

요 약 문

I. 연구개요

- 산업의 발달로 매년 산업시설배출계폐기물이 증가. 기존 폐기물에 대한 매립, 재활용 등 방안이 있지만 산업의 고도화에 따라 국가, 지자체 중심의 폐기물 처리 시스템의 필요성이 두각
- 충남의 폐기물의 75%는 산업시설배출계폐기물일 정도로 산업이 많이 위치. 타 지역에 비해서 재활용 및 폐기물 처리 시스템의 효율성이 높은 충남. 금속 산업의 경우 다량의 폐기물을 배출하고 있지만 재활용을 제조회사에서 대부분을 분담하고 있는 실정
- 비금속 제품제조업은 도 내 제조업 기준 2번째로 많은 폐기물을 배출. 특히 반도체 산업과 태양전지 산업의 발전으로 실리콘 웨이퍼 제조 폐기물이 증가. 실리콘 웨이퍼 제조 폐기물은 재활용의 가치가 높으며 나노 입자 폐기에 더 많은 비용을 필요로 함

II. 연구의 필요성 및 목적

연구의 필요성

- 150 μm 웨이퍼 기준 동일량(웨이퍼 1: 슬러지 1)의 고순도 실리콘 절삭입자가 발생하고 있음.
- 나노입자의 경우 재활용 기술이 부족하여 폐수로 방류 또는 비용부담을 통한 처리로 나노실리콘 처리기술이 요구됨. 산업폐수처리기술의 한계로 일부 미세 입자는 전기적, 화학적 처리로 진행 중이지만 중소기업의 경우 시설투자보다는 폐수처리에 비용을 지출하고 있어 저가의 나노입자 폐수 처리기술이 필요.
- 웨이퍼의 박막화로 인해 절삭 및 표면처리 과정에서 발생하는 고순도 실리콘의 일부를 제거하여 나노 실리콘이 함유된 폐수를 처리하는 기술 개발이 시급함.

연구 목적

- 실리콘 및 절삭 와이어에 포함된 SiC 수입의존도가 높아서 고순도 원료 함유 폐수의 재활용 기술이 요구됨.
- 반도체, 디스플레이 및 태양전지에 사용되는 실리콘 웨이퍼 제조 시 발생하는 고순도 원료(Si, SiC)의 나노입자 회수 기술 개발을 통해 환경오염 및 원천 소재 수입의존도 완화 가능
- 실리콘 나노입자는 차세대 이차전지 음극의 핵심소재임에도 불구하고 100 nm 이하의 나노입자 재활용 기술을 확보하지 못해 이를 통해 차세대 이차전지 응용 및 원가 절감 효과 유도 가능
- 나노입자 회수 기술을 통해 기존 폐수에 함유된 미세나노입자 처리기술 확보 및 환경개선 가능

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

연구내용

- 실리콘 웨이퍼 절삭시 발생하는 나노실리콘 함유 폐수 처리 및 재활용 기술 개발
- 반도체, 디스플레이 및 태양전지에 사용되는 실리콘 웨이퍼 제조 시 발생하는 고순도 원료(Si, SiC)의 나노입자 회수 기술
 - 100 nm 이하 실리콘 나노입자 회수기술 개발
- 차세대 이차전지 음극의 핵심소재인 실리콘 나노입자의 100 nm 이하의 나노입자 재활용 기술
- 나노입자 회수 기술을 통해 기존 폐수에 함유된 미세나노입자 처리기술

연구 범위

- 웨이퍼 절삭 슬러지 함유 물질 분석
 - Si 및 SiC 외 함유 불순물의 금속함유량 분석, 고순도 실리콘의 입도 분포, 함유량의 정량 및 정성분석

- 미세표면분석등을 통한 Si입자의 표면산화거동 및 슬러지 내 Si 함유량 분석
- 물리적 방법을 통해 거대(μm) 실리콘 나노입자 및 SiC 입자 제거
 - 물리적 방법을 통해 μm 크기의 Si 및 SiC 입자 분리 기술 개발
 - μm 입자의 회수기술 개발 및 표면산화막 및 재산화 방지 기술 개발
- 슬러지 내 리간드 조절을 통한 나노실리콘 입자의 응집 유도
 - 물리적 방법으로 회수가 불가능한 100 nm 이하 입자의 회수를 위한 표면처리 기술 개발
 - 나노입자 리간드 조절을 통한 표면 전하 제어기술 개발
- 회수 나노실리콘을 이용한 재활용 기술 개발(Si-C 복합소재)
 - 실리콘-유기물 복합체의 탄화공정 기술 개발
 - 차세대 이차전지 응용을 위한 Si-C 복합체 전극 기술 개발

IV. 연구결과

시료 분석

- 실리콘 슬러지의 XRD 분석 결과 고순도의 실리콘이며, 폐수 속의 입자는 실리카임을 확인
- DLS 분석 결과 폐수 속 입자는 100nm이하에 주로 분포하며, 슬러지는 300~350nm의 입도 분포를 보임

실리콘 폐수의 고형분 회수

- 실리콘 절삭과정에서 발생하는 폐수 중 고형분을 사용하기 위해서 실리콘 슬러지표면에 유기물을 흡착시켜 응집을 유도, 이 응집체를 회수하여 그 중 포함된 실리콘 고형분을 회수함
- 제타포텐셜을 통해 용액 내 절삭유 및 기타 금속 불순물이 존재함을 확인 및 필터링을 통해 분리

입도조절 및 미세구조 분석

- 이차전지 및 여러 분야에서 필요로하는 100nm이하의 입자 제조를 위하여 시료 분석 결과 1.5~2.0 μm 의 폐슬러지 입자의 입도를 줄이는 과정을 진행
- 물리적 방법을 통해 연구를 진행한 결과 입도의 감소 경향을 확인했으며,

SEM 분석을 통하여 입자가 작아졌지만, 응집효과에 의해서 DLS 분석에는 큰 분포를 나타냄을 확인

고부가가치 산업 응용 가능성 분석

- 최근 이차전지의 음극활물질로써 각광받는 실리콘에 매트릭스 역할 물질이 첨가된 구조 제작을 진행하였으며, 제조한 Si/TiO₂ 분말이 우수한 초기 전기용량을 가지는지와 내구성 테스트를 진행 중
- 다양한 분야에서 필요로하는 반도체를 일부 대체의 목적으로 실리콘 소결체를 제작함. 또한 전체 소결이 아닌 3D 프린팅 기술을 이용하여 회로별로 필요한 소결체 형성을 진행하여 시간과 원재료 감축의 가능성을 확인할 계획

향후 연구 진행 방향

V. 연구결과의 활용계획

- 나노입자 함유 폐수 처리기술
 - 장기간 지속적으로 활용가능한 기술로 웨이퍼 제조 및 기타 가공에 발생하는 슬러지의 물리적 제거기술의 한계를 극복할 수 있어 장기간 활용 가능.
- 차세대 이차전지의 Si-C 복합소재
 - 차세대 이차전지의 Si-C 복합체의 경우 미래 핵심기술로 분석되고 있으나 나노 실리콘 제조의 한계를 갖고 있어 본 기술을 통해 저가의 실리콘 회수 및 복합화로 이차전지 단가 절감에 활용 가능.

VI . 연구결과의 지자체 활용 방안

- 충남에 소재한 지자체인 주식회사 EG는 슬러지 속에 함유된 폐실리콘을 재활용하여 비탄소계 음극재에 적용 가능한 입도제어 기술 확보
- 충남은 대만 타이페이 글로벌웨이퍼스 본사에서 외자유치 MOU를 체결하여 2020년까지 4800억원을 투자하여 300 nm 실리콘 웨이퍼 생산 공장을 증축 이를통해 지자체 내에서 연계할 시 지자체 내 발생하는 폐기물의 양의 감소와 더불어 경제적 이익을 얻을 것으로 예상