

선임연구본부
전자연구센터

하윤철
책임연구원



V4 - 64

저밀도 나노어레이용 나노템플레이트 제조기술

Nano-template for low density nano-array fabrication

기술 내용

- 전기산화(electrochemical anodization) 기술을 기반으로 한 나노템플레이트는 지난 10여년간 0차원 및 1차원 나노구조의 소자 개발을 위한 형태로 활발히 연구되어 왔음
- 전기산화 기술은 그 산화막의 성장속도에 따라 연질 전기산화(mild anodization)와 경질 전기산화(hard anodization)로 구분될 수 있으며, 자기정렬(self-ordering)에 의한 균일 나노기공이 형성될 수 있는 대표적인 연질 전기산화와 경질 전기산화는 다음과 같은 조건에서 제조될 수 있다

구분	연질 전기산화		경질 전기산화		
	전압	기공간격	전압	기공간격	
전해질	황산	19~25V	50~65nm	40~80V	90~140nm
	옥살산	40V	100~110nm	110~150V	220~300nm
	인산	160~195V	405~500nm	-	
막성장속도	2~6 μm/h		30~70 μm/h		
전류밀도	2~5 mA/cm ² (일정)		30~250 mA/cm ² (시간에 따라 감소)		

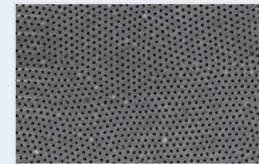
기술의 특징 및 우수한 점

- 전기산화 나노템플레이트는 단위면적당 기공의 밀도가 108~1012/cm²으로 매우 높아 기공자체를 활물질로 충전할 경우 고집적의 0차원 또는 1차원 나노구조를 제조할 수 있어, 차세대 전기전자소자에 대한 연구에 많이 활용되고 있음
- 그러나, 박막적층 구조에서 진화한 3차원 구조의 전기전자소자와 같이 나노기공에 채워진 금속이 집전체의 역할을 하고 집전체의 표면에 활물질을 코팅해야 하는 경우에는 이러한 고집적도가 활물질의 양을 제한하게 되므로, 나노기공간격이 큰 나노템플레이트의 제조기술이 요구되어 왔음
- 본 연구팀이 개발한 저밀도 나노어레이용 나노템플레이트 제조기술은 0차원 및 1차원 나노구조를 저밀도로 구현할 수 있는 나노템플레이트를 고속으로 제조하는 기술로, 오른쪽 그림과 같이 특정 나노기공에서만 나노구조가 형성될 수 있도록 함으로써 저밀도 나노구조를 집전체 등으로 이용한 새로운 3차원 나노소자의 개발이 가능함

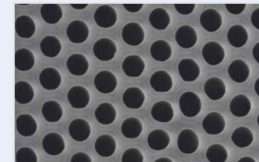
연구성과 소개

- 이 기술은 연질 전기산화와 경질 전기산화를 결합한 비대칭 알루미늄 분리막 제조기술(지적재산권 목록 참조)을 나노템플레이트에 적용한 것으로, 전압과 온도 및 농도를 적절히 제어함으로써 제조할 수 있음
- 특히, 전압의 범위를 전해질에 따라 25~500V까지 변화시킴으로써 나노기공의 밀도를 최대 1/400의 수준까지 저밀도화하는 것이 가능한. 예를 들어, 아래 그림에서 140V를 이용할 경우 1/25 수준으로 저밀도화가 이루어짐

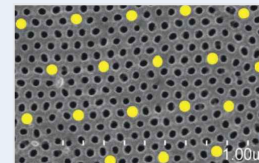
지재권구분	출원의 명칭	출원일	출원번호
특허	비대칭 균일기공 알루미늄 분리막 및 이의 제조방법	2011.01.19	10-2011-0005331
특허	Apparatus for high-field anodization of anodic nanostructures	2011.04.27 2011.04.12	13/095,460 (미국) 2011-534411 (일본)
특허	튜브형 고전계 양극산화장치	2009.12.07	10-2009-0120676
특허	고전계 양극산화방법	2009.11.20	10-2009-0112596
특허	고전계 양극산화장치	2009.10.01	10-2009-0093786



25 nm 균일기공 템플레이트



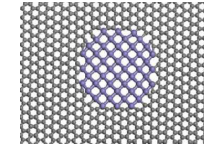
200 nm 균일기공 템플레이트



25 nm 균일기공 기반 저밀도 나노구조 형성 모식도

응용 제품

- 나노템플레이트는 다공성 형태로 전기전자소자와 멤브레인을 제조할 수 있으며, 전기전자소자는 전자기기 관련 초소형 전지를 비롯한 이차전지에 활용 가능함



멤브레인



초소형 전지



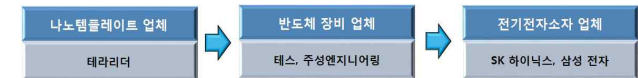
이차전지

시장 이슈

- 나노템플레이트는 전기전자소자에 사용되는 알루미늄 나노템플레이트와 산화막을 고속으로 제조하는데 활용될 수 있어 상업적으로 실용성이 큼
- 전기전자소자는 △5G 이동통신 △착용형 스마트 기기의 소형전지 △스마트자동차의 중대형 전지 △신재생에너지 하이브리드 시스템 등 다양한 분야에 적용이 가능하며, 사물인터넷의 발달로 그 수요가 더욱 늘어날 것으로 예상됨
- 나노템플레이트 기술은 전기전자소자뿐만 아니라 이차전지, 에너지 변환소자 등 다양한 응용분야에서 기반기술로 활용 가능하여 관련 시장이 확대될 것으로 보임

Supply Chain

- 나노템플레이트는 반도체 생산 장비 제조업체에 의해 전기전자소자 제조업체로 납품됨



수요 전망

- 세계 전기전자소자 시장은 2013년 7억 달러에서 연평균 성장률 49%로 증가하여 2025년에는 499억 달러로 빠르게 성장될 것이라 기대됨



자료 : ETRI, 전자통신동향분석 제29권 제6호, 2014
[세계 전기전자소자 시장]