

실리콘 슬러지로부터 리튬電池 陰極用 Si-SiC-CuO-C 복합물의 合成[†]

鄭求軫 · 張喜棟* · †李詰京**

金烏工科大學校 그린에너지시스템센터, *韓國地質資源研究院 나노物質研究팀, **金烏工科大學校 新素材시스템工學部

Synthesis of Si-SiC-CuO-C Composite from Silicon Sludge as an Anode of Lithium Battery[†]

Goojin Jeong, Hee Dong Jang* and †Churl Kyoung Lee**

Green Energy System Center, Kumoh National Institute of Technology

*Nano-Materials Group, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

**School of Advanced Materials & System Eng., Kumoh National Institute of Technology

요 약

실리콘 웨이퍼공정에서 발생하는 실리콘 슬러지로부터 리싸이클링 공정으로 Si-SiC 혼합물을 분리 회수한 다음 기계적 합성법으로 Si-SiC-CuO-C 복합물을 제조하였으며, 리튬전지 음극물질로서의 가능성을 조사하였다. 실리콘 슬러지의 주요 불순물은 절삭유, 금속불순물 및 SiC를 들 수 있다. 오일세정-자력선별-산세척으로 절삭유와 금속불순물을 제거한 다음 고에너지 밀링법으로 Si-SiC-CuO-C 복합물을 합성하였다. 복합물의 충방전 용량과 사이클 특성을 조사한 결과, 수명에 따른 용량 유지 특성이 향상된 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 복합물을 구성하는 SiC와 CuO 관련 물질은 실리콘의 부피팽창으로 인한 기계적 파괴 현상을 억제하는 요소로 작용하는 것으로 추정되며, 반면에 Fe 등과 같은 불순물은 전극의 충방전 용량을 감소시키는 요인으로서 전극물질 합성 전에 10 ppm 이내로 제거되어야 하는 것으로 판단된다.

주제어 : 실리콘 슬러지, 실리콘 복합물, 기계적 합금, 음극, 리튬전지

Abstract

As a recycling of Si sludge from Si wafer process, a Si-SiC-CuO-C composite material was synthesized and investigated as an anode material for lithium batteries. The Si sludge consisted of Si, SiC, machine oil, and metallic impurities. The oil and metal impurities was removed by organic washing, magnetic separation, and acid washing. The Si-SiC-CuO-C composite from the recovered Si-SiC mixture was prepared by high-energy mechanical milling. According to the electrochemical tests such as charge-discharge capacity and cycling behavior, it showed the improved cycle performance. The SiC and CuO-related phases were presumed to restrain the volume expansion of the anode and Fe, however, should be removed below 10 ppm prior to synthesis of the composite because it caused the capacity loss of the active material itself.

Key words : Silicon sludge, Si composite, Mechanical alloying, Anode, Lithium battery

1. 서 론

실리콘 잉곳을 원판형태로 절단하는 공정에서 wire saw 를 일반적으로 사용하고 있으며, 평균 입경 20 μm의

[†] 2010년 7월 22일 접수, 2010년 7월 30일 1차수정

2010년 8월 16일 수리

* E-mail: cklee@kumoh.ac.kr

SiC 등을 함유한 절단용 슬러리가 사용되고 있다. 이 과정에서 SiC, Si 입자 및 절삭유 등이 함유되어 있는 슬러지가 배출되며, 슬러지 중 SiC와 절삭유는 분리, 회수하여 실리콘 웨이퍼의 절단공정에서 재이용하고 있다. 그러나 재이용되지 않는 잔류 폐슬러지가 연간 약 2,500톤 정도 발생하는 것으로 알려져 있다. 이 폐슬러지는 평균 입경이 20 μm 이하인 SiC와 더 작은 입경

의 Si 분말 그리고 유기성 오일로 구성되어 있기 때문에 이를 효과적으로 분리, 회수하여 유용한 자원으로 재 이용 또는 재활용하는 것은 자원의 효율적인 이용은 물론 환경적으로도 의미가 있다고 할 수 있다.^{1,2)}

상용화된 리튬이온전지의 구성요소 중 음극용 흑연계 물질들은 372 mAh/g 정도의 한정된 이론 용량을 갖기 때문에 보다 높은 용량을 갖는 대체 재료의 개발이 세계적으로 활발히 이루어지고 있다.³⁾ 지금까지 탄소계 물질을 대체할 수 있는 음극재료로는 리튬금속, 전이금속 산화물, 질화물, 리튬 합금 등이 연구되고 있으며, 그 중 리튬과 합금화를 통하여 리튬 이온의 충·방전이 가능한 금속 원소로 Si, Sn, Al 등을 들 수 있다. 이러한 원소들 중에서 Si은 기존의 음극재료인 흑연에 비해서 충방전 용량이 매우 크고(3,600 mAh/g) 방전 전압 또한 합금계 물질 중 가장 낮은 것으로 알려져 높은 에너지 밀도를 필요로 하는 차세대 음극 물질로서 큰 주목을 받고 있다.

Si은 우수한 용량특성을 갖는 반면에 리튬과 합금화 과정에서 구조적인 변화와 큰 부피팽창으로 인하여 충·방전 용량이 급격히 감퇴하는 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해서는 리튬과의 반응 중에 발생하는 부피팽창을 제어하거나 흡수할 수 있어야 하며,^{3,4)} 또한 부피팽창으로 인한 활물질 입자의 기계적 파괴현상 및 이로 인한 전기적 네트워크의 열화 문제 등을 해결할 수 있어야 한다.^{5,6)} 기존 연구 중 하나로, 츄성이 강한 구리산화물 (CuO)을 첨가원소로 하고 동시에 전기 전도도를 향상시키기 위하여 흑연을 첨가하여 고에너지 볼밀링법으로 Si-CuO-C 복합물을 제조한 후 향상된 전지 특성을 보고한 연구 사례를 들 수 있다.⁷⁾

본 연구에서는 Si 슬러지로부터 분리공정을 통하여 절삭유와 금속 불순물 등을 제거한 Si-SiC 혼합물을 회수하고자 하였으며, 리튬이차전지 음극 재료로서의 가능성을 알아보기 위하여 고에너지 볼밀링법으로 Si-SiC-CuO-C 복합물을 합성하고자 하였다. 최종 생성된 Si-SiC-CuO-C 복합물의 전기화학적 충방전 거동을 살펴보았으며, 구성 성분들이 충방전 용량과 사이클 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험

2.1. Si의 분리회수

Si 웨이퍼 절단공정에서 발생하는 Si 슬러지로부터 Si를 분리회수한 다음 리튬전지 음극물질로서 Si-SiC-

CuO-C 복합물을 기계적 합성법으로 제조하였다. Si 슬러지로부터 Si의 분리공정은 Fig. 1과 같이 세정에 의한 오일 제거, 자력선별과 산세척으로 금속불순물을 제거한 다음 중액에서 실리콘으로부터 SiC를 부분적으로 침전·분리하는 공정을 제안하였다. 기존의 연구결과^{1,2)}와 같이 절삭유와 잘 혼합될 수 있는 유기 용매 즉, dichloromethane(CH_2Cl_2)을 폐슬러지와 혼합하였으며 강력한 교반을 실시하여 폐슬러지로부터 절삭유를 선택적으로 용해하였다. 그리고 고상과 액상은 여과와 원심분리에 의해 고상인 Si, SiC와 유기성 오일을 분리하였다. 절삭유를 제거한 폐슬러지에는 Si와 SiC 이외에도 소량의 철 분말이 함유되어 있다. 이 철 분말은 wire saw와 실리콘 마찰에 의해 생성되는데, 시료의 발생 상태나 후처리 상태에 따라 Fe 함유량은 큰 범위를 갖는다. 따라서 유용성 오일의 분리, 제거된 고상의 혼합물 중 Fe 분말은 자속밀도 500 gauss의 자력선별기(Eric manufacturing)를 사용하여 분리하였다. Fe가 일부 제거된 혼합물을 1 mol/L 염산, 고액비 1:2, 상온 조건에서 2 시간 교반한 다음 침전시키고 중류수로 세척한 후 건조하였다. 아세톤과 tetraburomoethane($\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$)가 혼합된 비중 2.8의 중액에 혼합물을 투입하여 Si(비중 2.33)과 SiC(비중 3.22)를 분리하였다.

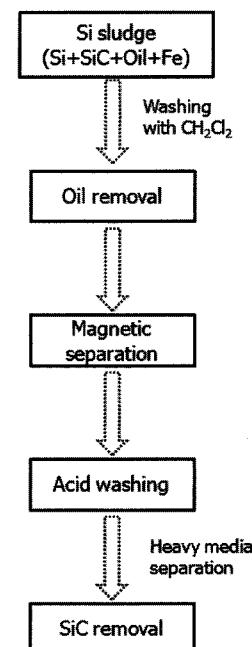


Fig. 1. Schematic diagram of Si recovery process from Si sludge.

2.2. Si-SiC-CuO-C composite 의 합성

분리회수된 Si 금속분말로부터 기계적 합성법에 의하여 Si-SiC-CuO-C composite를 제조하고 전극특성 측정용 시험 cell을 Fig. 2의 순서를 따라 제조하였다.⁷⁾ Si-SiC-CuO 복합물을 제조하기 위해 기계적 합금화 방법의 일종인 고에너지 밀링법을 이용하였다. 전극 활물질 합성을 위한 시작 물질로는 Si 슬러지로부터 분리한 Si-SiC 분말, 산화구리 분말(CuO, 5 μm, >99.99%, Aldrich), 흑연(C, -325mesh, >99.99, Aldrich)을 사용하였다. 공기로 인한 영향을 배제하기 위해 용기는 아르곤으로 채워진 글러브 박스 안에서 조립하였다. 앞선 공정에서 제조된 Si-SiC-CuO 복합물은 800°C, Ar 분위기에서 3시간동안 열처리한 후 흑연과 무게비 1:1로 칭량한 다음 30분 동안 밀링함으로써 최종 생성물인 Si-SiC-CuO-graphite 복합물을 제조하였다.

각 물질의 금속 성분분석은 유도결합플라즈마분광기(ICPA, Rigaku)로 분석하였으며, 복합물의 상 확인 및 결정성 관찰을 위해 X선 회절 분석(XRD, Bruker, Co-K α)을 실시하였다. 그리고 활물질의 형상과 조성은 전자현미경(SEM-EDS, JEOL) 및 X선 형광법(XRF, Shimadzu)을 이용하여 확인하였다.

2.3. 전극제조 및 평가

실험용 전극은 결합재로 polyvinylidene fluoride(PVdF)

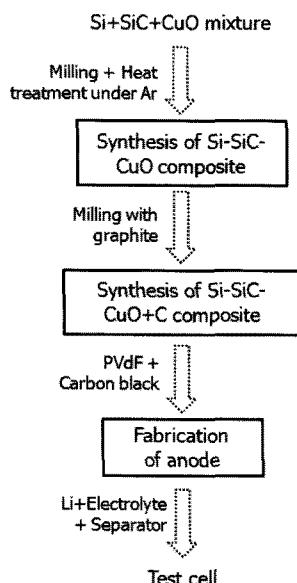


Fig. 2. Synthesis of Si-SiC-CuO-C composite and fabrication of test cell.

를 사용하였고, 도전재는 carbon black을 사용하였다. 이 때 활물질과 도전재, 결합재의 혼합 중량비는 80:10:10으로 하였다. 실험에 사용된 셀은 polypropylene (PP) 재질의 코인형 셀로써 글러브 박스 안에서 조립하였다. 상대전극과 기준전극으로 Li 금속(Cyprus, 두께 25 mm)을, 격리막으로 PP 재질의 Celgard 2400을 사용하였다. 전해액은 1M LiPF₆ + EC/DEC(ethylene carbonate:diethyl carbonate=1:1) 용액을 사용하였다. 충·방전 실험은 충·방전 테스트 장비(Maccor)를 사용하여 50 mAh/g의 정전류 조건에서 수행하였다. 다공성 전극인 관계로 걸보기 면적에 대한 전류 밀도보다는 활물질 중량에 대한 전류량으로 실험을 수행하였고, 전위 범위는 0.0~2.0V로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Si 슬러지로부터 Si 분말의 분리회수

실리콘 절단슬러지와 디클로로메탄의 혼합물(중량비 1:2)을 3시간 동안 300 rpm 이상으로 교반하여 절삭유를 선택적으로 용해하였고 고상과 액상은 여과와 원심 분리에 의해 고상(Si+SiC)와 액상(유기성 오일)을 분리하였다. Table 1에서의 여과물에 대한 X선 형광분석 결과를 보면 Si와 SiC로 구성된 슬러지의 주요 구성 성분으로는 Si이 62.2 wt% 이었으며, Fe 성분이 5.6 wt% 정도 함유된 것을 알 수 있었다.

절삭유를 제거한 폐슬러지에는 Si와 SiC 이외에도 소량의 Fe 분말이 함유되어 있다. 따라서 오일을 제거한 혼합물 중 Fe 분말은 자속밀도 500 gauss의 자력선별기를 사용하여 분리하였다. Table 1에는 실리콘 잉곳 절단슬러지로부터 절삭유가 제거된 잔사중의 Fe 성분을 자력 선별법에 의해 제거한 양과 최종적으로 Fe 성분이 제거된 Si와 SiC 혼합 잔사에 대한 무게 분율을 나타내었다. 자력선별 후 Si와 SiC 혼합 잔사는 전체 슬러지 함량 중 96.3 wt%이었다. 일부 철분이 제거된 혼합물을 1 mol/L 염산용액에서 교반상태로 2 시간 세척

Table 1. Composition of Si sludge

Content(wt%)	Si	Fe	C
after oil removal	62.2	5.6	31.1
after magnetic separation	63.8	3.2	32.5
after acid washing	64.5	0.1	34.5
after heavy media separation	88.1	<0.1	11.4

한 다음 증류수로 세척한 후 건조하였다. 고상의 성분을 분석한 결과 Fe의 함량은 0.1 wt% 이하로 대부분 제거되었다.

SiC와 Si의 분리를 위하여 아세톤과 tetraburomoethane 혼합증액에 혼합물을 투입하여 중액선별을 수행한 결과, 비중 3.22의 SiC가 65%정도 제거되었는데 이는 Si 잉곳의 절단공정에서 발생된 Si와 SiC 혼합분말 중 물리적으로 강하게 결합되어 복합화된 분말이 일부분 존재하는 것으로 판단된다. 최종 혼합분말의 존재상과 형상을 X선 회절과 전자현미경을 이용하여 분석한 결과를 Fig. 3과 4에 도시되어 있는데 Fe의 peak는 관찰되지 않고 Si가 대부분인 Si-SiC 혼합물로 판정되었다. 또한 1 μm 이하의 미립 Si와 SiC 입자들이 서로 응집되어 있음을 Fig. 4에서 확인할 수 있었다.

3.2. Si-SiC-CuO-graphite 복합물의 제조

전 연구⁷⁾에서와 같이 Si-CuO-C 복합물을 밀링을 이용하여 합성할 수 있었으며, 최적조건을 도출한 바 있다. 본 연구에서는 전 연구의 방법에 따라 각 물질의 조성비는 Si:SiC:CuO = 0.99:0.11:1.9로 하고 밀링시간을 36시간하여 Si-SiC-CuO 복합물을 제조하였다. 그리고 제조된 Si-SiC-CuO 복합물을 800°C, Ar 분위기에서 3시간동안 열처리 후 흑연과의 볼밀링을 통하여 최종 생성물인 Si-SiC-CuO-graphite 복합물을 제조하였으며, 이때 혼합물:탄소의 중량비는 1:1로 그리고 밀링시간은 30분으로 고정하였다. Fig. 5는 사용한 원료, 복합물의 SEM 이미지와 혼합물 단일입자의 electron probe

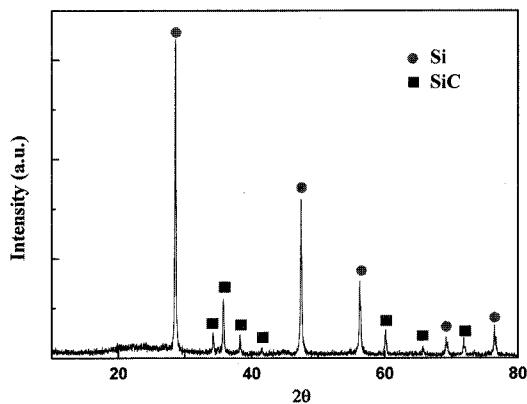


Fig. 3. XRD patterns of the Si-SiC mixture recovered from the Si sludge.

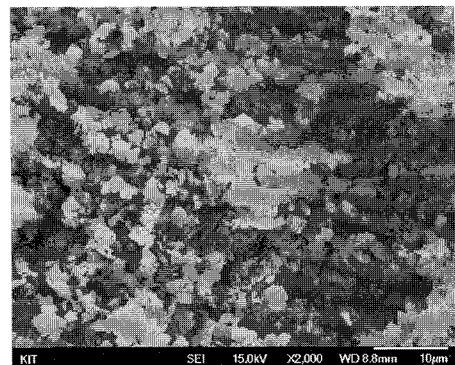


Fig. 4. SEM image of the Si-SiC mixture recovered from the Si sludge.

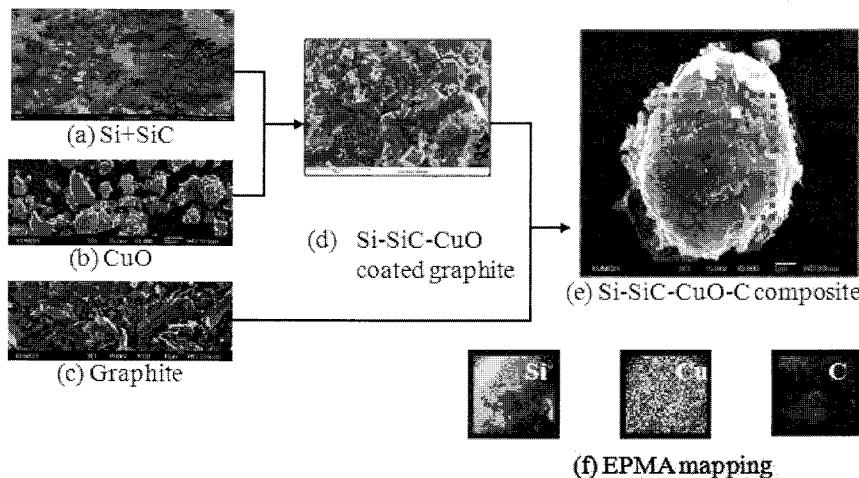


Fig. 5. SEM images of raw materials and the composite and compositional distribution.

micro analyzer(EPMA) mapping 결과를 보여주고 있다. Si-SiC 혼합물로도 Si-SiC-CuO-graphite 복합물을 제조할 수 있음을 확인할 수 있었고 Cu와 C가 Si와 고르게 혼합되어 있음을 볼 수 있었다.

3.3. Si-SiC-CuO-graphite 복합물의 전기화학적 특성
기계적 합금화법에 의해 최종적으로 제조된 Si-SiC-CuO-graphite 복합물을 활물질로 하여 제작한 전극의 사이클에 따른 충·방전 거동을 Fig. 6과 Table 2에 나타내었다.

Si 웨이퍼 절단 슬러지로부터 합성한 Si-SiC-CuO-graphite 복합물의 첫 사이클 충·방전 용량은 각각 870 mAh/g, 660 mAh/g이었고 그 가역 효율은 76.4%이었다. 반면에 순수한 Si는 잘 알려진 바와 같이 첫 사이클의 충방전 용량은 매우 높으나 과도한 부피팽창 및 기계적 열화 문제에 의하여 5 사이클 이후 용량 유지율이 13% 정도로 크게 감소하는 것을 볼 수 있었다. 반면에 순수한 Si로 제조한 Si-CuO-graphite 복합물의 경우 순수한 Si에 비하여 60% 정도의 초기용량을 가지지만 20 사이클 이후에도 55% 이상의 용량을 유지하는

것을 볼 수 있었다.⁷⁾ 반면 SiC가 추가적으로 함유되어 있는 Si-SiC-CuO-graphite 복합물의 경우 초기 용량은 좀 더 감소하지만 20 사이클 이후에도 92% 정도의 용량을 유지하면서 Si-CuO-graphite 복합물 보다 더 우수한 수명 용량유지 특성을 나타내었다. Si-SiC-CuO-graphite 복합물에서의 초기 용량 감소는 리튬과 전기화학적으로 비활성인 SiC와 일부 금속 불순물로 존재하는 Fe에 기인하는 것으로 보이며, 수명에 따른 향상된 용량 유지 특성은 복합물을 구성하는 SiC과 CuO 관련성이 Si의 부피변화 및 기계적 열화를 억제하는 데 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다.⁸⁾

CuO의 경우 층성이 강한 전이 금속 산화물로 Si와 함께 고에너지 밀링으로 제조할 경우, 그 특성상 모상인 Si에 미세하고 균일하게 분포할 수 있으며, 그 결과 Si와의 기계적 합금화에 의해 형성되는 Cu₃Si 상을 좀 더 용이하고 균일하게 분포시킬 수 있는 역할을 한다. CuO과 Si의 기계적 합금화로 생성된 Cu₃Si는 순수한 Si의 전기전도도(10^{-5} S/cm)에 비해 $2 \times 10^4 \text{ S/cm}$ 의 비교적 좋은 전기전도도를 가지고 있다.^{7,8)} 이러한 높은 전기전도도의 물질을 Si 활물질 분말 전체에 균일하게 분포시킴으로써, Si과 Li 간의 전기화학적 계면 반응 및 입자 내 Li의 확산반응을 균일하게 구현시킬 수 있으며 동시에 이러한 반응들의 반응속도를 향상시킬 수 있다. 이러한 균일한 반응은 Si의 부피변화로 인한 기계적 파괴 현상을 감소시킬 수 있으며 따라서 Fig. 6에서 보여주는 결과와 같이 향상된 수명 유지 특성을 보이는 것으로 판단된다. SiC의 경우, 리튬과 전기화학적으로 비활성이며 Si 활물질과 분리되어 독립적인 분말 형태로 존재하는 경우, 용량 감소의 악영향을 미치게 된다. 하지만, Si와 물리적으로 복합물 형태의 물질로 존재할 경우, Li과 반응하는 Si의 부피팽창으로 인한 기계적 열화 현상을 억제할 수 있는 역할을 가질 수 있다. SiC는 구조재료 연구 분야에서 입자강화복합체(particulate reinforced composite)^{9,10)} 설계에 강화 입자 재료로 널

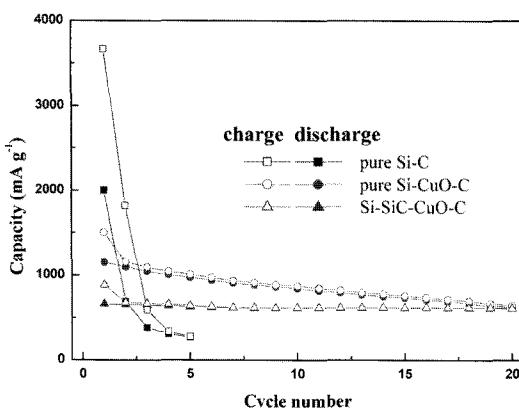


Fig. 6. Cycle performance of the Si composites.

Table 2. Capacity and efficiency of several Si anode materials

	pure Si-C	Si-CuO-C	Si-SiC-CuO-C
charge capacity @ 1st (mAh/g)	3,667	1,502	884
discharge capacity @ 1st (mAh/g)	2,001	1,154	660
Coulombic efficiency @ 1st (%)	54.6	76.3	76.4
discharge capacity loss @ 20 cycles (%)	86.6*	45.8	7.9

* @ 5 cycles

리 사용되고 있다. 이 경우, 모재에서 발생하는 크랙의 형성 및 전파를 크랙굴절 및 크랙닫힘 메카니즘⁹⁾을 통하여 기계적 파괴 현상을 억제시킬 수 있는데, 이러한 기구를 실제 리튬이차전지 음극재료에 적용한 연구 보고 사례⁵⁾가 있으며, 그 결과에서도 활물질의 부피팽창으로 인한 크랙의 형성을 현저히 억제시켰다. 본 연구에서도 Si 모재 활물질에 분포하고 있는 SiC는 Si에서 나타나는 기계적 열화를 억제시키는 것으로 보이며 그 결과 향상된 수명 용량 유지 특성을 보이는 것으로 판단된다.

4. 결 론

실리콘 웨이퍼공정에서 발생하는 실리콘 슬러지의 리사이클링 수단으로 슬러지로부터 실리콘을 분리한 다음 기계적 합성법으로 Si-SiC-CuO-C 복합물을 제조하였으며, 리튬이차전지 음극 물질로서의 가능성을 조사하였다.

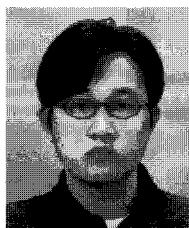
- 1) 실리콘 절단 슬러지를 dichloromethane 용액에 험 가하고 3시간 강력한 교반하여 절삭유를 선택적으로 용해한 다음 원심분리에 의하여 오일을 제거하였다.
- 2) 오일이 제거된 혼합물을 자력선별(자속밀도 500 gauss)과 염산세척(1 mol/L, 2 hr, 고액 1:1, 상온)에 의하여 Fe 98% 이상을 제거할 수 있었다.
- 3) 아세톤과 tetraburomoethane 혼합한 비중 2.8의 중액을 이용한 중액선별로 높은 비중의 SiC를 혼합물로부터 65% 이상 침전분리할 수 있었으며, 최종 산물은 1 μm이하의 미립 Si와 SiC 혼합 응집체임을 확인하였다.
- 4) 미립 Si와 SiC 혼합물을 원료로 고에너지 볼밀링 법으로 Si-SiC-CuO-C 복합물을 합성할 수 있었으며, Cu와 C가 Si입자에 고르게 분포됨을 확인하였다.
- 5) Si-SiC-CuO-C 복합물의 전기화학적 분석결과, 첫 사이클에서 충전 용량은 870 mAh/g, 방전 용량은 660mAh/g을 나타내었고, 충·방전 효율은 76%였다. 충·방전 사이클 특성에서는 20 사이클까지 첫 방전 용량의 92%가 유지됨을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2010년 금오공과대학교 교내학술연구에 의한 것으로 이에 감사드린다.

참고문헌

1. 장희동, 장한권, 조국, 길대섭, 2007: 폐실리콘슬러지로부터 TMOS 및 실리카 나노분말 제조, 자원리사이클링학회지, **16**, pp. 41-45.
2. 박건, 박성은, 2008: 폐실리콘 슬러지 재생장치 및 그 재생방법, 대한민국 특허, 10-0837346
3. H.Azuma, H.Imoto, S.I.Yamada, and K.Sekai, 1999: Advanced carbon anode materials for lithium ion cells, J. Power Sources, 81-82, pp. 1-7.
4. J.Yang, M.Winter, and J.O.Besenthal, 1996: Small particle size multiphase Li-alloy anodes for lithium-ion batteries, Solid State Ionics, **90**, pp. 281-287.
5. G.Jeong, Y.U. Kim, H.-J. Sohn, and T. Kang, 2001: Particulate-reinforced Al-based composite material for anode in lithium secondary batteries, J. Power Sources, **101**, pp. 201-205.
6. S.Yoon and A. Manthiram, 2009: Sb-MOx-C (M=Al, Ti, or Mo) Nanocomposite Anodes for Lithium-Ion Batteries, Chem. Mater., **21**(16), pp. 3898-3904.
7. 이철경, 이종호, 이상우, 2009: 기계적 합금화법에 의한 실리콘계 복합물질의 전지전극특성, 한국분밀야금학회지, **16**, pp. 389-395.
8. M.O.Aboelfotoh and L.Krusin-Elbaum, 1991: Electrical transport in thin films of copper silicide, J. Appl. Phys., **70**, pp. 3382-3384.
9. D.L.Chen, M.C. Chaturvedi, N.Goel, and N.L.Richards, 1999: Fatigue crack propagation behavior of X2095 Al-Li alloy, Int. Fatigue, **21**(10), pp. 1079-1086.
10. M.S.El-Eskandarany, 1998: Mechanical solid state mixing for synthesizing of SiC/Al nanocomposites, J. Alloy Compound, **279**, pp. 263-271.



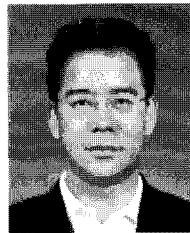
鄭求軫

- 1995년 2월 서울대학교 자원공학과 공학사
- 2001년 8월 서울대학교 대학원 자원공학과 공학박사
- 2002년-2003년 6월 미국 애리조나 주립대 화학과 postdoctoral 연구원
- 2003년 7월-2010년 3월 삼성SDI 전지사업부 책임연구원
- 현재 국립금오공과대학교 그린에너지시스템센터 전담 교수



張 喜 棟

- 1982년 2월 서강대학교 화학공학과 공학사
- 1984년 2월 서강대학교 대학원 화학공학과 공학석사
- 1993년 2월 서강대학교 대학원 화학공학과 공학박사
- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원



李 碩 京

- 1984년 2월 서울대학교 자원공학과 공학사
- 1990년 8월 서울대학교 대학원 자원공학과 공학박사
- 1991년~2002년 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 책임연구원
- 2002년~현재 국립금오공과대학교 신소재시스템공학부 교수

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解說	現況과 將來의 경해, 研究 技術의 綜合解說, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調查의 報告
技術, 行政情報	價值있는 技術, 行政情報を 간결히 解說하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外의 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隋霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.