의 반도체 나노입자의 제조도 가능함.

기술개념 및 구성

기술개념

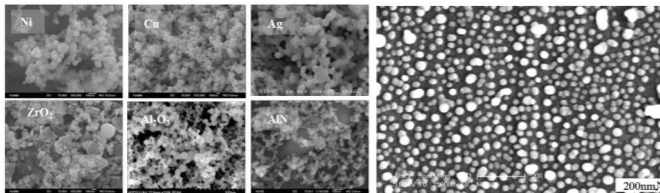
▶ 펄스파워 기술을 이용하여 직경 1mm 이하의 금속 또는 반도체 와이어에 펄스 대전류를 인가하면 와이어는 매우 짧은 시간동안(5 ~ 20usec)에 가열되어, 고체 → 액체 → 기체 → 플라즈마 상태로 변환 후 냉각 및 응축되어 나노입자 상태로 변화.

기술의 구성도



[기중 및 액중 전기폭발 나노분말 생성 과정 고속카메라 사진]

전기폭발법으로 제조된 각종 나노분말의 SEM 사진



[기중 제조된 각종 나노분말]

[액중 제조된 은 나노분말]

1. 기술 개요

기술개발의 필요성

- ▶ 나노기술은 21세기 국가 경쟁력을 좌우하는 기술로서 정부에서도 정책적으로 나노산업 육성에 힘을 기울이고 있으며, 나노분말 재료는 나노기술의 실현을 가능하게 하는 핵심소재로서 그 수요와 시장은 날로 증대되고 있음.
- ▶ 펄스파워 나노분말 제조는 다양한 나노분말 제조법 중에서 전기에너지를 이용하는 물리적 방법 중의 한가지로 원재료를 전기에너지만을 이용하여 나노입자화 하는 기술로서 고순도 고분산의 나노분말 제조가 가능.
- ▶ 현재 나노분말 제조기술은 제조와 동시에 응용에 필요한 특성을 갖추는 복합적인 기능이 필요하며, 펄스파워 전기폭발 기술은 매질의 특성을 이용하여 생성과 동시에 필요한 기능을 갖추는 기술개발이 가능.

2. 기술 내용

기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
 - 동일한 장치와 동일한 공정으로 Ag, Cu, Ni, Sn 등 금속 나노분말 대량 제조 가능
 - 화학약품 사용하지 않고 물리적 공정에 의한 제조법으로 고순도, 고분산 금속 나노분말을 친 환경적 방법으로 제조

- 제조와 동시에 응용공정에 필요한 산화막 또는 탄소막 등의 기능을 갖추는 기능성 복합 나노분말의 제조가 가능
- 흑연, 실리콘 등의 물질도 동일한 원리로 나노분말 제조 가능

기술의 상세 규격

- 100nm 이하의 금속 나노입자 제조 200g/h 규모로 제조가능
- 30nm 이하의 귀금속 나노입자 제조 (수중 펄스 방전식 10g/h)
- 카본 코팅된 100nm급 Si 나노분말 제조
- 30nm급 고순도 흑연 나노분말 제조

경쟁기술과 차별성

국내외 유사·경쟁 기술 현황

- 물리적 방법에 의한 나노분말 제조 기술

구분	기술명	기술내용
국내	기술명	플라즈마 토치 나노분말 제조 기술
	기술내용	아크방전에 의한 고온의 플라즈마로 마이크로미터 사이즈 입자를 증발 기화시켜 나노입자 화
국내	기술명	액기중 전기폭발 나노분말 제조기술
	기술내용	기중 전기폭발 후 액상에 나노입자 분산하여 분산도 개선
국외	기술명	레이저 어블레이션(Laser ablation) 방법
	기술내용	재료 표면에 레이저를 조사하여 표면을 증발기화 후 입자화

▶ 경쟁 기술 대비 우수성

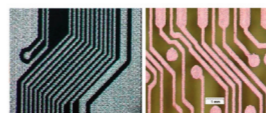
경쟁기술	본 기술의 우수성
플라즈마 토치	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지효율: 플라즈마 토치법은 대량생산에 용이한 기술이나 고온의 플라즈마를 이용하여 응용하는 방식으로 열손실로 인한 에너지 효율이 낮으나 펄스파워 기술은 시간적 공간적으로 집중된 에너지 사용으로 에너지 효율이 뛰어나. • 분산성: 펄스파워 기술은 입자 생성후 급속히 냉각되므로 입자간의 용융용착이 적어 분산성이 뛰어나.

3. 기술의 시장성

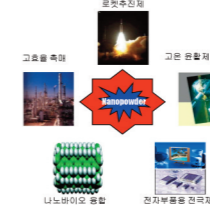
기술 응용분야 및 제품

- 도전성 페이스트 원료 (종래의 패턴인쇄 및 인쇄전자 나노잉크 소재)
- 항균 및 약물전달 물질 등의 바이오 응용분야 소재
- 기존의 종래의 분말아금 또는 화학제조 등의 소재

[Ag 및 Cu 나노잉크를 이용한 패턴인쇄]



[기타 나노분말 응용분야]

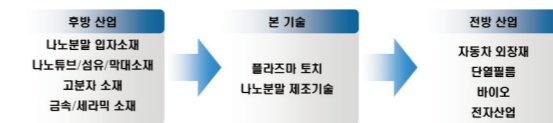


시장이슈

- 나노분말 소재를 이용한 도전성 잉크 제조 등의 분야가 각광을 받고 있으나 입자표면 특성 제어 및 분산의 어려움이 있음.
- MLCC 제조 및 인쇄전자 등의 분야에서 나노분말의 수요는 크게 증가될 것으로 예상되고 있으나 균일한 입도를 갖는 나노분말을 필요한 만큼 대량으로 생산할 수 있는 기술이 필요.
- 바이오 응용 분야의 연구개발이 활발하게 이루어져 발전가능성은 높으나 아직까지 시장은 크지 않음.

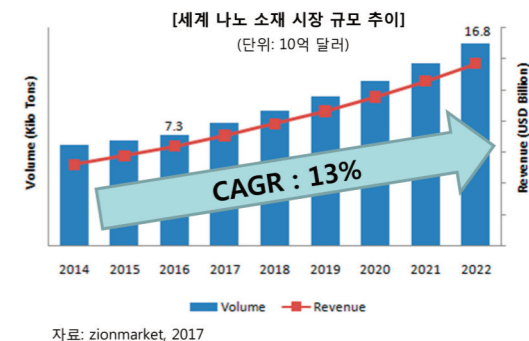
Supply chain

- 본 기술은 펄스파워 기술을 이용하는 고도의 기술집약적인 분야로 진입 장벽이 높으나 기술개발 후의 응용분야가 매우 넓어 사업확장에 유리



수요전망

- 고순도 고분산 나노분말의 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상되며, 제조에 있어 친환경적인 방법이 원가절감에 기여함
- 나노 소재 시장은 연평균 13%의 성장률로 2016년 70억 달러 시장에서 2022년 160억 달러 시장으로 형성될 것으로 전망됨



4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	액중 전기폭발에 의한 나노분말 제조 방법 및 장치	한국	10-0078518	2005
출원	액중 전기폭발에 의한 반도체 나노 분말 제조 방법 및 장치	한국	10-0126028	2008
출원	나노초 펄스방전을 이용한 나노분말 제조 장치 및 방법	한국	10-0135193	2016

기술의 완성도

- ▶ TRL 6 수준의 기술완성도 단계 : Full-Scale 시제품 개발
- ▶ 개발 기술 범위 : 펄스파워 나노분말 제조기술
- 기중 전기폭발 금속 나노분말 제조기술
- 액중 전기폭발 흑연 및 반도체 나노분말 제조 기술
- 나노초 펄스방전 나노분말 제조기술
- ▶ 기술개발 완료 시기
- 기술개발 완료 일부 기술이전

5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
 - 본 기술에 의한 금속 나노분말 제조법은 전극재료로서 도전성 코팅 및 다층세라믹 커패시터 (MLCC) 등에 활용가치가 높은 기술로, 금속 나노분말의 시장성은 현재보다는 미래의 시장가치가 높은 것으로 판단됨.
 - 미래의 성장동력인 신재생 에너지 및 바이오 산업에 있어서도 나노분말의 수요는 갈수록 증가할 것이며, 다양한 기능을 가지는 나노분말의 수요에 대응하여 본 기술과 같이 기본기술을 바탕으로 쉽게 변형할 수 있는 기술은 사업영역을 다변화 할 수 있는 장점이 있음.

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - ICT 및 인쇄전자 기술의 발달에 따라서 수요증가가 예상되는 은, 니켈, 구리 등의 도전성 금속 나노분말의 대량생산과 입도별 분급기술 개발을 확보를 통하여 향후 금속 나노분말 시장의 수출 및 수입대체 효과가 기대됨.
 - 향후 수소 및 연료전지 수요에 따라서 백금 등의 귀금속 촉매재료 나노입자 제조기술로서 나노초 펄스 방전에 의한 나노분말 제조기술이 활용될 가능성 높음.