

## 유기/무기 나노 템플레이트를 이용한 나노 정보소재 합성 연구

이전국\* · 정원용

나노 정보소재 합성기술개발사업단, 박막재료연구센터  
재료연구부 한국과학기술연구원, 서울시 성북구 하월곡동 39-1, 136-791

(2004년 8월 1일 받음, 2004년 8월 15일 최종수정본 받음)

나노 기술과 정보기술의 융합은 이제 성숙 단계에 있는 정보화시대에 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 특히, 한국 산업에서의 정보 기술의 역할을 고려할 때, NT-IT 기술 융합은 매우 중요하다. 나노 소재는 그 크기가 나노 미터 크기로 작은 것을 의미하며, 나노 크기에서 독특한 물성을 나타내는 특성을 가지고 있다. 자기조립 기술을 활용하여 보탑업 공정을 수행하여 나노 크기의 정보 소재 및 소자를 구현한다. 이러한 기술은 생물체 등에서 일어나는 원자나 분자의 자기 조립 현상과 유사하다. 유기, 무기 템플릿을 이용한 정보 소재 개발 연구는 Guided Self Assembly 유기물 나노 템플릿의 개발 및 AAO 무기물 나노 템플릿을 활용한 나노 구조물 형성과 이를 응용한 정보기술과의 융합에 관해 연구이다. Nano structuring을 위해 Electroforming, Sol-gel processing, Ionized Physical vapor deposition, Ion beam implantation 법 등을 사용하며, 정보기술에 필요한 핵심 요소 기술을 개발한다. 형성된 Nano structure의 전기적 특성 평가 및 미세 구조 분석 및 응용을 고려한 소자 특성 평가를 통해서, IT 분야에 적용 가능한 정보소재를 개발한다.

**주제어** : 나노-정보 기술 융합, 유기/무기 나노 템플릿, 유기물 자기조립, 아노다이징 알루미늄, 나노 와이어, 나노 소자

### I. 서 론

미래 기술이 다학문 분야의 융합으로 이뤄지는 추세에 따라, 과학기술부에서 주관하는 나노 기술(Nanotechnology)과 정보기술(Information Technology)의 융합에 의한 새로운 정보 소재 합성에 관한 연구에 관해 설명하고자 한다. 3개의 중과제로 구성되어 있으며, 중과제 중의 하나인 유기/무기 나노 템플레이트를 이용한 나노 정보소재 합성 기술 개발에 관한 연구에 대해 기술한다.

### II. 과제 개요

#### 2.1. 과제 구성

본 과제는 2003년부터 시작되는 8년 간의 과학기술부 핵심 연구개발 프로그램으로서 현재 1단계 2차년도 연구 수행 중이다. NT, IT 융합 기술로서, Fig. 1과 같이 3개의 중과제로 구성되어 있다. 기본 기술은 Nano Technology로서, Anodized Aluminum Oxide(AAO), Guided Self Assembly, Nano Wire, Nano Tubes, Nano Powder, Nano Pigment 기술을 사용한다.

첫 번째 중과제는 KIST 주관으로서, Nano wire devices, Nanotube array devices, Nano scale storage devices 등의 연구를 통한 Information Technology와의 접목을 주요 연구 내용으로 하고 있다. 두 번째 중과제로는 화학연구원 주관의

Optical Communication 분야에 응용 가능한 Modulator, Switch 관련 연구 및 Non Linear optical polymer 관련 연구이다. 세 번째 중과제로는 ADAMS Technology 주관의 Display Color Filter Photoresistor 관련 연구이다. 종합적으로, Nano Technology 기술과 Information Technology와의 접목 및 연구 개발에 의한 응용 분야 창출이 연구의 주요 목적적이다.

#### 2.2. 연구 내용

유기, 무기 템플릿을 이용한 정보 소재 개발의 개괄도는 Fig. 2와 같다. 본 과제는 Guided Self Assembly 유기물 나노 템플릿의 개발 및 AAO 무기물 나노 템플릿을 활용한 나노 구조물 형성인 Nano structuring 기술개발을 위해 Electroforming, Sol-gel processing, Ionized physical vapor deposition, Ion beam implantation 법을 사용한다. 형성된 Nano structure의 전기적 특성 평가 및 미세 구조 분석 및 응용을 고려한 소자 특성을 평가한다.

### III. 주요 연구 진행 내용

#### 3.1. 유기 나노 템플릿 제조 및 응용

자기조립성 블록 공중합체를 이용한 나노패턴 제조는 1997년 Science지에 나노패턴을 나노 리소그래피를 위한 mask 재료로 이용될 수 있다는 응용이 발표된 이후로 광범위하게 이루어지고 있다. 본 연구가 추구하는 목표인 유기고분자 재료

\*Tel: (02) 958-5563, E-mail: jkleemc@kist.re.kr

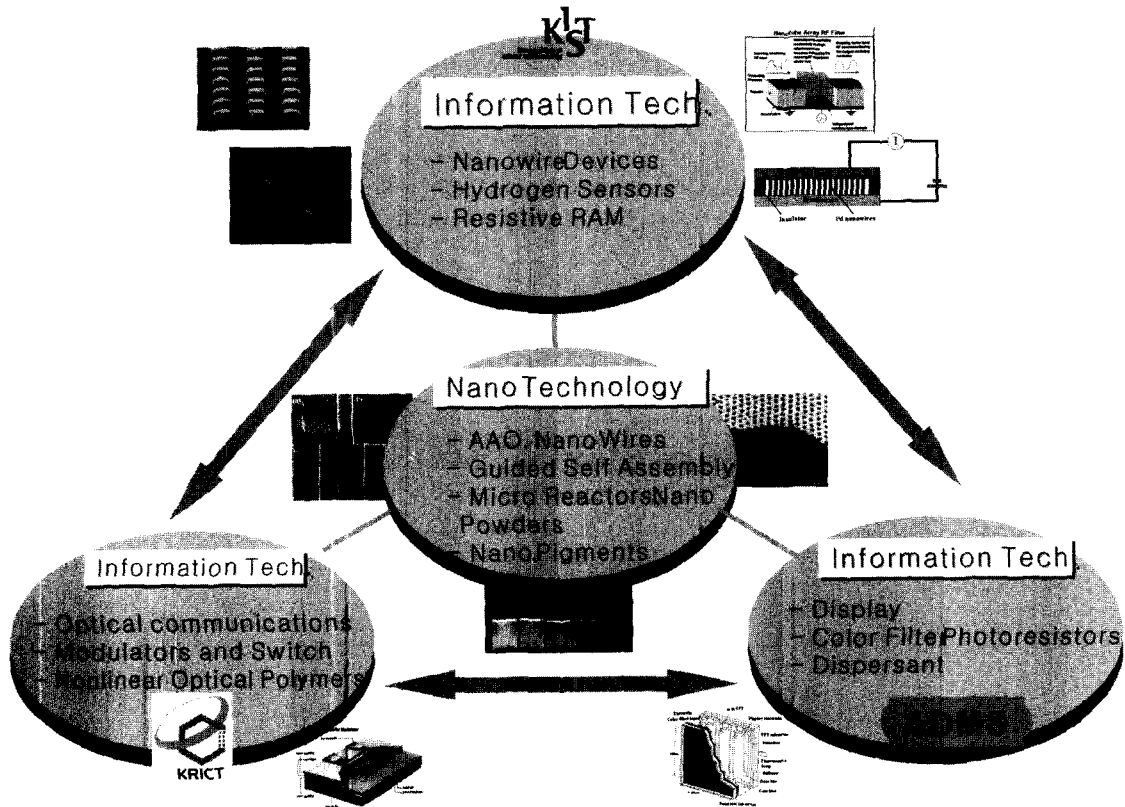


Fig. 1. KIST 주관 NT-IT 융합 기술 전체 프로그램 개요 (3개 중과제로 구성).

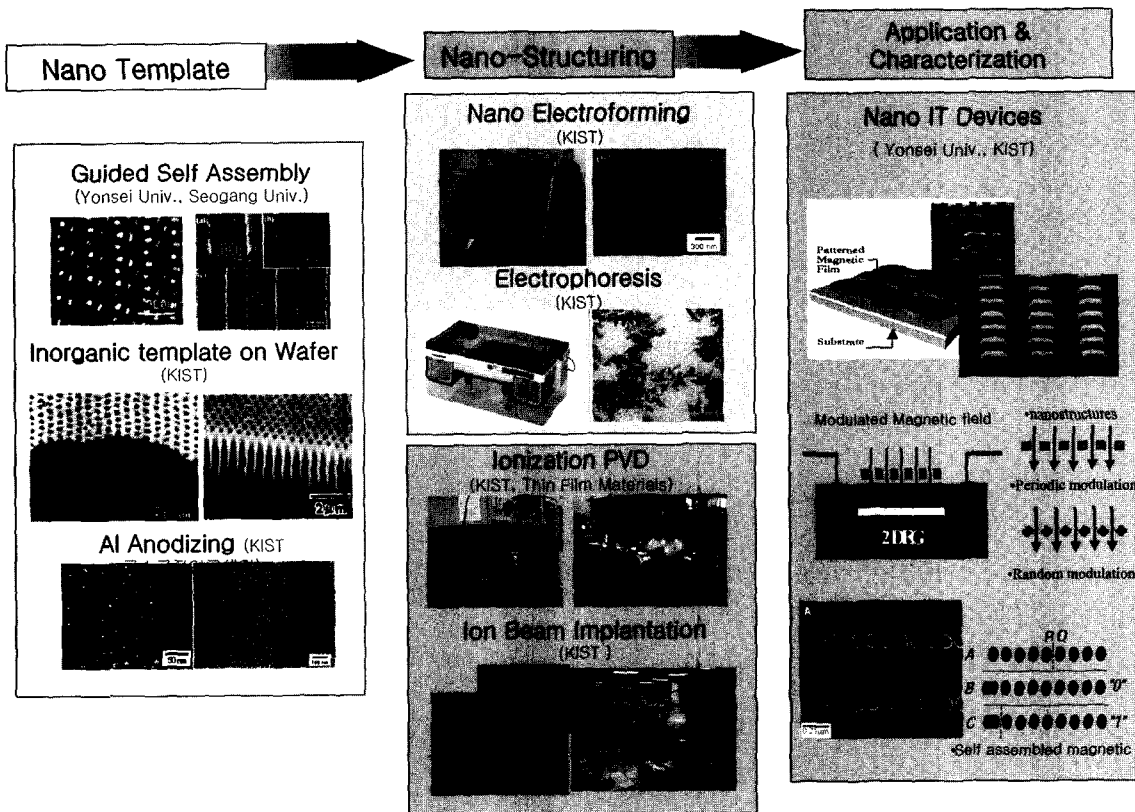


Fig. 2. 중과제인 KIST 주관 “유기/무기 템플레이트를 이용한 나노 정보소재 합성 기술 개발” 개요도.

의 자기조립, 나노 패터닝, 그리고 형성된 패턴의 기능화 및 특성 평가는 국부적으로 미국, 유럽 일본 연구그룹 들에 의해 지속적으로 진행되고 있다.

또한 프린스턴 대학과 MIT대학을 중심으로 자기조립 나노 패턴을 리소그래피의 mask로 이용하기 위한 박막제조와 이들 박막 내에서의 패턴형태의 변화, 그리고 박막이 적용되는 기판과의 계면응력을 고려한 패턴형성에 관한 연구가 이루어졌다. 다음 Fig. 3과 같이 박막의 두께를 변화시킴으로써 패턴의 배향을 달리할 수 있으며, 또한 기판과의 계면응력을 조절함으로써 패턴을 조절할 수 있는 방법들이 개발되었다.

규칙적으로 형성된 블록공중합체 패턴을 실제 응용에 이용하기 위한 필수조건인 대면적 배향을 실현하기 위한 연구가 미국의 메사추세츠 대학과 MIT를 중심으로 이루어졌다. 자기조립고분자 재료가 갖는 결함을 최소화하고 2차원 공간에 규칙성을 가지면서 배열하는 연구는 다양한 외부응력의 도입에 의해 진행되었다.

미국을 중심으로 한 세계 각 국은 현 단계에서 여러 가지로 제안된 가능한 응용을 실현하기 위해 패턴의 large area orientation을 위한 연구를 심화하고 있다. 한편, IBM 연구소는 이 블록 공중합체의 이용이 실현화되어 시장 경제성을 얻

기 위한 orientation 크기가  $5 \times 5 \mu\text{m}^2$  면적이라고 발표하고 이를 위한 연구에 총력을 기울이고 있다. 기계적인 shearing, 압축, 인장을 통한 조절과 전기장을 이용한 배향이 연구되었으며, 최근 들어서는 박막에서의 응용을 위해, Top down 방식의 리소그래피와 결합된 형태의 조절이 연구되었다.

이들 블록공중합체의 자기조립을 조절하기 위해 일방성 응고법(directional solidification)과 고분자 에피택시(epitaxy)법을 최초로 개발하여 이들 역시 성공적으로 나노패턴의 배향을 조절할 수 있는 방법이 될 수 있음을 보였다[1, 2]. 특히 일방성 응고법은 다양한 블록 공중합체에 응용이 가능하고, 고분자 패턴이 적용되는 기판의 종류를 광범위하게 넓힐 수 있다는 점과 패턴조절 시간을 대폭 단축할 수 있다는 장점들로 인해 보다 깊은 연구가 요구된다. Fig. 4는 일방성 응고법에 의한 패턴 조절의 예를 보여준다. 일방성 응고법을 기존의 마이크론 크기의 리소그래피 패턴과 함께 이용하여 Fig. 5처럼 정밀한 나노 패턴 제어를 하였다[3].

정렬된 유기물 나노 패턴 형성은 Fig. 6처럼 전자 빔 리소 공정에 의해 형성된 나노 패턴 내부에 유기물 나노 템플릿을 정렬시킬 수 있다[4]. 이러한 guided 유기물 나노 패턴 형성에 관한 연구를 수행하고 있으며, 현재 열구배(Thermal

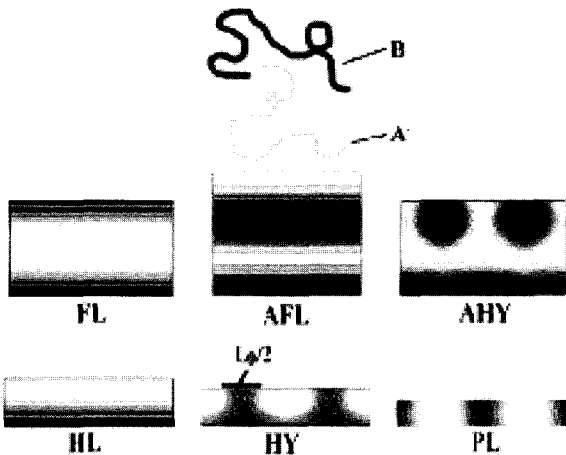


Fig. 3. 블록 공중합체의 박막 두께 변화에 따른 나노 패턴의 변화.

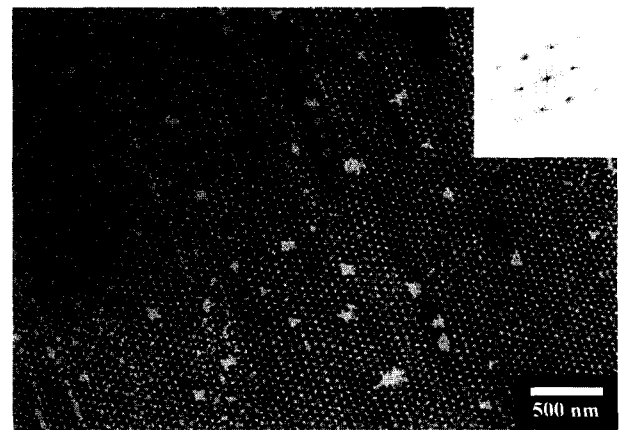


Fig. 4. 일방성 응고법에 의해 배향된 블록공중합체의 나노 패턴[1].

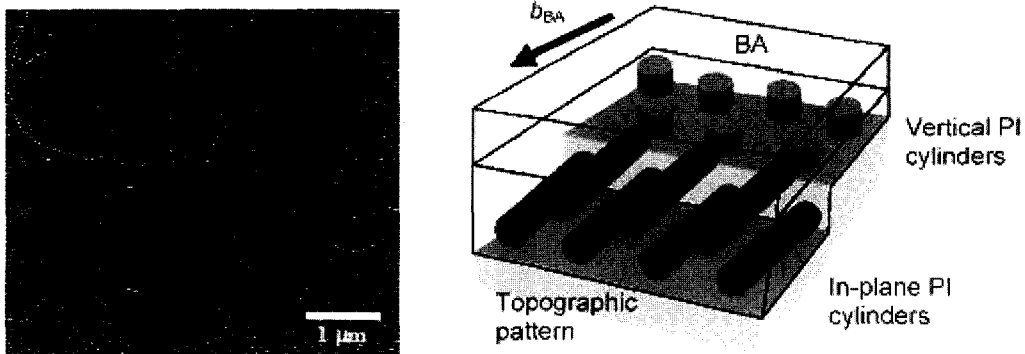


Fig. 5. 일방성 응고법과 Pre-pattern에 의해 배향된 블록공중합체의 나노 패턴의[3].

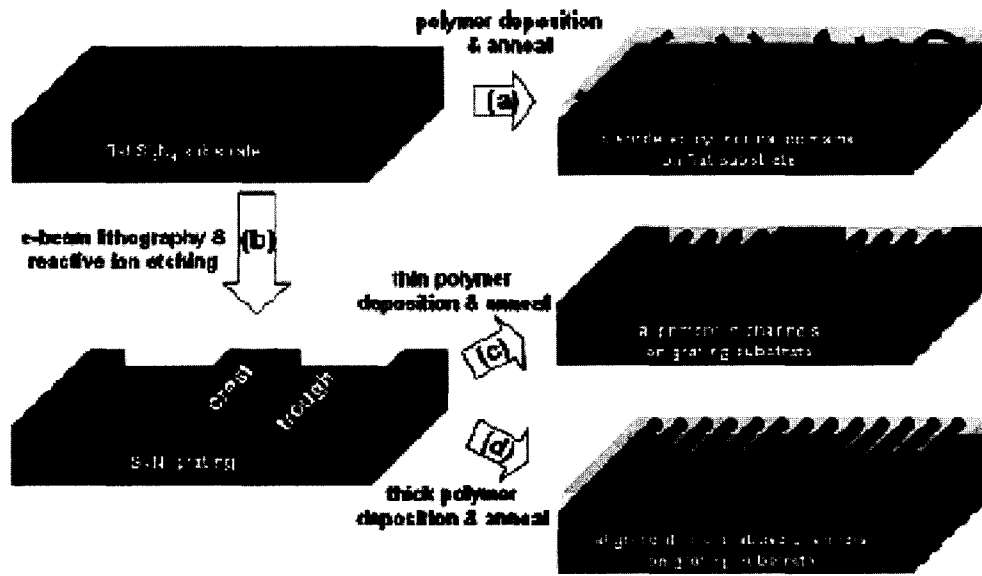


Fig. 6. Regulated 유기물 나노 템플릿 개념도[4].

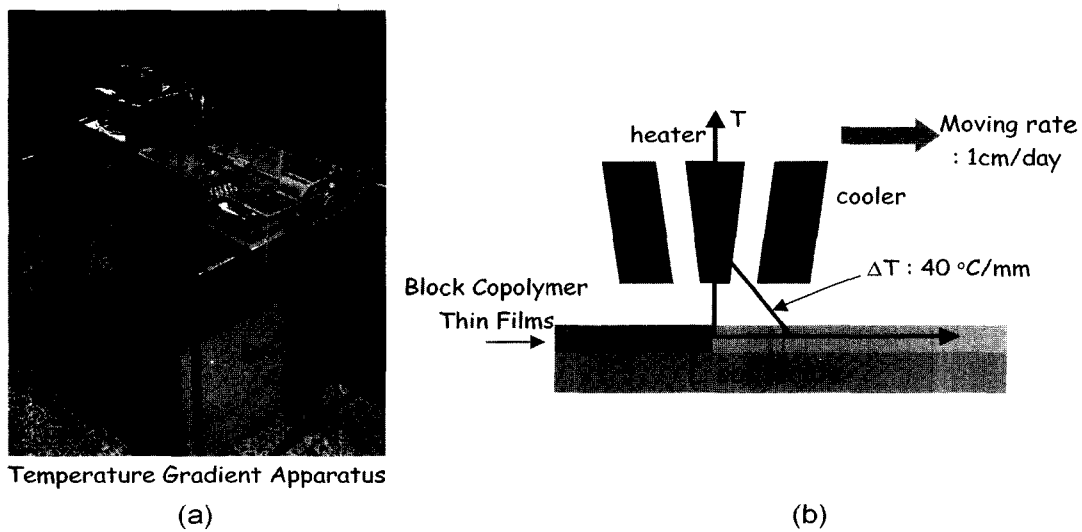


Fig. 7. 열 구배를 이용한 유기물 나노 템플릿 정렬 장치(a) 장치모습 (b) 실험개요도.

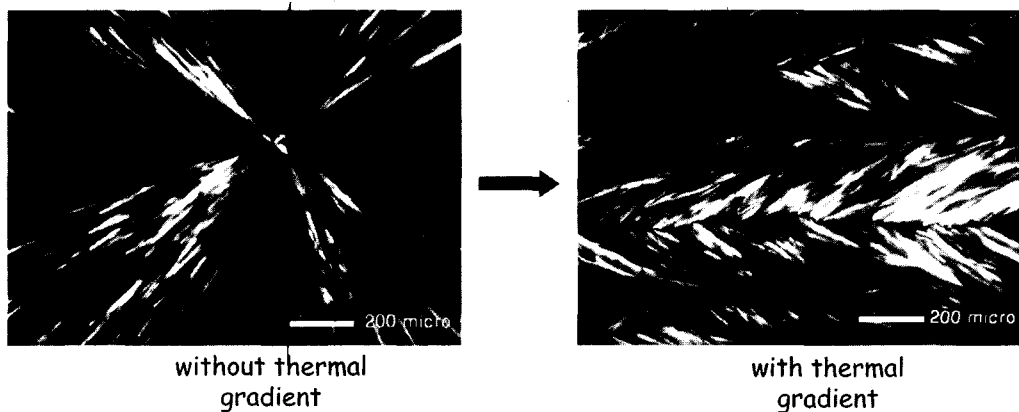


Fig. 8. 열구배 처리에 의한 유기물 나노 템플릿의 정렬 모습.

Gradient) 를 이용한 유기물 나노 패턴의 정렬 연구를 수행하고 있다. 현재 제작된 열구배 이송 장치는 Fig. 7처럼 열구배 40°C/mm를 가지고 있으며, 이송 속도는 하루에 1 cm 이동 정도를 나타내고 있다. 이러한 방법으로 정렬 시킨 유기물 나노 템플릿의 모습은 Fig. 8과 같다.

**3.2. 전자빔을 이용한 유기물 나노 템플릿**

본 연구에서는 Fig. 9와 같은 전자빔 writer를 사용하여, 유기물 나노 템플릿의 패턴화 연구를 수행하고 있다. 전자빔 감광제(ER) 특성 조사 및 공정변수를 조절하기위해 positive Electron Resister(ER)인 PMMA(950K, 495K)와 ZEP520A 그리고, negative ER인 ma-N2403의 다양한 ER의 특성을 분석, 나노 구조물의 특성과 용도 그리고 후 공정에 따라 적절한 ER을 선택함으로써 목적에 맞는 패턴을 위한 유연하고 다양한 전자빔공정을 개발하고 있다.

PMMA는 고분자의 분자량에 따라 495K, 950K로 분류. 분자량이 작은 495K가 일정한 전자빔세기에 대해서 쉽게 분자가 깨져 민감도(sensitivity)가 향상된다. 495K를 under layer로 하고 그 위에 950K를 도포한 후 전자빔을 조사하면 Fig. 10과 같이 아랫 부분이 윗부분보다 넓은 underlayer가 형성되어 lift-off 공정에 매우 유리하다. Fig. 11은 전자빔 리소 공정으로 제조한 선폭 100 nm 급 나노 구조물의 모습이다.

고 분해능의 fine pitch 나노 구조물을 얻기 위해 다음과 같은 공정변수를 세심하게 제어하여야 한다.

- ① 가속 전압이 높을수록(5 → 10 → 20 kV) high resolution을 얻을 수 있음. 단 가속 전압을 높이는 경우, 가속 전압에 비례하는 area dose 값을 구해야 함.
- ② ER의 두께가 얇을수록 high resolution이 얻어 짐 ⇒ ER이 두꺼우면, ER 내 고분자 고리를 끈기 위해 더

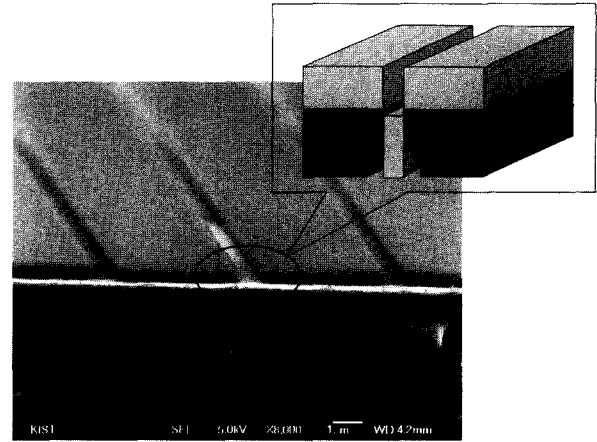


Fig. 10. 나노 스케일 정보 소자 제작을 위한 Lift off 공정에 사용하는 Under cut 된 전자감광제(Electro Resistor) 나노 패턴 형태.

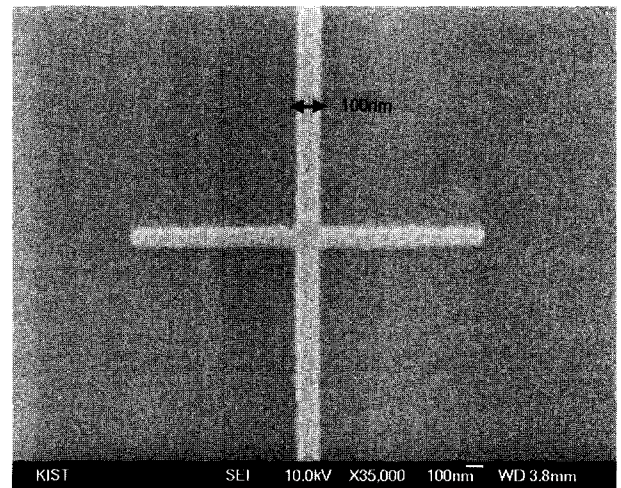


Fig. 11. 전자빔 레지스터를 활용한 Lift off 에 의해 제작된 나노 패턴.

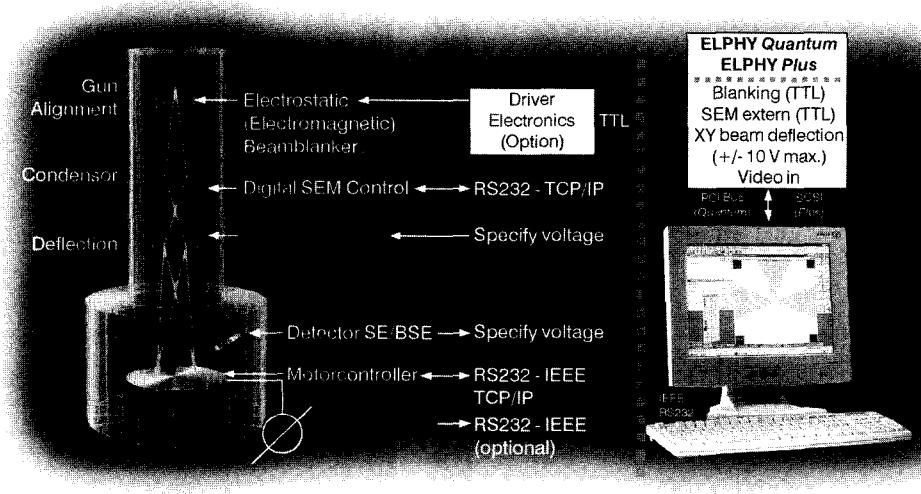


Fig. 9. 전자 빔 리소그래피 장비 모습.

많은 전자빔 에너지를 주어야 하며, 이 경우 전자빔의 에너지가 세어지는 만큼 후방 산란 전자에 의한 근접효과 (Proximity effect)가 커지므로 고 분해능을 얻기가 어려움.

- ③ 같은 에너지와 같은 ER 두께에서도 작은 패턴 혹은 isolated 패턴 일수록 높은 dose factor를 적용해야 함.

**3.3. 무기물 나노 템플릿, Nano Structuring, 소자화**

Anodized Aluminum Oxide(AAO) 무기물 나노 템플릿은 전기 화학에 기반을 둔 기술이며 그 특성상 재현성과 신뢰성 면에서 다른 템플릿 기술보다 원천적인 장점이 있어서, 나노 소자 응용 면에서 유용한 기술이다. 이 분야의 연구는 Table 1과 같이 일본과 캐나다가 주도해 왔으나, 최근에는 Toronto 대학의 연구 팀이 미국으로 옮겨가서 미국이 선두 주자로 부상하고 있다.

일본의 경우, Tokyo Metropolitan 대학의 Masuda 교수를 중심으로, 동경대, 동북대, 히로시마대 등의 대학 및 NTT, Canon, Sony 등의 기업들이 활발하게 연구를 진행하고 있다.

산업계에서는 IBM, Motorola 등에서 연구가 진행되고 있으며, Hewlett Packard의 Mardilovich에 의하여 AAO를

MEMS 의 기관으로 활용하여 2차 구조를 형성하는 연구가 상당한 성과를 보이고 있다.

독일은 Max Planck Institute(Halle)의 Goesele 교수를 중심으로 집중적인 연구를 진행하고 있으며, 특히 광결정 회로 분야에서 상당한 성과를 거두고 있다. 그 밖에도 Essen 대학을 비롯한 여러 대학에서 기초 연구가 다양하게 진행 중이다.

중국은 난징대학에서 주로 고집적 하드디스크에 연구 노력이 집중되고 있으며, 최근에는 북경대를 비롯하여 National key laboratory에서도 다양한 연구가 진행되고 있다.

기능성 합금 전주기술(alloy electroforming)은 미국에서는 UCLA와 일리노이 대학에서 활발한 연구가 진행 중이며 용액의 조성 및 첨가제 등 각종 전기화학적 변수를 제어하는 방법으로 주요 자성합금에 대한 개발이 이루어지고 있다. 버지니아 주립대 전기화학연구센터에서도 CoPt, FeCoNi과 같은 자성합금도금을 중심으로 하는 기능성 합금도금을 연구하여 자기저장재료나 스핀트로닉스 소자에 응용하는 기술 개발을 진행 중에 있다. 미국의 MIT는 영국의 Bristol 대학과 공동으로 자성합금 도금기술을 개발하고 있는데, 특히 리소그래피 기술을 연합하여 패턴화된 기능성 자성합금 분야에서 앞서가고 있다.

국내의 경우, AAO 무기물 나노 템플릿 연구는 Table 2처럼, KIST, 서울대, 삼성종합기술원, LG전자, ETRI 등에서 연구가 주로 진행되어 왔으나, 최근 연세대, 성균관대, 숭실대, 고려대 등 대학을 중심으로 급속히 연구가 확산되고 있다. 전기도금 기술의 경우 서울대, 연세대, 성균관대, KAIST, 연구소의 경우 KIST, KIMM 등에서 특정한 용도의 합금 계에 대해 소기의 성과를 거두고 있으며, 반도체 배선용 구리도금, MEMS 용 니켈도금, 자기저장재료용 퍼멀로이 합금도금에 관한 활발하게 진행되고 있다.

본 연구 과제에서는 무기 나노 템플릿 공정을 이용하여 다음과 같은 연구에 주력한다.

- AAO template를 이용한 다층 및 합금형 나노 구조 형성

**Table 1.** AAO 무기물 나노 템플릿 관련 해외 연구 동향

연구팀	연구 내용
Johns Hopkins U. U.C. Santabarbara	- 나노와이어 및 나노튜브 어레이 제작 - 고밀도 하드디스크, 광전소자, 캐패시터, 나노 복합체 등
MIT UCLA	- MEMS기술과 나노전주기술의 퓨전 - 패턴화된 자성 금속 열 제조 및 응용 - 군사용 초소형 자계 개발 - 희토류계 합금을 용액 중에서 착화시켜 합금으로 제조
NTT Tokyo Metropolitan U.	- 양자점, 나노와이어, 나노튜브 및 나노채널 어레이 제작 - Indentation에 의한 대면적 어레이 및 비육각형 어레이 제작 - 고밀도 하드디스크, 광전소자, 광결정, 전극 등
University of Virginia	- CoPt, FeCoNi과 같은 자성합금도금을 중심으로 하는 기능성 합금도금을 연구하여 자기저장재료나 스핀트로닉스 소자에 응용하는 기술 개발
U. Toronto Brown Universit	- 나노와이어 및 나노튜브 어레이 제작 - 고집적 반도체, IR 검출기 등
Hewlett Packard	- 나노 와이어 및 나노 튜브 어레이 제작 - 고밀도 하드디스크, 광전소자, 에미터, 센서 등
Max Plank Inst.	- 광결정 집적회로 제작
Nanjing University	- 나노 와이어 및 나노 튜브 어레이 제작 - 고밀도 하드디스크
Trinity College	- 기능성 합금도금 시 외부 자기장을 인가하여 도금 층의 성질을 제어하는 맞춤형 합금화에 관한 연구

**Table 2.** AAO 무기물 나노 템플릿 관련 국내 연구 동향

연구팀	연구내용
서울대	- 탄소 나노 튜브 어레이 제작 - CdS 나노 와이어 어레이 제작
KIST	- Ferromagnetic 나노 와이어 어레이 제조 및 자화기구 규명 - Permalloy, Pure Co, Pure Fe, CoP, CoPtP 등 자성합금 나노와이어 어레이 제조 - 산화물 나노 구조 구현
포항공대	- 실리콘 웨이퍼 상에 AAO 템플릿 제작 - 탄소 나노 튜브 전계방출 에미터 어레이 제작
연세대	- 실리콘 웨이퍼 위에서의 AAO 제조 - 웨이퍼 위에 구현된 나노 어레이의 자기적 특성 분석

제작 및 물성 평가

- 교류전주(AC electroforming)기법에 대한 이론적, 기술적 현상파악 및 전주(electroforming)조건 적정화를 위한 제어 기술 개발
- 합금전주기술(Alloy electroforming)에 의한 전기화학적 합금 성분 제어 및 최적 전해액 조성과 첨가제 영향분석
- 분질구조의 나노 다층 나노 와이어 제조를 위한 Double Bath Technology(DBT)와 Single Bath Technology(SBT) 조건 확립 및 전기화학적 현상파악
- Dimension 및 Microstructure에 따른 나노 구조의 물성 예측

무기물 나노 패턴은 Fig. 12와 같은 공정을 사용하여 제작한다. 고순도 알루미늄 포일의 산화 피막을 제거한 후, 1차적으로 아노다이징 공정을 수행하고, 형성된 AAO를 제거한다. 추가적으로 2차 아노다이징 공정을 수행하여 잘 정렬된 무기물 나노 패턴을 만든다. 상부에 Guide 를 부착하고 하부에 금 전극을 형성한다.

Fig. 13과 같은 Electroforming 장비를 이용하여, Fig. 14와 같은 [CoPtP/Cu]<sub>n</sub> 나노다층 구조를 제조하였으며, 칼럼구조의 성장으로 1 μm이상의 후막을 제조하지 못하던 CoPtP 합금의 한계를 나노 다층화를 통해 극복하여 보자력이 5 kOe에 이르는 1 μm이상의 [CoPtP/Cu]<sub>n</sub> 합금을 제조하였다.

이 기술과 AAO 무기물 나노 템플릿을 사용하여 Electro forming 공정으로 Fig. 15(a)와 같은 나노 wire를 형성할 수 있다. 형성된 나노 wire는 Fig. 15(b)처럼 자기적 특성을 보이고 있다.

수소 센서용 Pd NW(Nano Wire)연구를 위해, Pd의 수소 농도에 따른 transport 변화 현상을 활용하고, Pd 나노 와이어 수소 센서 제조를 위한 선행연구로서 AAO를 이용한 Pd 나

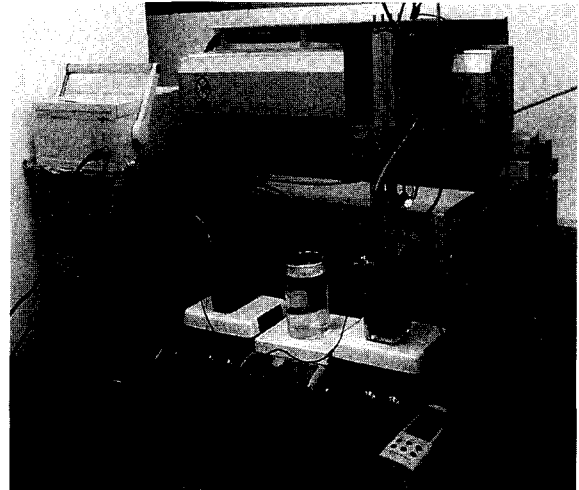


Fig. 13. Double Bath 로 나노다층을 구현하는 자체 제작 장비.

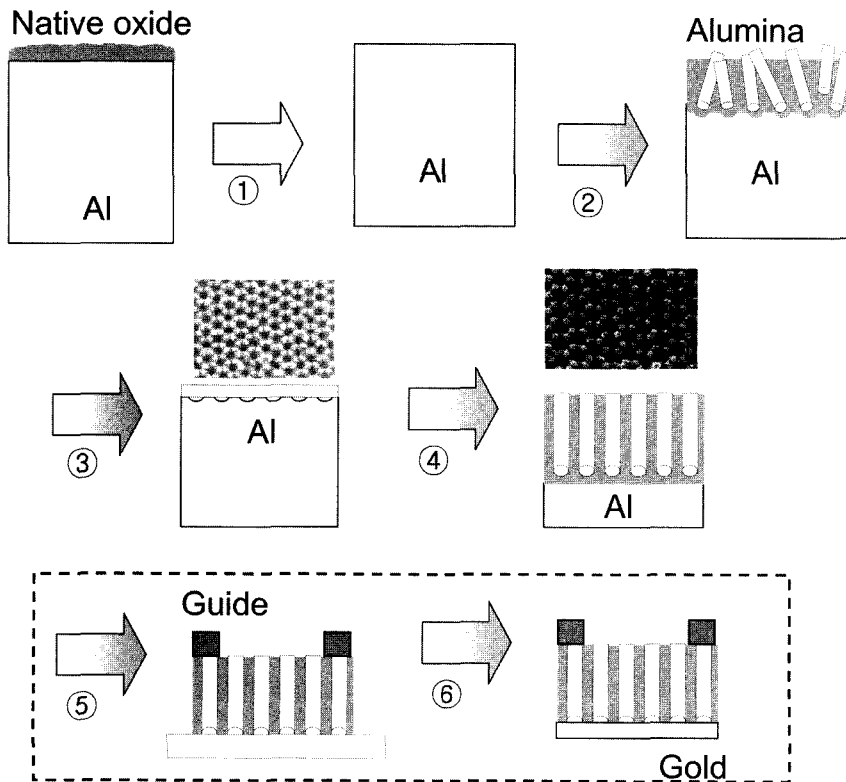


Fig. 12. 아노다이징 알루미늄 산화물(Anodized Aluminium Oxide) 무기물 나노 패턴 형성 방법.

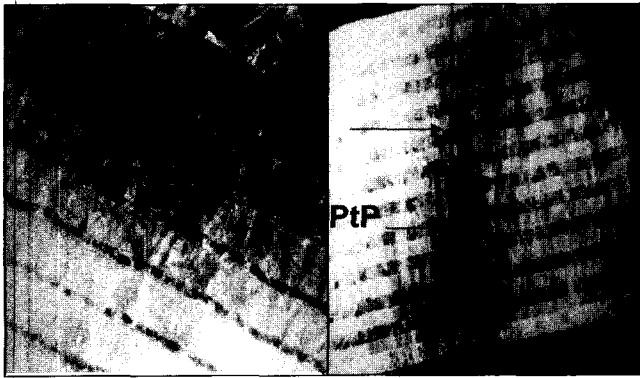
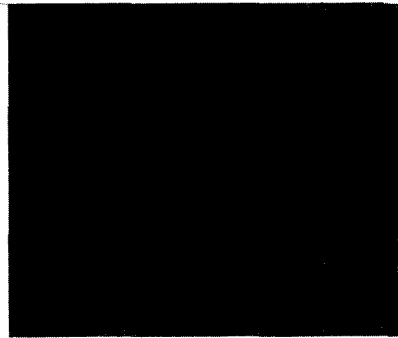
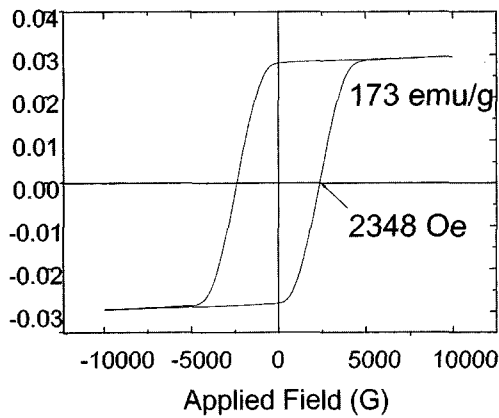


Fig. 14. 전기도금(Electroforming) 법에 의한 나노 다층 박막 형성 모습.



(a)



(b)

Fig. 15. AAO 무기물 나노 패턴을 사용해서 제작된 나노 와이어 모습.

노 와이어를 제조한다.

Fig. 16의 Pd 나노 와이어 다발과 같이 AAO를 이용하여 기존 방법보다 월등히 많은 밀도의 Pd 나노와이어 제조가 가능함을 확인하였다(평균 직경 : 25 nm).

Fig. 17과 같은 개념도의 Pd NW 수소 센서 제조 및 수소 감도 측정 중이며, 최초의 Pd NW 수소 센서인 프랑스 CNRS의 센서나 미국 UCR의 센서보다 나노 와이어의 크기

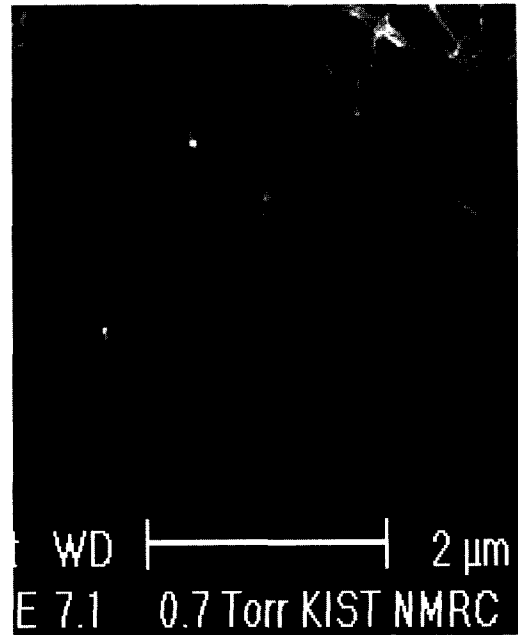
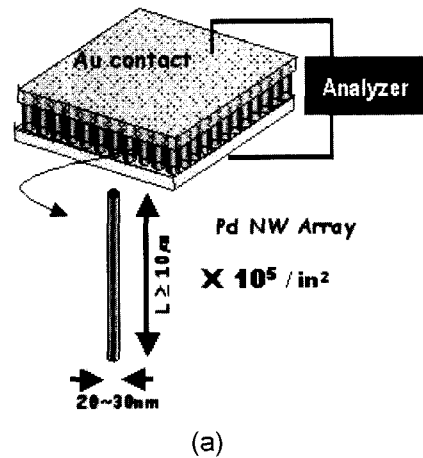
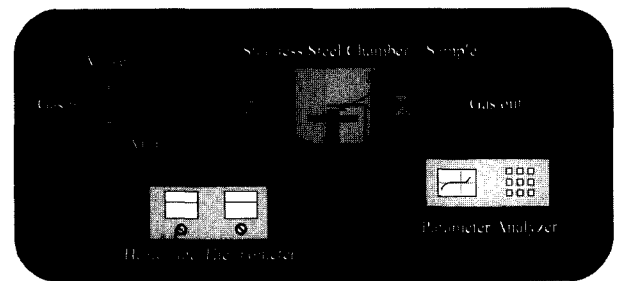


Fig. 16. AAO로부터 분리하여 관찰한 Pd 나노와이어 다발의 ESEM 이미지(평균직경 25 nm, 길이 12 μm).



(a)



(b)

Fig. 17. 나노 와이어 어레이 및 가스 센싱 측정 장치모습.

가 작고 밀도가 월등히 높아, 감도와 수소 감지 능력이 우수한 초소형 센서 제작 가능하나 것으로 예측한다.



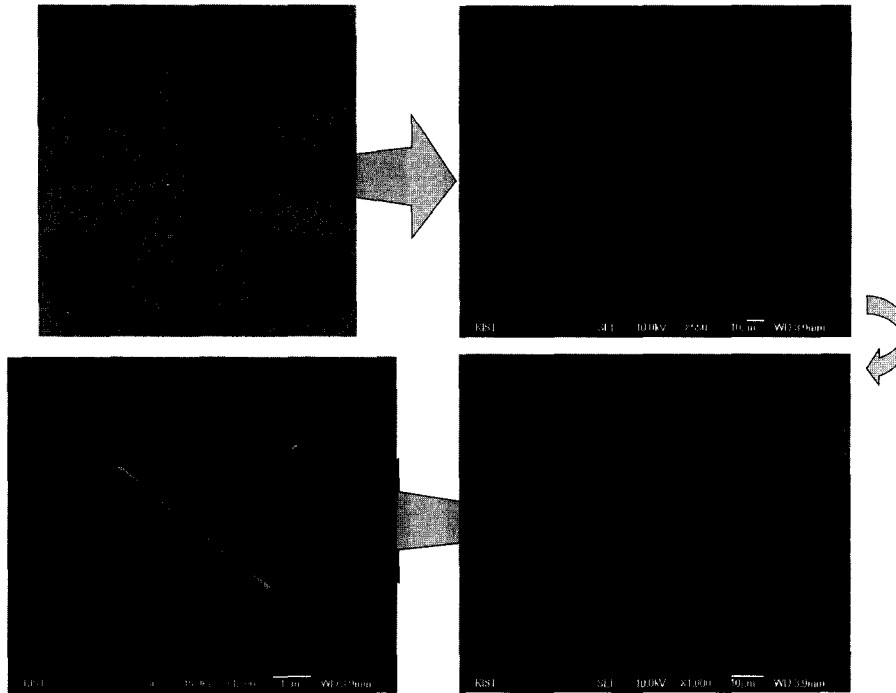


Fig. 18. 단일 나노 와이어의 전기적 특성 측정 방법.

Table 3. Pd 나노 와이어 수소 센서 Benchmark

비교 항목	CNRS	UCR	KIST(수행중)
제조법	Graphite step edge 도금법	사진 식각 패턴 도금	AO 나노 마스크 도금
와이어 밀도	수십 개	수 개	수십만 개
와이어 직경	150 nm 급	1 μm 급	25 nm 급
균일도	나쁨	좋음	좋음

### 3.4. 나노 와이어 디바이스

Fig. 18에 본 연구에서 사용하는 단일 나노선을 이용하는 소자제작 과정을 나타내었다. 단일 나노선에 나노 전극을 형성하기 위해서 우선 열산화된 실리콘 웨이퍼(Si/SiO<sub>2</sub>) 기판 위에 포토리소그래피(photolithography) 공정을 이용하여 Ti/Au 전극층을 패터닝한다[Fig. 18(a)]. 전극이 형성된 중앙 100 μm×100 μm의 영역 내에 전자빔리소그래피 공정을 이용하여 10 μm 간격으로 좌표표(coordinate marker)를 형성시킨다[Fig. 18(b)]. 형성된 좌표점 위에 희생 층(sacrificial layer) 역할을 하는 polymethylmethacrylate(PMMA)를 스핀코팅(spin-coating) 하여 도포한 후 170°C의 베이킹 공정(baking process)을 수행한다. 물리적 또는 화학적인 방법으로 분리된(separated) 나노선이 섞여있는 용액을 극소량(~ 수 μl) 도포하게 되면 제작한 좌표계 내에 나노선이 위치하게 된다.

후속공정으로 atomic force microscopy(AFM) 또는 optical microscope(OM) 등을 이용하여 PMMA 하부에 형성되어 있

는 각각의 좌표 점들에 대한 상대적인 나노선의 위치를 알아내게 된다[Fig. 18(c)]. 이로써, 도포된 나노 선의 정확한 위치를 알 수 있으며, 전 영역에 걸쳐 다시 PMMA 스핀코팅과 베이킹 공정을 수행한다. 얻어진(AFM) 이미지를 통해 나노 선의 위치 및 형상을 수치화 할 수 있으며, 이를 기준으로 전자빔 리소그래피 공정을 수행하여 나노 선 양 끝단과 같은 원하는 위치에 원하는 형상의 전극을 패터닝하게 된다. 전극을 구성할 금속 층을 증착한 후 lift-off 공정으로 나노선에 접합부를 형성하게 된다. 제작된 나노선 소자의 측정을 위한 단자 층을 형성한 모양은 Fig. 18(d)와 같다.

Fig. 19(a)에서 볼 수 있는 것과 같이 GaMnN 나노 선에 수직인 방향으로 전극을 패터닝 하는데 성공하였으며, 이로써 나노 선의 기본적인 물성을 보다 정확히 측정할 수 있는 4-단자 측정(4-probe measurement)을 수행할 수 있었다. Fig. 19(b)는 제작된 GaMnN 나노선 소자에서 얻은 자기저항특성 결과를 보여주고 있다. 2-300 K에서 측정된 부 자기특성의 결과로부터 GaMnN 나노선이 상온에서 자성반도체 특성을 보이는 것을 확인하였다. 이 결과는 스핀트로닉스 분야에서 차세대 전자소자로 주목받는 spin(field effect transistor) FET, spin(light emitting diode) LED에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 3.5. 무기물 나노 템플릿 나노 튜브 어레이

실리콘 기판 위에 형성된 AAO 무기물 나노 템플릿을 이

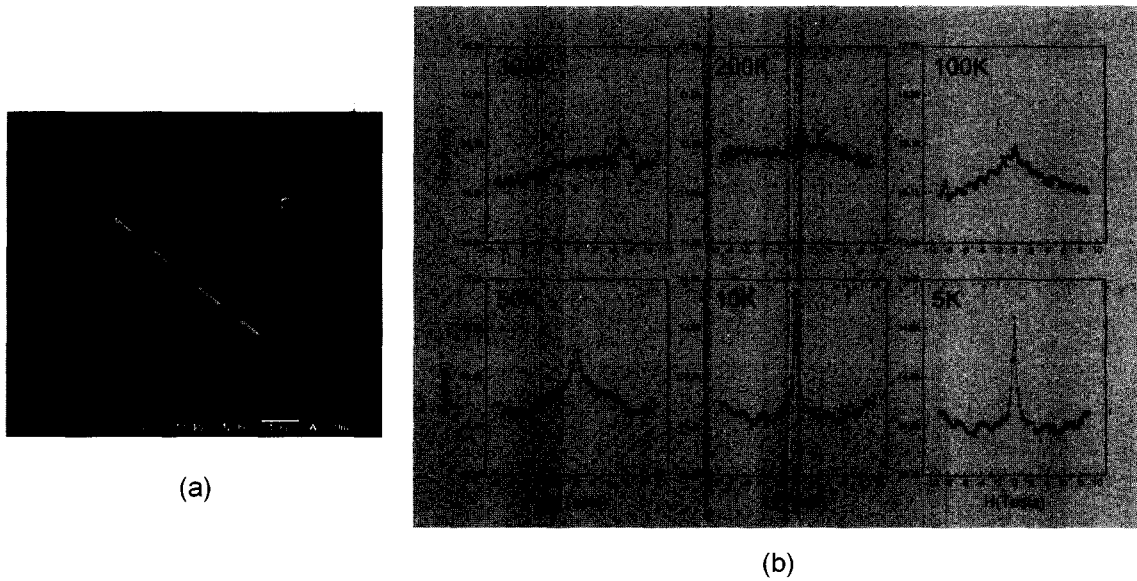


Fig. 19. GaMnN 단일 나노 와이어의 자기저항 특성.

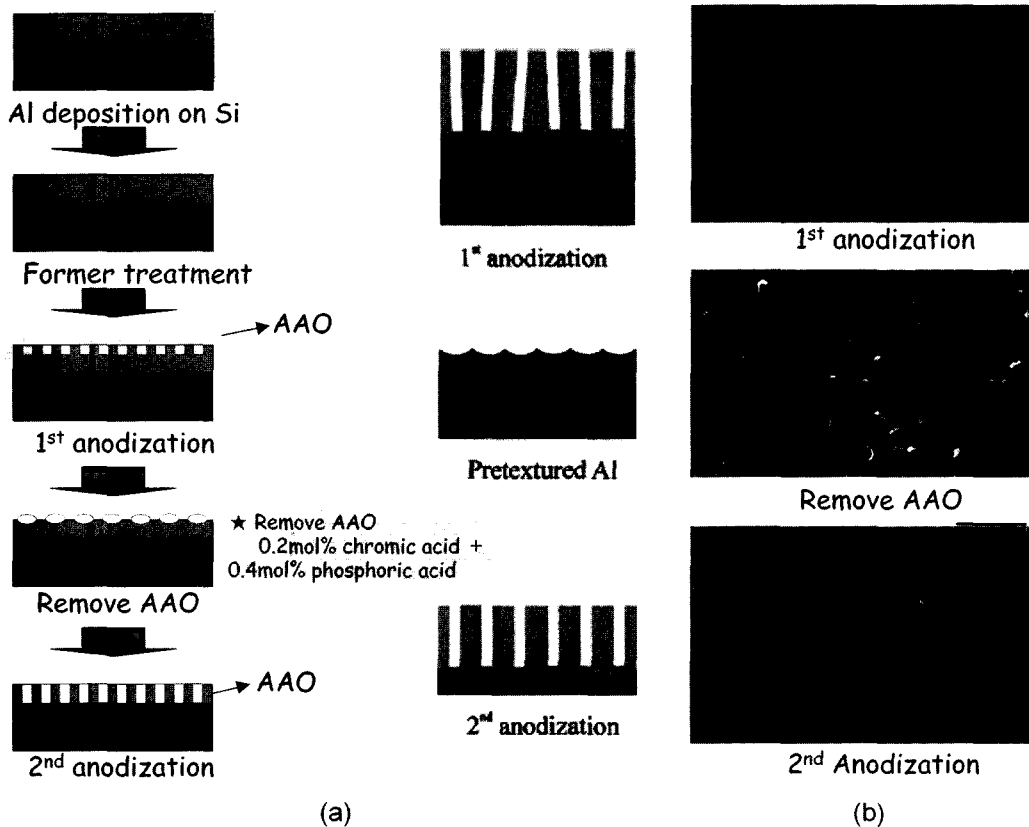


Fig. 20. 나노 튜브 어레이 패턴 제작용 AAO/Silicon 무기물 나노 패턴 층 형성 방법.

용한 강유전체 나노 튜브 어레이 제작 및 이를 활용한 IT 소자응용 연구를 수행하고 있다. 실리콘 기판 위에 AAO 무기물 나노 템플릿을 형성하기 위해, Xu 등이 사용한 방법으로[5], Fig. 20(a)와 같이 2단계 아노다이징 공정을 사용한다. 실리콘 기판 위에 형성된 양질의 알루미늄 박막을 일차적

으로 아노다이징 공정을 행한 후, 불규칙적으로 배열된 기공 층을 제거한다. 하부 알루미늄 층에 형성된 시작 점을 중심으로 2차 아노다이징 공정을 수행하면, 잘 정렬된 무기물 나노 템플릿을 얻을 수 있다. 각 단계별 형성된 AAO의 표면 형상은 Fig. 20(b)와 같다. aspect ratio 2 정도의 무기물 나

노 템플릿은 Fig. 21과 같은 표면 및 계면 미세구조를 가지고 있다.

Fig. 22(a)처럼, 정렬된 AAO 무기물 나노 템플릿 내부에 졸겔법으로 PbZrTiO<sub>3</sub> 강유전체 나노 튜브 어레이를 형성시킨 후, AAO를 일부 제거 시킨 모습을 보이고 있다. Fig. 22(b)

는 각 단계 별 얻어진 강유전체 나노 튜브 어레이의 표면 미세구조 형태를 나타내고 있다. 현재까지의 연구 단계는 Fig. 23처럼 강유전체 나노 튜브 어레이를 형성하는 중이며, 향후, 알미늄 박막의 패터닝 및 나노 튜브 하부의 전도 채널을 이용한 IT 소자화 연구를 추진하고 있다.

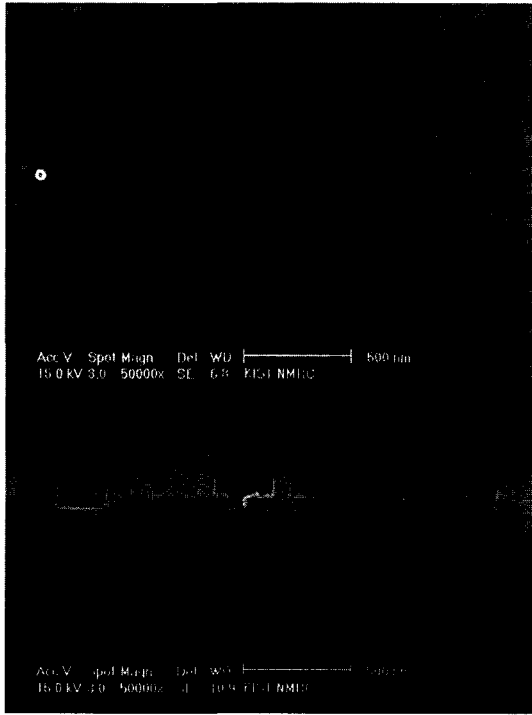


Fig. 21. 실리콘 기판 위에 형성된 AAO 무기물 나노 패턴 미세구조

### 3.6. 이온조사에 의한 nano dot 형성

이온빔 투과율을 높이기 위하여 Fig. 24와 같이 Al을 SiO<sub>2</sub> (100 nm)/Si 기판에 증착한 후 1차 anodizing 및 widening 공정을 거쳐 나노 홀 크기 80 nm, 종횡비가 1:1~1:3인 thin film AAO 마스크를 제작하여 사용하였다. 최근 연구 결과로

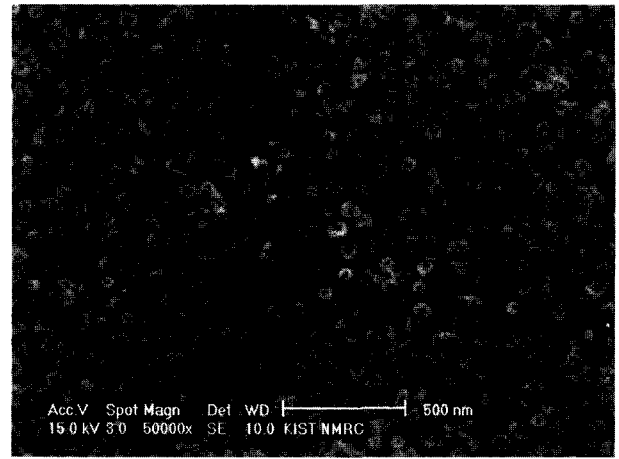


Fig. 23. PbZrTiO<sub>3</sub> 강유전성 나노 튜브 어레이 모습.

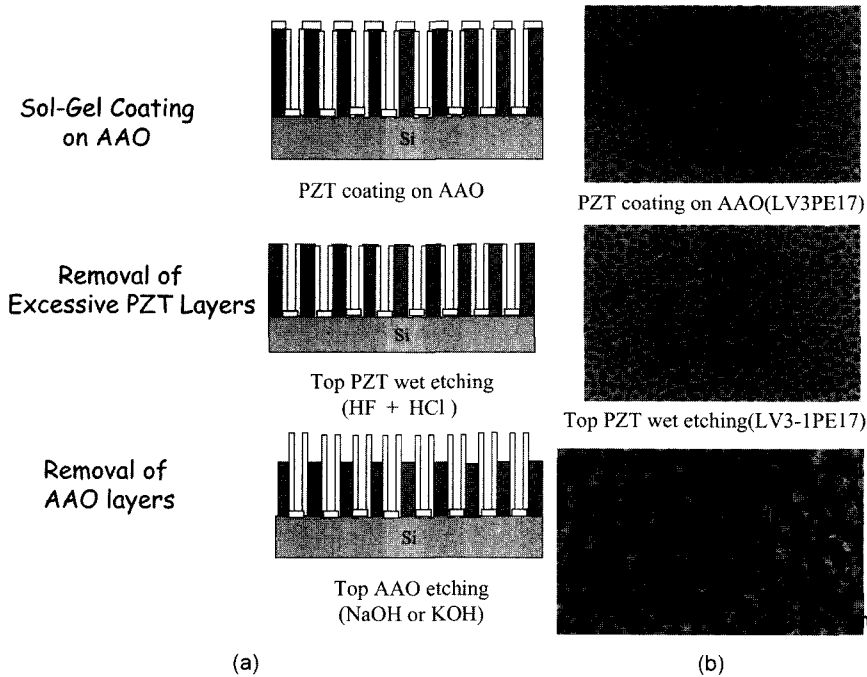


Fig. 22. 나노튜브 어레이 형성 방법 및 각 단계 별 미세구조.

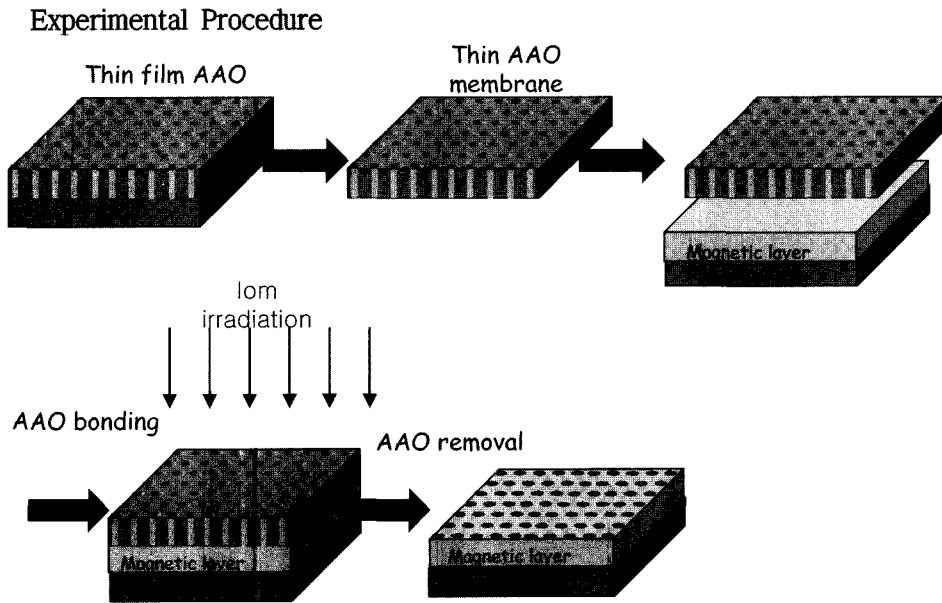


Fig. 24. 나노 마스크를 이용한 고 에너지 이온 빔 조사 및 나노 패턴 구현.



Fig. 25. 나노 마스크 이온 조사에 의해 형성된 나노 패턴 미세구조.

이온빔 투과율을 50% 이상으로 현저히 향상시켰고, 이온선량:  $5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ , 이온종류 및 에너지: Co, 80 keV를 구현하였다. AAO 나노 마스크를 이용한 나노 구조물은 Fig. 25처럼, 이온 조사에 의해 생성된 나노 도트의 모습과 자기적 특성의 차이를 보여주는 Magnetic Force Microscope (MFM)의 모습이다.

#### IV. 결 론

향후 미래에 제안 가능한 전자 소자는 50 nm급 소자로서 내부에 금속, 산화물, 질화물의 나노 다층 박막 형성이 필요하게 된다. 그러나 현재 기술수준으로는 나노 다층 박막 형성이 톱다운 방식으로 이뤄지고 있으며, 계면특성이 제어된 나

노 다층 구조를 제조할 수 있는 기술 수준에는 이르지 못하고 있다. 따라서, 앞으로는 유·무기 템플릿을 활용하여 금속, 산화물, 질화물 나노 박막을 이용한 50 nm 급 소자로 응용하는 기술 개발에 중점을 둔다.

향후 5년 뒤에 필요한 새로운 기능의 차세대 반도체, 불휘발성 기억소자, 나노 소자 센서 등의 핵심 단위 소자 공정 기술로 활용 가능하다.

#### 감사의 글

본 과제는 다학문, 다기관 협동 연구형태로서, KIST의 송중환, 김광윤, 장준연, 박상환, 이관희, 연세대의 이우영, 박철민, 서강대의 문봉진의 참여로 이뤄지고 있으며, 이에 감사합니다.

### 참 고 문 헌

- [1] Park et al. Nature, **405**, 433(2000).  
[2] Park et al. Macromolecules, **33**, 4871(2000).  
[3] Park et al. Appl. Phys. Lett., **79**, 848(2001).  
[4] S.J.Sibener, Nano Lett., 2003.  
[5] Jianyu Liang, Hope Chik, and Jimmy Xu, J.Appl.Phys., **91** 2544(2002).

## Nano-scale Information Materials Using Organic/Inorganic Templates

**Jeon-Kook Lee and Won Young Jeung**

*Fusion Technology Center for Nano-Information Materials, Materials Science and Technology Division  
Korea Institute of Science and Technology, 39-1 Haweolgog Seongbook, Seoul 146-791, Korea*

(Received 1 August 2004, in final form 15 August 2004)

The fusion of nano technology and information technology is essential to sustain the present growth rate and to induce new industry in this ever-growing information age. Considering Korean industry whose competitiveness lies heavily on information related technologies, this field will be inevitable for future. Nano materials can be described as novel materials whose size of elemental structure has been engineered at the nanometer scale. Materials in the nanometer size range exhibit fundamentally new behavior, as their size falls below the critical length scale associated with any given property. " Bottom-up " techniques involve manipulating individual atoms and molecules. Bottom-up process usually implies controlled or directed self assembly of atoms and molecules into nano structures. It resembles more closely the processes of biology and chemistry, where atoms and molecules come together to create structures such as crystals or living cells. Nano scale sensors are included in the electronics area since the diverse sensing mechanisms are often housed on a semiconductor substrate and usually give rise to an electronic signal. The application of nano technology to the chemical sensors should allow improvements in functionality such as gas sensing. In this presentation, we will discuss about the nano scale information materials and devices fabricated by using the organic/inorganic nano templates.

**Key words :** NT-IT Fusion, Organic-Inorganic Nano Template, Anodized Aluminium Oxide, Nano Wire, Nano Devices