

MEMS FABRICATION TECHNOLOGY

*Dept. of Mechanical Eng.,
Dong-A University*

MEMS Fabrication Technology

□ Surface Micromachining

- ✓ 실리콘 기판 위에 구조층과 희생층을 증착하고 식각 공정을 통하여 미세 구조물을 형성함
- ✓ 희생층과 구조층을 기판 위에 형성시킨 후 희생층을 식각하여 구조층만 남게하는 방법
- ✓ 중요 인자 : 박막의 강도와 가공 후 잔류응력과 박막 사이의 접착력, 박막의 평탄도 등

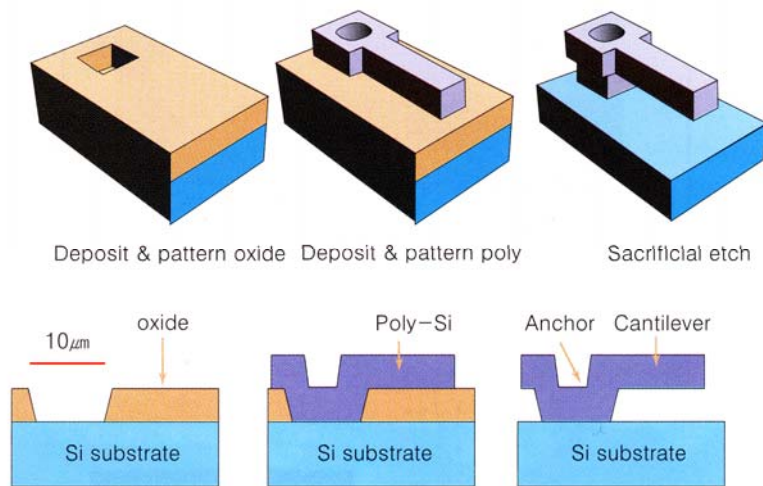


Fig. 9 Surface micromaching 공정도

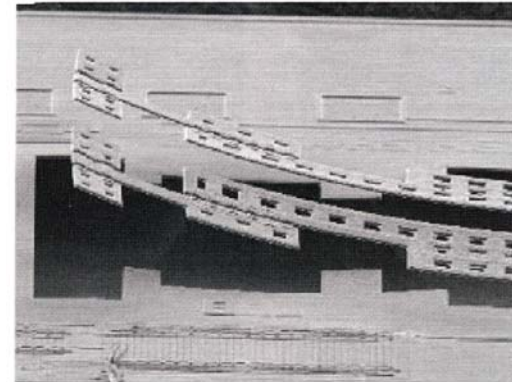


Fig. 10 잔류응력으로 인해 휘어진 구조체

MEMS Fabrication Technology

□ Bulk Micromachining

- ✓ 기판으로 사용되는 실리콘을 식각하여 실리콘으로 이루어진 구조체를 만들거나, 구조체의 일부로 사용하는 기술
- ✓ 실리콘의 식각 방법은 건식과 습식으로 구분됨
 - ✓ *Wet etching*
 - ✓ 식각 용액에 따라 등방성과 이방성 에칭이 가능함
 - ✓ 이방성 에칭의 경우 실리콘의 결정방향에 따라 식각 형상이 달라지게 됨
 - ✓ *Dry etching*
 - ✓ 식각용 불소(F) 계열의 기체를 이용하여 실리콘을 식각함
 - ✓ 식각 방법에 따라 등방성 식각을 하는 *Vapor-phase etching*과 이방성 식각을 하는 *Plasma-phase etching(DRIE)*으로 나뉨

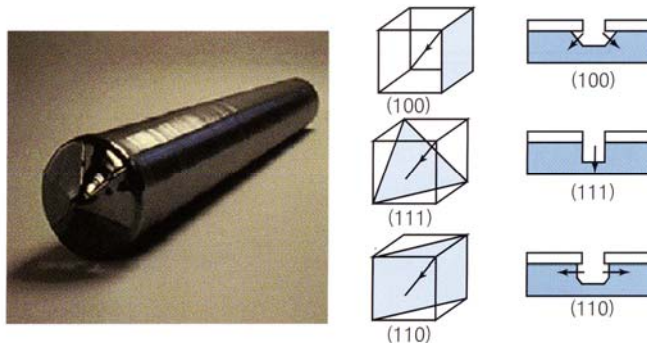


Fig. 11 Si 웨이퍼의 결정방향에 따른 이방성 식각 단면도

MEMS Fabrication Technology

□ LIGA

- ✓ Lithographie (사진) + Galvanoformung (도금) + Abformung (몰딩) 의 약자
- ✓ 공정 순서
 - ✓ 기판에 PR을 코팅하고 포토마스크를 통하여 UV에 PR을 노출시킴
 - ✓ 현상액에 넣어 포토마스크의 형상이 PR에 각인되도록 함
 - ✓ PR이 녹아 기판 표면이 드러난 곳을 전해도금액에 넣고 전류를 가하면 도금액에 녹아있던 양전하를 띤 금속이온이 음극이 걸려있는 기판 표면에 달라붙어 형상이 만들어지게 됨
 - ✓ 남아있는 PR을 제거하여 최종 형상을 완성함

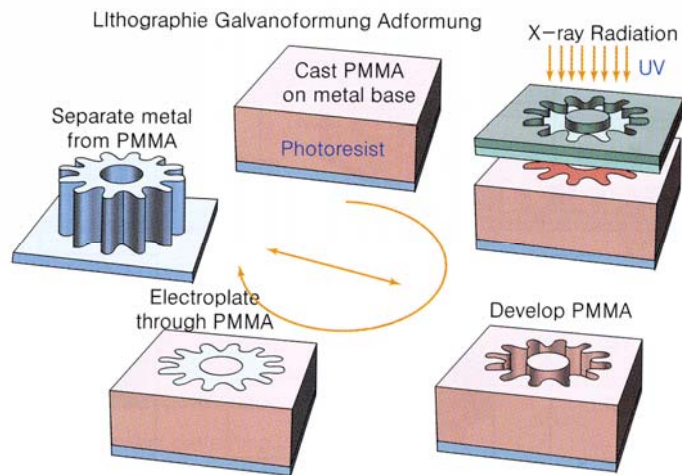


Fig. 12 LIGA 공정 순서도

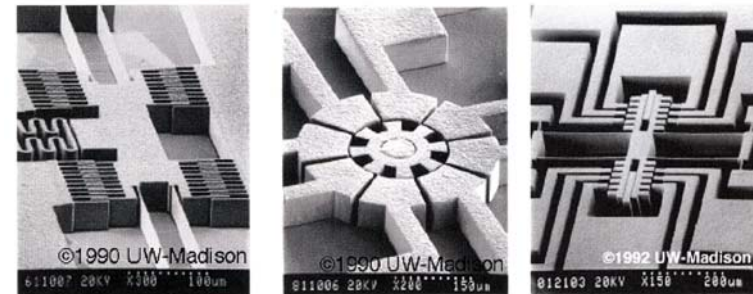


Fig. 13 LIGA 공정으로 제작된 여러 가지 형상

Basic Microfabrication Technology

□ Lithography

- ✓ 반도체 공정에서 필요한 소자를 제작하기 위해 증착한 박막이나 웨이퍼를 필요한 모양으로 만드는 공정중의 하나
- ✓ 공정 순서
 - ✓ *Cleaning* : 웨이퍼 표면의 다양한 불순물 제거
 - ✓ *Photoresist coating* : 액체상태의 PR을 웨이퍼에 떨어뜨린 후 회전시켜 코팅함
 - ✓ *Pre-bake* : PR과 박막사이의 접착력 향상 및 잔여 용제 제거
 - ✓ *Expose* : 포토마스크를 이용하여 원하는 부분에 UV를 노출시킴
 - ✓ *Development* : UV에 노출된 PR을 제거
 - ✓ *Post-bake* : 남아 있는 PR을 단단하게 하고 웨이퍼의 접착력을 향상시킴
 - ✓ *Etching*

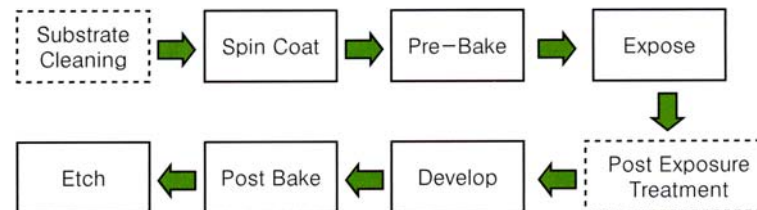


Fig. 5 Lithography 공정 순서도

Basic Microfabrication Technology

□ Lithography

- ✓ 감광막(Photoresist) : 자외선에 반응하는 물질로 Positive PR과 Negative PR로 나뉨
- ✓ Positive PR : 마스크에 있는 모양이 현상 후 웨이퍼에 남게 됨
- ✓ Negative PR : 마스크에 있는 모양의 역상이 웨이퍼에 남게 됨

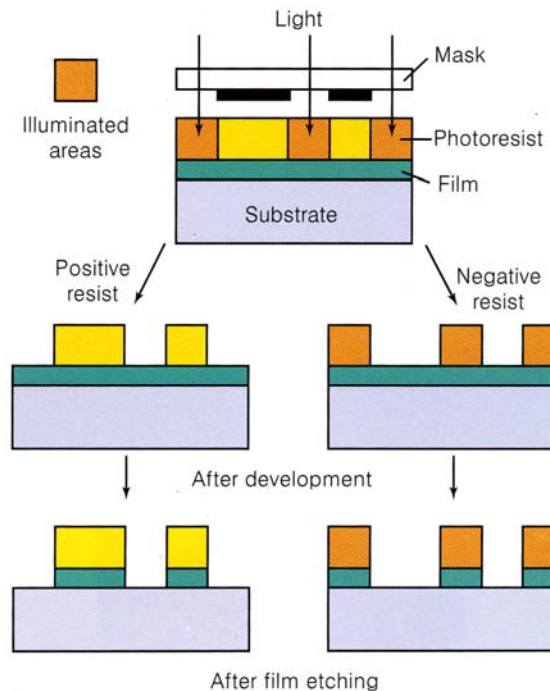


Fig. 6 Positive와 negative PR의 현상 및 식각 모습

Basic Microfabrication Technology

□ Deposition

- ✓ 반도체 공정에서 필요한 다양한 종류의 박막을 쌓는 공정
- ✓ 종류 : Physical Vapor Deposition (PVD) / Chemical Vapor Deposition (CVD)
 - ✓ Physical Vapor Deposition : Evaporation과 Sputtering으로 나뉨
 - ✓ Evaporation : 증착할 금속을 녹는점까지 온도를 높여 기체화된 금속이 기판 표면에 붙도록 하는 방법
 - ✓ Sputtering : 증착하려는 물질에 에너지를 가진 이온(Ar^+)을 충돌시켜 뜯어내어 웨이퍼에 증착시키는 방법

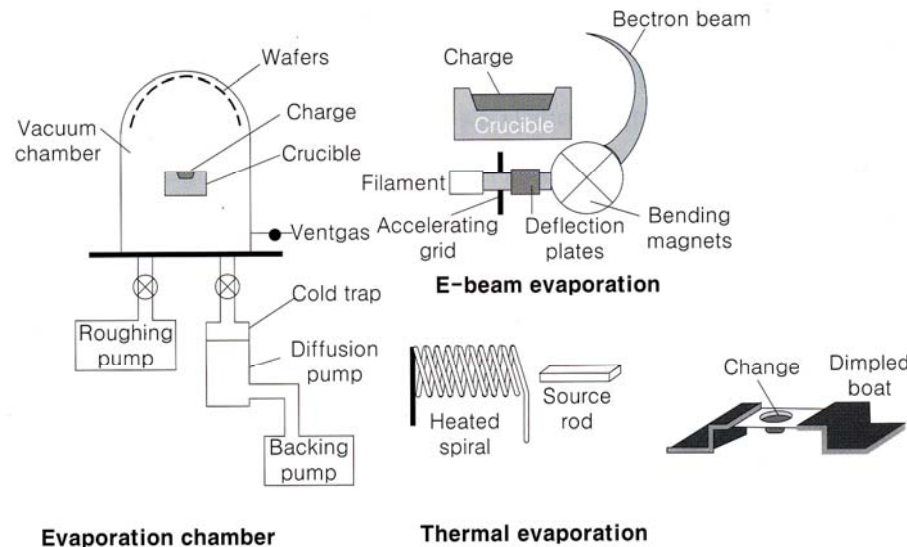


Fig. 3 Evaporation chamber 개념도와 evaporation 방법

Basic Microfabrication Technology

□ Deposition

✓ Chemical Vapor Deposition

✓ 가스 형태의 화합물의 분해와 반응을 통하여 생성된 입자들이 기판의 표면 위에 박막을 형성하는 방법

✓ 종류 : 증착압력과 가스 화합물의 분해와 반응을 일으키는데 필요한 에너지에 따라 *Low Pressure CVD(LPCVD)*와 *Plasma Enhanced CVD(PECVD)*로 나뉨

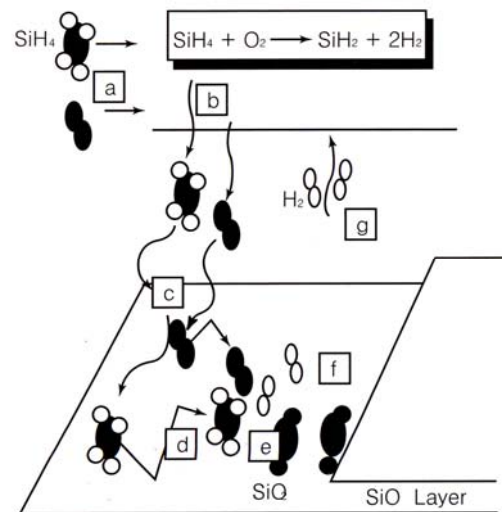


Fig. 4 SiO₂가 CVD를 통해서 기판 표면에 형성되는 과정

Basic Microfabrication Technology

□ Etching

- ✓ 증착한 박막이나 웨이퍼 일부분을 제거하여 원하는 형상을 만드는 공정
- ✓ 종류 : *Wet etching / Dry etching*
 - ✓ *Wet etching* : 액체상태의 식각액을 이용하여 박막을 식각하는 방법
 - ✓ 장점 : 선택비(식각하고자 하는 박막의 식각속도와 식각을 원하지 않는 부분에 생성시킨 마스크 층의 식각속도 비)가 높으며, 가격이 싸고, 공정 신뢰도 및 시간당 작업 처리 속도가 높음
 - ✓ 단점 : 등방성(*Isotropic*)으로 식각됨
 - ✓ *Dry etching* : 가스 등을 이용하여 박막을 식각하는 방법
 - ✓ 장점 : 비등방성 식각이 가능함
 - ✓ 종류 : *Plasma etching, Sputter etching, Reactive-ion etching*

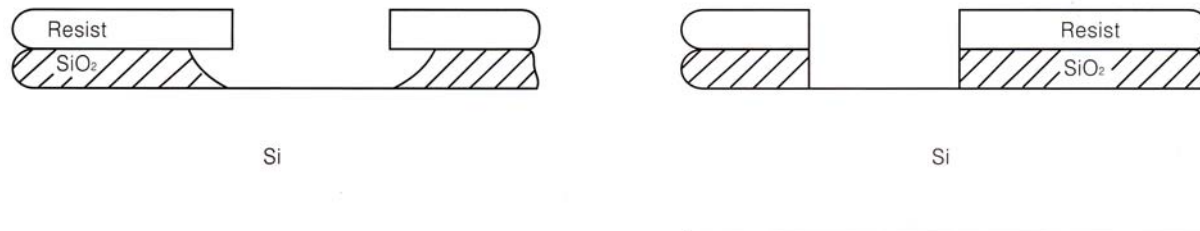


Fig. 7 습식 식각(좌측)과 건식 식각(우측) 후의 박막 형상

Basic Microfabrication Technology

Etching

- ✓ *Plasma etching* : 동일한 수의 양(+)과 음(-) 전위를 갖는 소립자를 포함한 부분적으로 이온화된 가스를 이용한 화학적 식각
- ✓ *Sputter etching* : 식각을 원하는 곳에 이온을 충돌시켜 식각하려는 물질을 뜯어내는 방법
- ✓ *Reactive Ion etching* : *Plasma*와 *Sputter etching*의 장점을 살려 높은 선택비와 비등방성 식각을 가능하도록 한 식각 방법

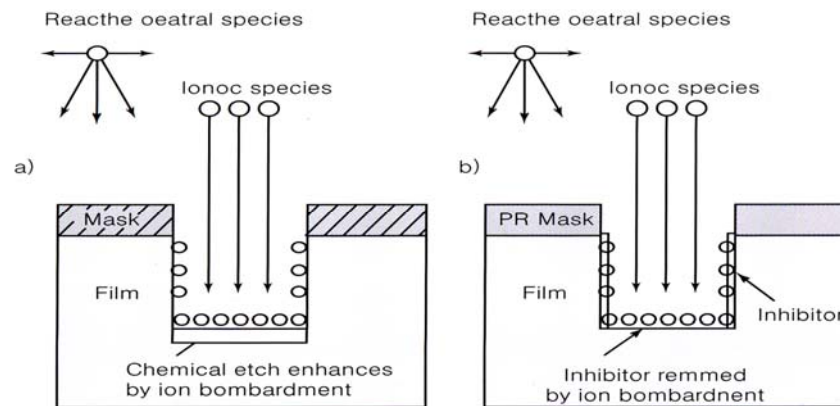


Fig. 8 Reactive ion etching 과정

Basic Microfabrication Technology

□ Oxidation

- ✓ 실리콘(Si)에 산화막을 형성시키는 공정
- ✓ 산화막의 역할
 - ✓ 전기절연체
 - ✓ Diffusion 공정에서 불순물의 diffusion을 막아주는 장벽 역할 수행
- ✓ 반응식
 - ✓ 산소 가스 : $Si + O_2 \rightarrow SiO_2$
 - ✓ 수증기 : $Si + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 2H_2$
- ✓ 방법
 - ✓ Dry Oxidation : 산소 가스를 이용하는 방법
산화막 성장 속도는 느리나 박막의 특성(절연성 등)이 우수함
 - ✓ Wet Oxidation : 수증기를 이용하는 방법
산화막의 성장 속도가 빠름

Basic Microfabrication Technology

□ Diffusion

- ✓ Si wafer에 불순물(dopant)을 넣는 공정
- ✓ Si에 불순물을 넣는 이유
 - ✓ 순수한 Si의 경우 결정이 공유결합되어 있어 전도성이 매우 약하며, 이러한 실리콘으로 제작된 반도체를 진성(intrinsic) 반도체라고 함
 - ✓ 반도체는 전압을 가했을 때 전류가 흐를 수 있어야 하므로 인(P), 안티몬(Sb), 비소(As) 등과 같은 5가나 붕소(B)와 같은 3가 불순물을 넣어 실리콘의 결정 구조를 변경시킴
 - ✓ 이러한 불순물의 종류에 따라 n-type(5가)과 p-type(3가)으로 구분됨
- ✓ 불순물의 주입 방법 : Diffusion과 Ion implantation으로 나뉨
- ✓ Diffusion : Predeposition → Drive in
 - ✓ Predeposition : Dopant를 Si wafer에서 원하는 위치에 주입
 - ✓ Drive in : 고온처리를 하여 표면에 있는 dopant를 Si 내부로 들어가게 하는 공정

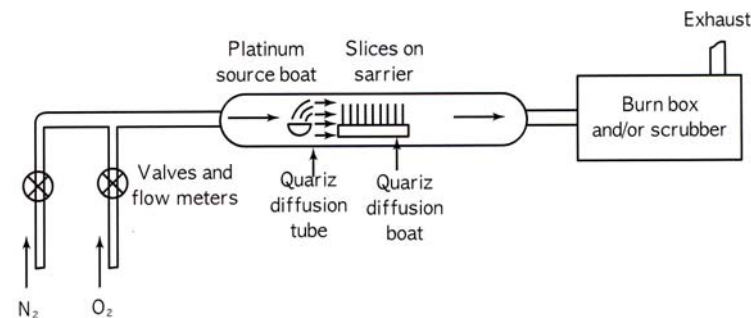


Fig. 1 Diffusion 공정 개념도

Basic Microfabrication Technology

□ Ion Implantation

- ✓ Si wafer에 불순물(dopant)을 넣는 공정으로 diffusion 공정보다 많이 사용됨
- ✓ 불순물을 빠른 속도로 가속시켜 Si wafer에 충돌시켜 주입시킴
- ✓ 충돌각도를 조절함으로써 정확한 양의 불순물을 원하는 위치에 주입할 수 있으며, diffusion 공정에 비해 작은 영역에도 주입이 가능함
- ✓ 충돌시켜 주입하게 되므로 불순물이 충돌된 부분은 실리콘 구조가 깨지게 되므로 이를 회복시키기 위하여 공정을 한 번 더 수행해야 함

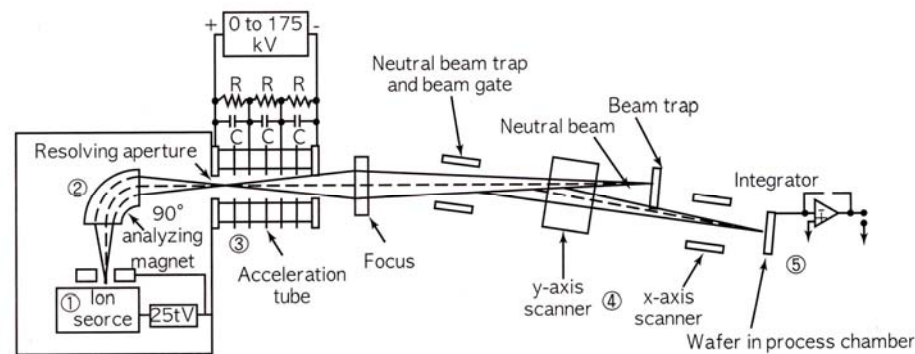


Fig. 2 Ion implantation 공정 개념도

□ Bonding

본딩(*electrical bonding*)이란 조립부분품, 장치나 보조 시스템의 상호간을 접속기 또는 낮은 임피던스의 도전성 매체를 이용하여 전기적으로 접속하는 것을 말한다. 다시 말하면 두 개 또는 그 이상의 도전성 물체를 전선등의 도체를 사용하여 전기적으로 접속하여 물체 상호간의 전위차를 최소화하는 처리방법을 본딩 이라 한다. 중요한 요구되어 지는 조건은 표면과 표면사이에 밀착성과 *Bonding*에 필요한 온도이다.

- 그 종류에는
1. *Anodic Bonding*
 2. *Eutectic Bonding*
 3. *Fusion bonding*
 4. *Polymer Bonding*

□ Wafer Cleaning

RCA 세정기술은 1970년대에 RCA사의 W. Kern 등에 의해 개발된 세정 기술로
그 기본은 Particle 제거를 목적으로 한 Ammonia수-과산화수소수로 된 SC-1세정(Standard Clean 1=APM),
금속 불순물 제거를 목적으로 한 염산-과산화수소수로 된 SC-2 세정(Standard Clean 2=HPM)을 조합시킨 세정 기술이다.
원래 브라운관의 세정 기술로 개발된 기술이었지만, 그 높은 신뢰성으로부터 30년 이상에 걸쳐 반도체 웨이퍼의 세정에
이용되어 왔다.
현재는 이러한 습식 크리닝은 웨이퍼 전하 오염, 전하오염 및 떼액 등의 문제로 드라이 크리닝 기법 등 보다 정밀한 크리닝
기법에 연구되어져 오고 있다.