

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2011-0095570 (43) 공개일자 2011년08월25일
(51) Int. Cl. <i>H01L 21/027</i> (2006.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1	(72) 발명자 박재현 서울특별시 중구 신당2동 353-103 양지 빌라 가동 101호 하정숙 서울특별시 강남구 대치동 선경아파트 1-302
(21) 출원번호 10-2010-0015111 (22) 출원일자 2010년02월19일 심사청구일자 2010년02월19일	(74) 대리인 특허법인이지	

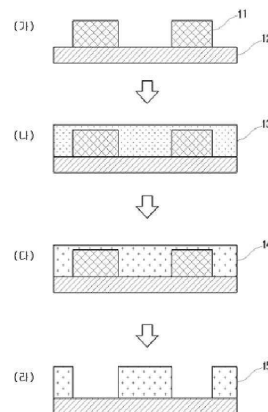
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법 및 이를 이용하여 제조된 반도체 소자

(57) 요약

본 발명은 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법 및 이를 이용하여 제조된 반도체 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 포토리소그래피 방법을 이용하여 기판상에 폴리우레탄의 패턴을 원하는 위치에 용이하게 형성시키는 방법 및 이를 통해 폴리우레탄이 패터닝된 반도체 소자에 관한 것이다. 본 발명에 따른 폴리우레탄의 패터닝 방법을 적용하면 패턴 형태의 폴리우레탄 유전체층을 제작할 수 있을 뿐만 아니라, 유전체층을 통과하는 전극도 한 차례의 포토 공정과 메탈 증착 공정만으로 제작할 수 있어 실제 반도체 소자 공정에서 폭넓은 응용이 기대된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 MEST 2007-0056879

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 SIP 소자 응용을 위한 상향식 다층 패터닝 공정

기여율

주관기관 한국연구재단

연구기간 2007년 07월 01일 ~ 2012년 06월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

기관 상에 감광성 수지막 패턴을 형성시키는 단계;
폴리우레탄 레진을 상기 감광성 수지막 두께의 50~120% 두께로 도포하는 단계;
상기 도포된 폴리우레탄 레진을 경화시키는 단계;
상기 경화된 폴리우레탄을 열처리하여 폴리우레탄과 기관의 접착력을 높이는 단계; 및
상기 감광성 수지막을 초음파를 처리하여 제거하는 단계를 포함하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄 레진은 점도가 80~200 cps인 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄 레진은 노아(NOA, Norland Optical Adhesive)인 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄 레진은 노아 71, 노아 73, 노아 74인 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄 레진의 도포는 감광성 수지막 상에 모아레무늬(Moire pattern)가 나타나도록 수행되는 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 패터닝 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄 레진의 도포는 5,000~10,000 rpm에서 1~20분 동안 스핀코팅하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 패터닝 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄 레진의 도포는 500 rpm에서 5 초간 스핀코팅 한 다음, 5,000~10,000 rpm에서 1~20분 동안 스핀코팅하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 패터닝 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄 레진을 폴리우레탄으로 경화시키는 단계는 자외선을 5~10분 동안 조사하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 자외선의 파장은 180~300nm인 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄을 열처리하는 단계는 100~150℃에서 1~5분동안 수행되는 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 감광성 수지막 패터를 제거하는 단계는 100~300W 로 1~5분간 초음파를 처리하는 것을 특징으로 하는 폴리우레탄의 패터닝 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 폴리우레탄의 선택적 패터닝은 반도체 소자의 유전체 층(dielectric layer)형성에 적합한 것임을 특징으로 하는 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 따른 방법으로 패터닝이 형성된 폴리우레탄을 포함하는 기판을 구비하는 반도체 소자.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 패터닝이 형성된 폴리우레탄은 유전체층인 것을 특징으로 하는 반도체 소자.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법 및 이를 이용하여 제조된 반도체 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 포토리소그래피 방법을 이용하여 기판상에 폴리우레탄의 패터를 원하는 위치에 용이하게 형성시키는 방법 및 이를 통해 폴리우레탄이 패터닝된 반도체 소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 전자 제품의 소형화와 집적화에 따라 보다 많은 정보를 저장하기 위해서는 마이크로 또는 나노미터의 패터닝공정이 필요하다. 반도체 장치의 제조에 있어 처리속도와 용량을 높이기 위해 포토레지스트를 이용한 포토리소그래피 공정을 통해 미세 패터닝 구현을 진행하고 있다.

[0003] 포토리소그래피(photo-lithography) 방법은 평평한 기판에 감광성 수지막(photoresist)을 스핀코팅(spin-coating)하여 얇은 박막을 만들고 포토마스크를 얹은 후, 적당한 파장의 빛을 일정시간 조사하여, 감광성 수지막을 선택적으로 남기거나 제거하는 방법으로 기판 상에 감광성 수지막 패터를 제작하는 방법을 말한다. 그리고 이 감광성 수지막 패터 상에 일반적으로 금속 물질을 얇게 증착시킨 후 감광성 수지막을 제거하는 과정을 통해 감광성 수지막 패터가 없는 자리에만 선택적으로 금속 물질을 남김으로써 기판 상에 금속 패터를 제작하는데 사용될 수 있다.

[0004] 그런데, 이 감광성 수지막 패터 상에 고분자 패터를 제작하고자 할 때 통상적으로 여러 가지 문제가 발생한다.

첫 번째 문제는 고분자를 녹이는 유기 용매(solvent)가 감광성 수지막 역시 녹이는 물질의 경우가 많으며, 감광성 수지막에 일반적으로 가장 널리 쓰이고 있는 AZ5214의 경우, 아세톤과 같은 유기 용매 뿐만 아니라 에탄올, 메탄올과 같은 알콜성 유기 용매에도 잘 녹는다는 점이다.

[0005] 그리고 고분자간의 힘이 고분자와 기판과의 힘보다 작아야 한다. 유기 고분자간의 힘이 큰 경우, 리프트 오프 과정에서 유기 고분자 전체가 들러 떨어져 나감으로써 실제 기판 상에 고분자 패턴이 남지 않는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 동시에 해결하기 힘들기에 종래는 전체적으로 고분자를 코팅한 후 나노임프린트 리소그래피 방법 등을 이용하여 고분자 패턴을 제작하였다.

[0006] 나노임프린트 리소그래피와 같은 방법을 이용하기 위해서는 Si (실리콘) 기판 상에 이-빔 리소그래피(e-beam lithography)나 포토리소그래피, 각종의 식각 방법을 이용하여 마스터(master) 기판을 제작하고, 이 상에 자기조립단분자막과 같은 표면 개질 방법을 동원하여 폴리머 스탬프를 제작하고, 이를 다시 고분자 상에 찍는 방법을 이용하여 사용해야 하는 불편함이 있다. 이 방법은 대면적에 반복되는 패턴을 제작하기엔 편리하나, 아직은 얼라인(align) 공정에 적용할 수 없다는 치명적인 단점이 있다.

[0007] 폴리우레탄은 마모가 잘 안되며, 전기 절연 특성이 우수하고, 접착이 잘되며, 충격에 강하고, 저온에서도 유연성이 좋은 물질로, 전자 소자를 외부환경의 영향이나 물리적 충격 등으로부터 보호하기 위한 보호제로의 역할로 많이 사용되어 왔다.

[0008] 현재 폴리우레탄은 산업 전반에 다양하게 활용되고 있고, 2007년 통계에 따르면 폴리우레탄 생산은 1200만 메트릭 톤(metric ton)에 달하며, 매년 5%의 생산 증가율을 보이고 있으며, 건축 자재 (26.8 %), 수송 산업 전반 (23.8 %), 가구 또는 침구류 (20.7 %)에 70 % 이상 소요되고 있다. 그 외에도 기계나 패키징 부분에 약 10 % 정도 사용된다. 특히 폴리우레탄은 에폭시 수지와 함께 이미 전자 산업 쪽에서 실질적으로 사용되는 물질로 전체 폴리우레탄 소비량의 1.4 %나 사용된다. 그리고 차세대 소자의 패키징이나 유전체층, 접착층 등으로 많이 사용되는 물질로, 리지드(rigid) 기판 뿐 아니라 플렉서블(flexible) 기판 상에 스펀코팅하는 방식으로 사용되고 있다.

[0009] 이와 같이 이용도가 높은 폴리우레탄을 이용하여 기판상의 패턴을 제작하려고 하면 공정이 매우 까다롭고 제한적이다. 통상적인 고분자의 패턴형성을 위해 사용되는 O2-RIE나 CF4-RIE 방법 등의 RIE(반응성 이온 식각)를 거치더라도 폴리우레탄을 식각할 수 없어 패턴의 형성이 불가능하다. 현재는 디스펜싱(dispensing) 방식으로 폴리우레탄 레진을 캐스팅(casting)하여 사용하고 있다. 그러나 폴리우레탄 레진을 한번 캐스팅 하고나면 다시 수정하기가 곤란한(unrepairable) 문제가 있고, 이러한 문제 때문에 회로제작의 마지막 공정에서 최종 캐스팅을 하는 용도로 그 사용용도가 매우 한정적이었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 이와 같은 기술적 배경 하에서, 본 발명자들은 포토리소그래피 방법을 폴리우레탄의 패턴닝에 적용할 수 있는 보다 효율적인 방법을 개발하고자 예의 노력한 결과 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[0011] 결국 본 발명의 목적은 포토리소그래피법을 이용하여 폴리우레탄을 기판에 패턴닝할 때 원하는 위치에 보다 쉽게 적용할 수 있는 방법을 제공하는데 있다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은 상기의 폴리우레탄을 선택적으로 패턴닝하는 방법을 이용하여 제조된 반도체 소자를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에서는 기판 상에 감광성 수지막 패턴을 형성시키는 단계; 폴리우레탄 레진을 상기 감광성 수지막 두께의 50~120% 두께로 도포하는 단계; 상기 도포된 폴리우레탄 레진을 경화시키는 단계; 상기 경화된 폴리우레탄을 열처리하여 폴리우레탄과 기판의 접착력을 높이는 단계; 및 상기 감광성 수지막을 초음파를 처리하여 제거하는 단계를 포함하는 폴리우레탄의 선택적 패턴닝 방법이 제공된다.

[0014] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패턴닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄 레진은 점도가 80~200 cps일 수 있다.

- [0015] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄 레진은 노아 (NOA, Norland Optical Adhesive)일 수 있다.
- [0016] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 일실시예에서 사용가능한 폴리우레탄 레진은 노아 71, 노아 73, 노아 74일 수 있다. 이와 같은 폴리우레탄 레진의 종류는 본 발명의 일실시예에서 사용하기 적합한 것으로 상업적으로 구입가능한 것을 예시한 것이고, 본 발명의 기술적 사상을 달성하기 위한 조건을 만족하는 폴리우레탄 레진이라면 어떠한 것을 사용하여도 무방하다.
- [0017] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄 레진의 도포는 감광성 수지막 상에 모아레무늬(Moire pattern)가 나타나도록 수행될 수 있다.
- [0018] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄 레진의 도포는 5,000~10,000 rpm에서 1~20분 동안 스핀코팅하여 이루어질 수 있다.
- [0019] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄 레진의 도포는 500 rpm에서 5 초간 스핀코팅 한 다음, 5,000~10,000 rpm에서 1~20분 동안 스핀코팅하여 이루어질 수 있다. 이와 같은 조건은 본 발명의 일실시예에서 사용한 점도 80~200 cps 범위 내의 폴리우레탄 레진을 스핀코팅하기 위한 적정범위의 조건이다. 그러나 폴리우레탄 레진의 점도에 변화가 있을 경우 그 점도에 따라 스핀코팅의 회전수와 시간조건을 적절히 달리할 수 있다.
- [0020] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄 레진을 폴리우레탄으로 경화시키는 단계는 자외선을 5~10분 동안 조사하여 이루어질 수 있다.
- [0021] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 자외선의 파장은 180~300 nm일 수 있다.
- [0022] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄을 열처리하는 단계는 100~150℃에서 1~5분동안 수행될 수 있다.
- [0023] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 감광성 수지막 패턴을 제거하는 단계는 100~300W 로 1~5분간 초음파를 처리할 수 있다.
- [0024] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 패터닝된 폴리우레탄의 두께는 300nm~1.4 μm 일 수 있다.
- [0025] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 선택적 패터닝 방법의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄의 선택적 패터닝은 반도체 소자의 유전체 층(dielectric layer)형성에 적합할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 측면에 따르면 상기 서술된 방법에 따라 패턴이 형성된 폴리우레탄을 포함하는 기판을 구비하는 반도체 소자가 제공될 수 있다. 이 때 상기 패턴이 형성된 폴리우레탄은 유전체층으로서 사용되는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명에 따른 폴리우레탄의 패터닝 방법을 적용하면 패턴 형태의 폴리우레탄 유전체층을 제작할 수 있을 뿐만 아니라, 유전체층을 통과하는 전극도 한 차례의 포토 공정과 메탈 증착 공정만으로 제작할 수 있어 실제 반도체 소자 공정에서 폭넓은 응용이 기대된다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명에 따른 폴리우레탄의 패턴형성 과정의 개략도이다. 도 1의 (가)는 기판 위에 감광성 수지막을 스핀코팅한 후 포토리소그래피 공정을 따라 감광성 수지막에 패턴을 현상시켜 감광성 수지막 패턴을 형성시킨 후의 모습이고, (나)는 감광성 수지막 패턴 상에 폴리우레탄 레진을 적절히 도포한 후의 모습이고, (다)는 UV 조사하여 폴리우레탄 레진이 폴리우레탄으로 변환된 후의 모습이며, (라)는 감광성 수지막을 제거하여 폴리우레탄 패턴이 완성된 후의 모습이다.

도 2는 스핀코터를 이용하여 폴리우레탄 레진을 도포할 때 스핀코팅 속도와 시간에 따라 만들어진 광학현미경 이미지를 나타낸 것으로서, 8000 rpm 으로 각각 2분, 5분 및 10분 동안 스핀코팅한 후의 이미지이다.

도 3 스핀코터를 이용하여 폴리우레탄 레진을 도포할 때 스핀코팅 속도와 시간에 따라 만들어진 광학현미경 이

미지를 나타낸 것으로서, 상단으로부터 각각 5000 rpm 으로 2분간, 6000 rpm으로 2분간 및 9000 rpm으로 1분간 스핀코팅 처리한 후의 이미지이다.

도 4는 본 발명에 따라 형성된 폴리우레탄 패턴의 원자력 현미경(AFM) 사진으로, 금(Au) 기판 상에 형성된 폴리우레탄 패턴이 $\sim 1.4 \mu\text{m}$ 의 두께를 갖는다는 것을 보여주는 AFM 사진(상의 좌)과 조도(roughness)가 RMS(root mean square)의 값으로 0.338 nm 임을 보여주는 AFM 사진(상의 우)을 나타내며, 채널(검은 줄무늬 부분) 너비가 $4 \mu\text{m}$ 인 전극 패턴 제작 후 찍은 AFM 사진(하의 좌), 채널 너비가 $8 \mu\text{m}$ 인 전극 패턴 제작 후 찍은 AFM 사진(하의 우)을 도시한 것이다. AFM 사진 하단에는 각 절단면의 두께를 나타내는 그래프가 도시되어 있으며, 이를 통해 상기와 같은 크기의 폴리우레탄 패턴을 형성되었음을 알 수 있다.

도 5는 (가) 도 1의 (가)에 개략적으로 나타나 있는 감광성 수지막 패턴의 광학현미경 사진이고, (나)는 도 1의 (나)에서 폴리우레탄 레진(NOA 73)을 스핀코팅한 후의 광학현미경 사진이고, (다)는 도 1의 (라)와 같이 완성된 폴리우레탄 패턴의 광학현미경 사진이다.

도 6은 폴리우레탄 레진이 도포된 기판에 UV를 조사하여 폴리우레탄으로 변환 시킨 후 열처리 및 초음파 처리 없이 감광성 수지막을 제거(리프트오프)한 사진(상단)과 열처리 및 초음파 처리를 거친 후 감광성 수지막을 제거(리프트오프)한 사진(하단)이다.

도 7은 음극으로 형성된 폴리우레탄 패턴 및 금속 패턴에서 폴리우레탄 패턴이 형성된 사진이다.

도 8은 금속 기판 상에 폴리우레탄 패턴을 제작하고, 그 폴리우레탄 패턴 상에 금속 전극을 올려서 폴리우레탄의 누설전류를 측정된 결과, 최종 100 V를 걸어도 누설전류가 커지지 않음을 보여주는 전기측정 데이터이다.

도 9는 폴리우레탄 패턴에 걸쳐서 금속을 증착하더라도 증착된 금속이 폴리우레탄 패턴에 의해 끊어짐이 없이 바로 연결된 형태로 증착될 수 있음을 보여주는 것으로, 좌측 사진은 금속 기판 상에 폴리우레탄 패턴을 제작한 이미지이고, 우측 그래프는 제작된 전극에 탐침자를 이용하여 체크한 전류 흐름을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명에 따르면 포토리소그래피법을 적용하기 위해 감광성 수지막 패턴 위에 폴리우레탄 레진을 도포하고, 폴리우레탄 레진 도포시 적절한 두께를 달성하기 위하여 스핀코팅 조건을 찾고, 패턴 형성에 알맞은 리프트오프(감광성 수지막 제거) 조건을 찾아냄으로써 폴리우레탄으로 이루어진 패턴을 기판 상에 제작할 수 있다.
- [0030] 이하 첨부되는 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.
- [0031] 본 발명에 따른 폴리우레탄 패턴의 형성의 개략적인 과정은 도 1에 도시되어 있다.
- [0032] 먼저, 폴리우레탄의 선택적 패터닝을 위하여 먼저 기판(12)을 준비하고 준비된 기판 상에 감광성 수지막 패턴(11)을 형성시킨다(도 1의 가).
- [0033] 본 발명에서 폴리우레탄 패턴의 형성을 위하여 사용되는 기판(12)은 SiO_2 기판이 주로 이용될 수 있으나 이에 한정되지 않고 금속(Au, Pd 등)을 기판으로 사용 가능하다.
- [0034] 다음으로 폴리우레탄 레진(13)을 상기 감광성 수지막 두께의 50~120% 두께로 도포한다(도 1의 나).
- [0035] 폴리우레탄 레진을 도포한 다음 도포된 폴리우레탄 레진을 경화시켜 폴리우레탄으로 변화시키고(도 1의 다), 상기 경화된 폴리우레탄(14)을 열처리하여 폴리우레탄과 기판의 접착력을 높인 후, 상기 감광성 수지막을 초음파 처리하여 제거함으로써 폴리우레탄의 패턴(15)을 선택적으로 형성한다(도 1의 라).
- [0036] 상기 폴리우레탄 레진은 감광성 수지막 패턴층 두께의 50~120 % 범위의 두께로 도포하는 것이 바람직하다. 폴리우레탄 레진이 충분히 얇게 도포되지 않으면 깨끗한 폴리우레탄 패턴을 얻을 수 없다. 폴리우레탄 레진이 감광성 수지막 패턴층 두께의 50% 미만으로 형성되는 경우에는 패턴이 가운데 쪽일수록 두께가 얇아지는 현상으로 인해 폴리우레탄 층이 지나치게 얇아지는 부분이 나타나게 되어 바람직하지 않고, 120%를 초과할 경우에는 감광성 수지막의 제거시 폴리우레탄 층이 같이 떨어져 나갈 수 있어 바람직하지 않다.
- [0037] 즉, 폴리우레탄 레진의 경화를 위해 자외선을 조사한 후 폴리우레탄 레진을 폴리우레탄으로 변환시키게 되면 폴리우레탄 막이 기판과 감광성 수지막의 상부만을 덮고 있는 것이 아니라 감광성 수지막의 옆면과도 두껍게 연결되게 된다. 무엇보다 폴리우레탄 필름 자체가 하나로 견고하게 연결되고, 폴리우레탄과 기판으로 통상적으로 사

용될 수 있는 SiO₂ 기판 등과의 접착력이 약하기 때문에 리프트오프 과정을 거치게 되면 패턴이 형성된 폴리우레탄 필름이 수용액 상으로 떨어져 나가는 현상이 생기게 된다. 따라서 폴리우레탄 레진이 적절한 두께로 도포되는 것이 중요하다.

- [0038] 이와 같이 적절한 두께로 폴리우레탄 레진이 도포되도록 하기 위하여 감광성 수지막 패턴이 형성된 기판 위에 폴리우레탄 레진을 도포한 후, 스핀 코터를 이용하여 적절한 스핀 속도 범위를 찾아 균일하게 폴리우레탄 레진이 도포되도록 한다.
- [0039] 본 발명에 따른 폴리우레탄 패터닝 방법에서는 폴리우레탄 레진의 도포는 5,000~10,000 rpm에서 1~20분 동안 스핀코팅하는 것이 바람직하다. 스핀속도를 5000rpm 미만의 낮은 속도로 스핀코팅을 수행하면, 레진이 충분히 얇게 도포되지 않아 경화 후 리프트 오프 공정시 폴리우레탄 간의 인력이 기판과의 인력보다 커서 패터닝된 필름 형태로 유기 용매 속으로 뜰어져 나가게 되어 바람직하지 않다. 또한, 스핀코팅이 10,000 rpm 이상으로 수행되면 폴리우레탄 레진이 도포된 후 생성된 폴리우레탄 패턴이 가운데 쪽일수록 두께가 얇아지는 현상이 너무 커지게 되어 바람직하지 않다. 또한 1분보다 짧은 시간 스핀코팅을 하면 레진이 충분히 얇게 도포되지 않아 자외선 조사 후 너무 두꺼운 폴리우레탄 막이 제작되어 리프트 오프 공정에서 폴리우레탄이 통째로 떨어져 나가는 문제가 생기게 되고, 20분을 초과하여 스핀코팅을 하면 역시 너무 많은 레진이 기판에서 이탈하게 되어 폴리우레탄 막의 불균일성의 문제가 발생할 수 있다.
- [0040] 본 발명에 따른 바람직한 실시예에서는 상기와 같이 스핀코팅하기 전에 500 rpm에서 5 초간 약하게 스핀코팅하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0041] 상기 서술한 바와 같이 스핀코팅 후 남아있는 폴리우레탄 레진의 두께는 감광성 수지막 두께의 50~120 % 범위 내로 감광성 수지막과 비슷한 두께 정도여야 추후 감광성 수지막 제거를 통한 폴리우레탄 패턴 형성(리프트 오프)이 잘 되는데, 이와 같은 감광성 수지막 제거의 용이성(리프트 오프의 용이성)은 광학현미경을 통하여 예측할 수 있다.
- [0042] 폴리우레탄 레진을 도포한 후 기판의 감광성 수지막 패턴에 물결무늬와 같은 모아레(Moire) 무늬가 나타나면 폴리우레탄 레진의 도포 두께가 적절하여 추후 감광성 수지막 제거를 통한 리프트 오프 과정을 거치면서 폴리우레탄 패턴의 형성이 용이하게 이루어진다. 따라서 폴리우레탄 레진을 도포는 모아레 무늬가 나타나는 정도라면 적절한 두께로 도포된 것으로 예측할 수 있는 것이다.
- [0043] 감광성 수지막인 AZ5214의 경우(두께 1.4 μ m), 8000 rpm으로 2 분간 스핀코팅한 기판의 감광성 수지막 패턴에 물결무늬와 같은 모아레(Moire) 무늬가 나타나는데 10분 정도 처리하면 이러한 무늬가 매우 크게 나타나고 그 이상의 처리시간을 투여하여도 더 이상의 차이는 없다(도 2).
- [0044] 9,000 rpm으로 1 분간 처리하면 스핀코팅 속도는 더 높아져서 폴리우레탄 레진을 충분히 얇게 코팅할 수 있을 것으로 예상될 수 있으나, 1분간 코팅한 경우는 5000 rpm 으로 2분간 코팅한 샘플이나 6000 rpm으로 2분간 코팅한 샘플과 큰 차이가 없음을 확인할 수 있으며, 감광성수지막 제거 결과도 비슷하다(도 3).
- [0045] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 폴리우레탄 레진은 점도가 80~200 cps인 것이 바람직하다. 폴리우레탄 레진의 점도가 80cps보다 작으면 절연층으로 사용하기 적절한 균일한 폴리우레탄 패턴 제작이 어렵고, 200cps를 초과하면 균일한 막을 형성하기 위해 공정이 복잡해지는 단점이 있다. 보다 상세하게는, 200cps를 초과하게 되면 본 발명의 일실시예에 따른 스핀코팅 등과 같은 단일 공정만으로 도포가 가능하지 않을 수 있어 바람직하지 않다.
- [0046] 본 발명의 일실시예에서는 폴리우레탄 레진으로서 NOA 73을 사용하는데 점도(viscosity)가 150cps로 보다 점도가 낮은 것을 사용하면 보다 소프트한 스핀 조건에서 스핀코팅하여도 같은 결과를 얻을 수도 있다.
- [0047] 상기 서술된 같이 폴리우레탄 레진이 적절히 도포된 기판은 자외선 처리를 하면 폴리우레탄 레진이 폴리우레탄으로 변환되는데(도 1의 다), 이 때 폴리우레탄은 실제 코팅했을 때 보다 그 두께가 얇아지게 된다.
- [0048] 이 때, 상기 자외선 처리는 254 nm 정도의 파장을 갖는 자외선을 5~10분 동안 조사하는 것이 폴리우레탄 레진이 폴리우레탄으로 변환되는데 적정하다.
- [0049] 폴리우레탄 레진으로서 자외선 경화가 아닌 열경화성 폴리우레탄 레진을 사용할 수도 있는데, 열경화성의 경우, 상기 감광성 수지막을 녹이지 않는 온도 범위에서 경화될 수 있으면서 상기 범위의 점도를 갖는 것이면 무엇이

든 사용이 가능하다.

- [0050] 도 4에서 원자력 현미경 사진(AFM 이미지)으로 보듯이 패턴 끝은 감광성 수지막의 두께와 차이가 없으나, 가운데 쪽으로 갈수록 두께가 얇아지는 것을 관찰 할 수 있다(패턴 가장자리에서 20 μm 정도 들어왔을 때 이미 두께는 대략 500 nm로 얇아져 있음). 하지만 폴리우레탄 패턴의 RMS(root mean square, 제곱평균제곱근)는 0.338 nm로 매우 균일한 박막이 만들어 졌음을 확인 할 수 있었으며, 4 μm 크기의 음극 패턴(전극 v패턴)도 성공적으로 제작할 수 있었다. 게다가 감광성 수지막으로서 AZ thinner(AZ electronic materials 제조)를 사용하여 감광성 수지막의 두께를 300nm로 줄였을 때도 폴리우레탄 패턴의 제작이 가능하다.
- [0051] 도 5의 (가)는 기판에 형성된 감광성 수지막 패턴의 광학현미경 사진, (나)는 폴리우레탄 레진으로서 NOA 73을 도포한 후의 광학현미경 사진, (다)는 UV를 조사한 후 감광성 수지막 제거(리프트오프) 후의 광학현미경 사진의 모습이다. 그러나, 도 2의 다와 같은 깔끔한 폴리우레탄 패턴을 제작하기 위해서는 몇 가지 중요한 공정이 필요하다. 폴리우레탄과 SiO_2 (기판) 간의 접착력은 폴리우레탄 간의 힘보다 작기 때문에 폴리우레탄 패턴이 감광성 수지막까지 연결되면 폴리우레탄 필름 전체가 들려지기 쉽기 때문이다.
- [0052] 따라서 폴리우레탄 레진을 적절한 속도로 스핀코팅하고, 이러한 조건을 일정 시간 이상 유지하는 공정이 필수적인 하나, 그렇게 하더라도 감광성 수지막을 제거하게 되면 도 6의 상단에 도시한 그림과 같이 폴리우레탄 필름에 패턴이 깨끗하게 형성되지 않고 심지어 폴리우레탄 패턴이 없어지기도 한다.
- [0053] 따라서 열처리를 통해 기판과 폴리우레탄 사이의 접착을 좋게 할 필요가 있으며, 초음파 처리를 통해 폴리우레탄 및 감광성 수지 패턴층을 깔끔하게 제거하여 바람직한 폴리우레탄 패턴을 형성할 수 있다(도 6의 하단에 도시).
- [0054] 이 때, 상기 폴리우레탄의 열처리는 100~150℃에서 1~5분동안 수행되는 것이 바람직하다. 열처리 온도가 150℃를 초과하는 경우 감광성 수지막이 검게 변색될 수 있으며, 변색된 감광성 수지막이 폴리우레탄의 열화를 초래할 수 있다. 열처리 온도가 100℃ 미만인 경우는 폴리우레탄과 기판 사이의 접착력이 개선되지 않아 바람직하지 않다.
- [0055] 또한, 상기 초음파 처리는 100~300W 로 1~5분간 수행하는 것이 바람직하다. 초음파가 100W 미만으로 너무 약하면 감광성 수지막 상의 폴리우레탄과 기판에 흡착되어 있는 폴리우레탄을 끊을 수 없기 때문이며, 300W를 초과하는 경우에는 기판에 흡착되어있는 폴리우레탄에 손상을 주거나 기판으로부터 탈착이 일어날 수 있기 때문이다.
- [0056] 본 발명에서 사용되는 AZ5214와 같은 감광성 수지를 통상적으로 제공되는 용법에 따라 사용할 경우, 대체로 1.4 μm 범위의 두께로 제조할 수 있고, AZ thinner를 이용하는 경우에는 300nm까지 감광성 수지막 및 폴리우레탄 패턴의 두께를 줄일 수 있다. 이때 다른 종류의 감광성 수지막을 사용하면 보다 두꺼운 폴리우레탄 패턴을 제조할 수 있다. 두께가 두꺼울수록 게이트 유전체(gate dielectric)로는 적합하지는 못하지만, 이와 반대로 게이팅(gating) 효과를 차단하는 목적으로는 유리할 수 있으며, 이를 통해 누설전류가 없는 폴리우레탄 패턴 제작이 가능하다.
- [0057]
- [0058] 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 다만, 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는다 할 것이다.
- [0059] **실시예 1: 기판에 감광성 수지막 패턴 형성**
- [0060] 감광성 수지막으로서 AZ5214(기린시약기기상사(서울)로부터 구매)를 도 1의 (가)와 같이 SiO_2 웨이퍼 기판 위에 적절한 스핀 속도로 도포한 후 스핀코터(Impec ISC-2003S, Impec사) 상에 웨이퍼 조각 기판을 올린 후, 스핀 속도는 분당 500 회전 속도로 5초간 돌려준 상태에서, 바로 분당 3500 회전 속도로 35초간 돌려주었다. 그 후 100℃로 맞추어진 핫플레이트 위에 상기 AZ5214(기린시약기기상사(서울)로부터 구매)가 도포된 기판을 올린 후 AZ5214를 건조시키고, 포토 마스크를 올려 놓고 UV ($\lambda=350\text{ nm}$, intensity: 10)를 9초간 조사하여 감광성 수지막 패턴을 형성하였다.

[0061] **실시예 2: 폴리우레탄 레진 도포**

[0062] 상기 실시예 1로부터 형성된 감광성 수지막 패턴이 형성된 기판 위에 폴리우레탄 레진으로서 NOA 73(Norland Products Inc.)을 도포한 후, 스핀코터(Impec ISC-2003S, Impec사)를 이용하여 적절한 스핀 속도 범위로 균일하게 NOA 73이 도포되도록 하였다.

[0063] 감광성 수지막인 AZ5214의 경우(두께 1.4 μ m), 8000 rpm으로 2 분간 스핀코팅한 기판의 감광성 수지막 패턴에 물결무늬와 같은 모아레(Moire) 무늬가 나타나는데 10분 정도 처리하면 이러한 무늬가 매우 크게 나타나고 그 이상의 처리시간을 투여하여도 더 이상의 차이는 없었다(도 2). 9000 rpm으로 1 분간 처리하면 스핀코팅 속도는 더 높아져서 폴리우레탄 레진을 충분히 얇게 코팅할 수 있을 것으로 예상될 수 있으나, 1분간 코팅한 경우는 5000 rpm 으로 2분간 코팅한 샘플이나 6000 rpm으로 2분 간 코팅한 샘플과 큰 차이가 없음을 확인할 수 있으며, 감광성수지막 제거 결과도 비슷하였다(도 3).

[0064] **실시예 3: UV 경화, 열처리 및 초음파 처리**

[0065] 상기 실시예 2의 NOA 73이 도포된 기판에 UV(254 nm, 5~10분) 조사하여 NOA 73을 폴리우레탄으로 변환시켰다. 그리고 나서 130℃에서 2분 정도 열처리를 하여 기판과 폴리우레탄 사이의 접착을 견고하게 하였다. 이후, 기판을 초음파 처리기에서 하드(hard) 모드로 3분 정도 처리하고 감광성 수지막을 제거(리프트오프)하여 패턴을 형성하였다. 이와 같은 방법으로 기판에 형성된 폴리우레탄 패턴은 300 nm 내지 1.4 μ m 범위의 두께를 가졌다. 도 6의 하단에 이러한 처리 과정을 거쳐 폴리우레탄 패턴이 형성된 기판이 도시되어 있다.

[0066] **실시예 4: 음각 폴리우레탄 패턴의 형성**

[0067] 도 7에는 본 발명에 따른 방법에 의해 폴리우레탄 패턴을 양각뿐만 아니라 음각 형태의 패턴으로도 제작 가능함을 보여주고 있다. 우선, 기판 상에 금(Au)패턴을 형성시킨 다음, 그 위에 감광성 수지막 패턴을 (음각의 폴리우레탄 패턴이 형성될 수 있도록) 섬(island)형태의 사각형 모양으로 형성시켰다. 그런 다음 NOA73을 처리하고 8,000rpm에서 10분간 스핀코팅하였다. 이를 UV(254 nm, 5~10분) 조사하여 NOA 73을 폴리우레탄(PU)으로 변환시켰다. 그리고 나서 130℃에서 2분 정도 열처리를 하여 기판(SiO₂)과 폴리우레탄(PU) 사이의 접착을 견고하게 하였다. 이후, 기판을 초음파 처리기에서 하드(hard) 모드로 3분 정도 처리하고 감광성 수지막을 제거(리프트오프)하여 금(Au) 전극과 SiO₂ 기판의 일부가 드러날 수 있는 음각의 폴리우레탄 패턴을 제조하였다. 도 7에는 이러한 음각 형태의 패턴제작에 있어서 100nm 두께의 금 패턴(Au 100 nm/Ti 1nm) 상에 흠여짐 없이 깨끗하게 형성된 폴리우레탄 패턴이 생성되었음을 보여준다.

[0068] **실시예 5: 폴리우레탄 패턴 형성 기판의 누설전류 측정**

[0069] 금속 기판 상에 폴리우레탄 패턴을 형성하고 이 폴리우레탄 상에 보다 작은 금속 패턴을 제작하여 폴리우레탄이 유전체층으로 사용될 수 있음을 확인하기 위하여 누설전류를 측정하였다. 기판(thermally grown SiO₂/Si, polished 기판) 상에 메탈 필름을 깔고, 통상적인 포토리소그래피 공정에 따라 감광성 수지막을 현상(developing)하고, NOA 73을 도포한 다음, 폴리우레탄 패턴을 제작하였다. 그리고 폴리우레탄 패턴 상에 폴리우레탄 패턴보다 작은 패턴을 섬(island) 형태로 제작 후 메탈을 증착하고 리프트 공정을 거치면 폴리우레탄 상에 섬(island) 형태의 금속 패턴이 만들어지는데 이를 하나의 전극으로, 바닥의 기판이 또 다른 전극으로 역할을 하고, 폴리우레탄은 두 전극 사이를 절연시키는 유전체 층으로 기능하도록 하여 I-V 측정을 통해 누설 전류(leakage current)를 측정하였다.

[0070] 도 8에는 누설전류를 측정한 전기 측정 데이터가 도시되어 있다. 도 8로부터 확인할 수 있는 바와 같이 측정결과 2~100 V 범위에서 결과의 차이 없이 충분히 유전체층(여기서는 절연층)로 작용할 수 있음을 알 수 있다. 도 8의 X축은 Vds로 드레인-소스 (기판:소스, 폴리우레탄 상의 전극:드레인) 사이에 인가되는 전압 차이를 나타내는 것이고, Y축의 current는 상기의 전압차(Vds) 차이를 걸어 주었을 때 흐르는 전하의 량, 즉 드레인과 소스 사이의 전류를 의미한다. 폴리우레탄은 유전체 층(dielectric)으로 쓰는 것이 목적이므로, 폴리우레탄에 전압을 걸었을 때 전압범위에 따라 어느 정도 누설전류(leakage current)가 발생하는지를 나타내고 있으며, 도8의 그래프는 누설전류가 전혀 없음을 나타내고 있다.

[0071] 실시예 6: 폴리우레탄 패턴 상에 전극 형성

[0072] 폴리우레탄 패턴 끝이 비스듬히 올라가기 때문에 폴리우레탄 패턴을 걸쳐서 전극을 형성해도 끊어지지 않고 연결될 수 있다는 가능성을 확인하기 위하여 도 9의 좌측 사진과 같이 금속 기판 상에 폴리우레탄 패턴을 제작하였고, 그 위에 Au 전극 패턴을 제작하고, 전기 측정 장치의 프로브(probe)를 각각 폴리우레탄 상의 Au와 금속 기판 상에 찍은 후 전기 특성을 측정하였으며, 도 9의 우측 그래프와 같이 전극이 끊어짐 없이 잘 연결되어 있음을 확인할 수 있었다.

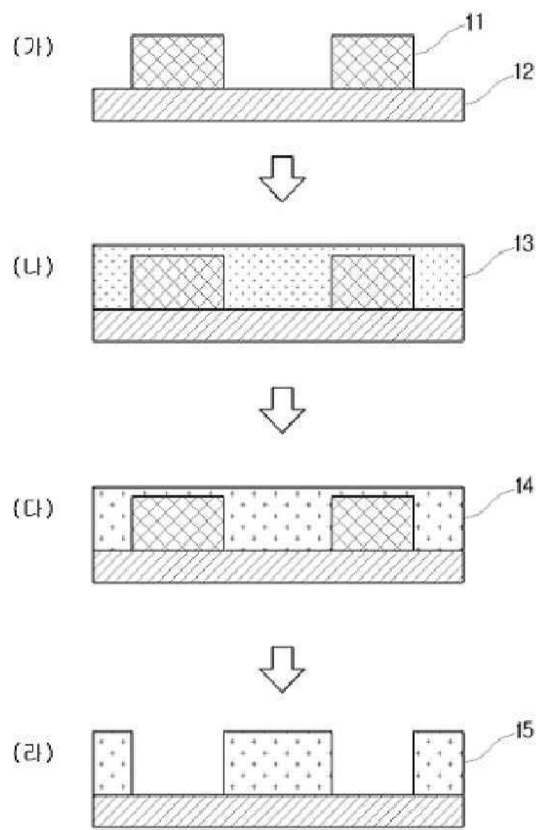
[0073] 이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는 바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시 양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

부호의 설명

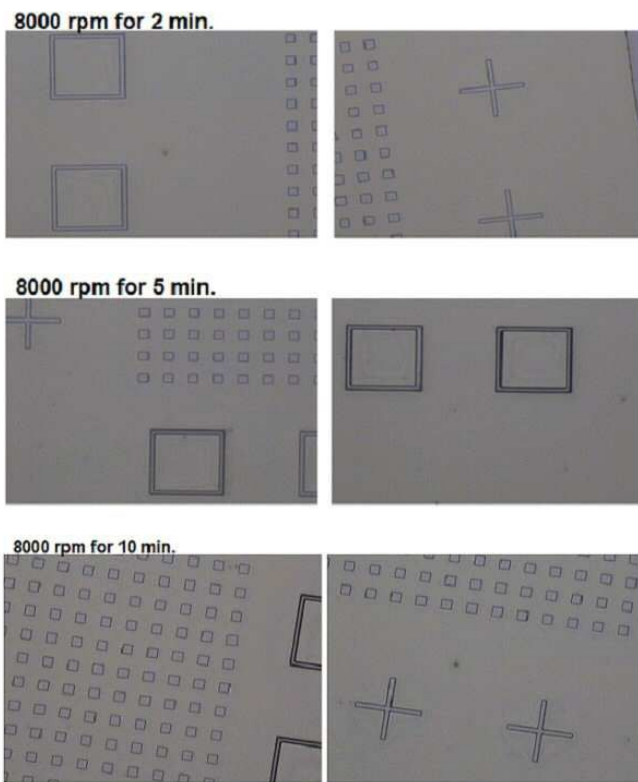
- [0074]
- 11: 감광성 수지막
 - 12: 기판
 - 13: 폴리우레탄 레진
 - 14: 경화된 폴리우레탄
 - 15: 폴리우레탄 패턴

도면

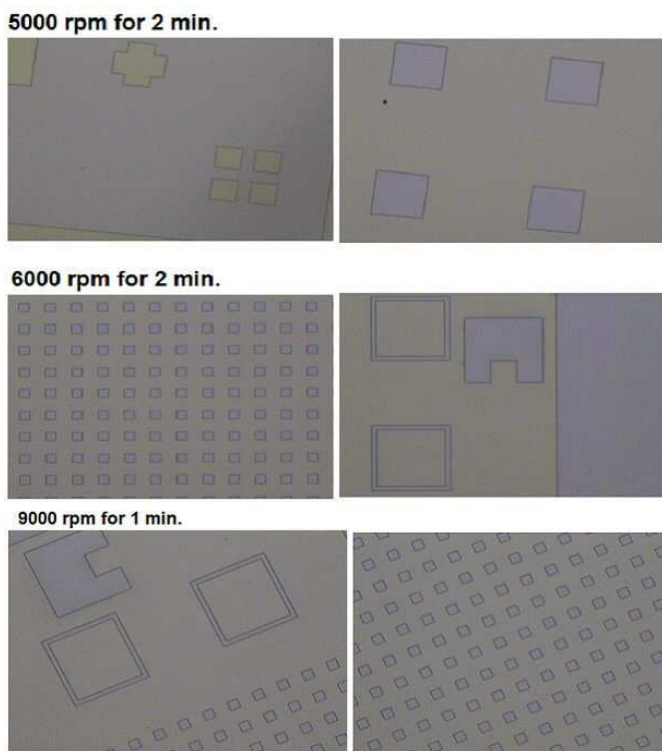
도면1



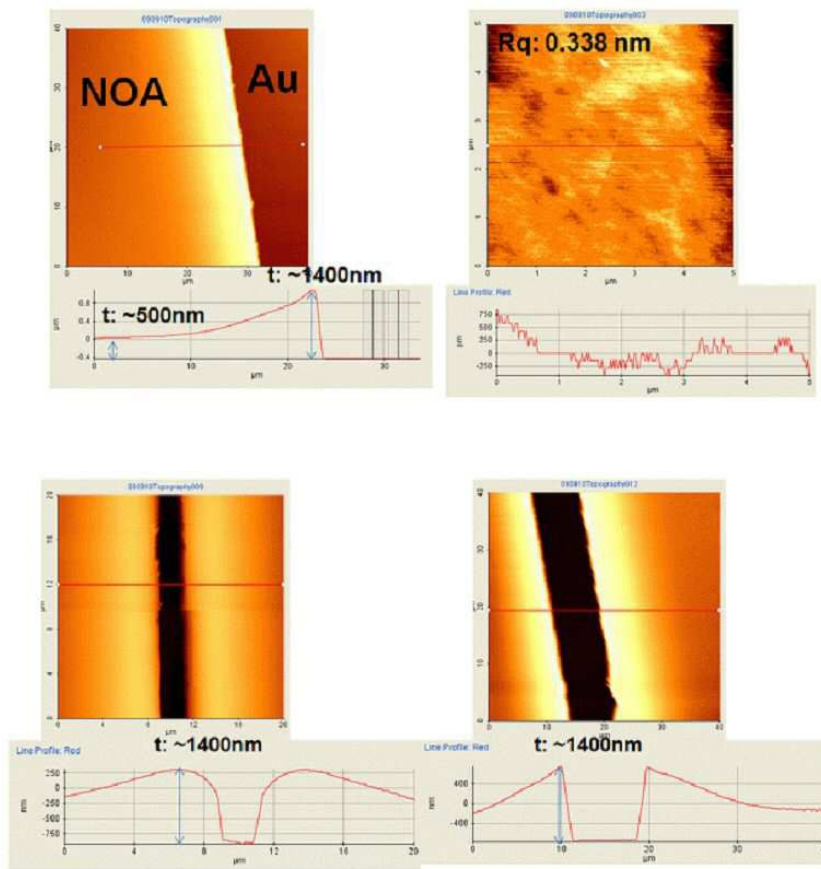
도면2



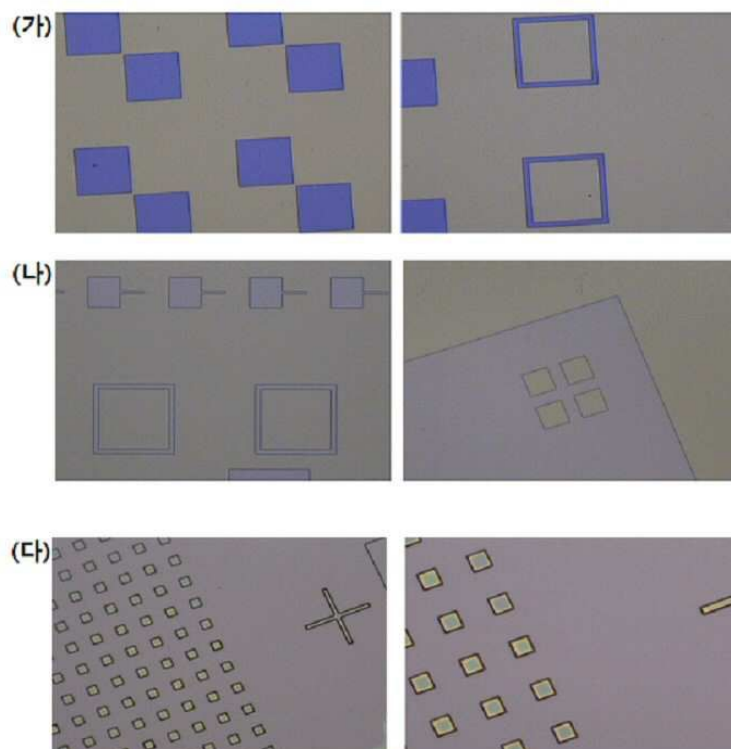
도면3



도면4

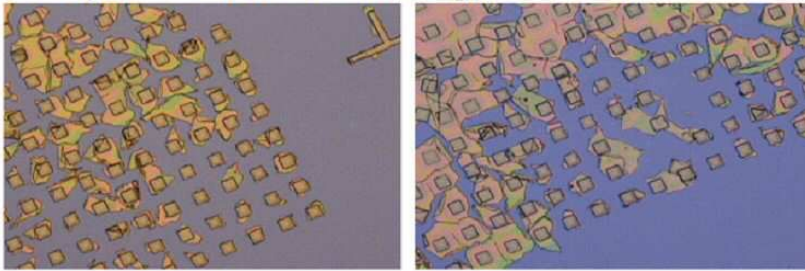


도면5

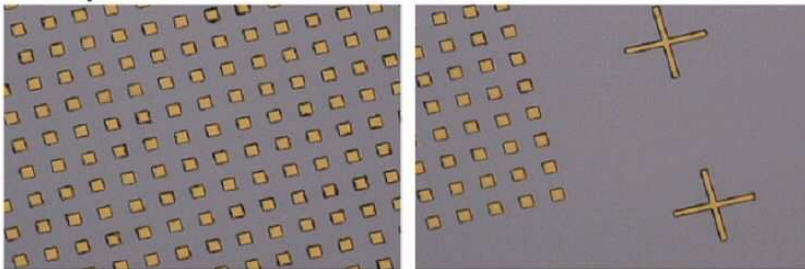


도면6

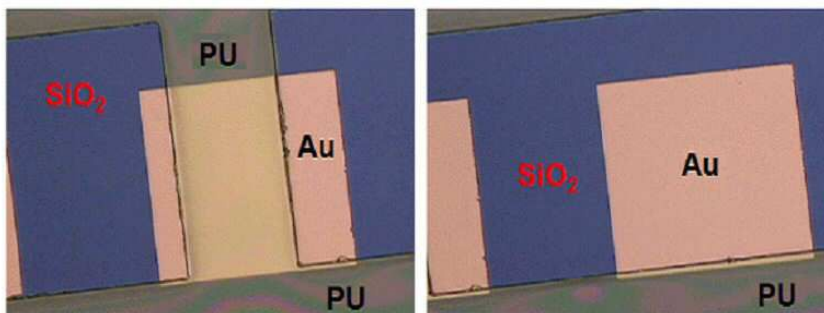
8000 rpm for 10 min.: no annealing, no ultrasonic



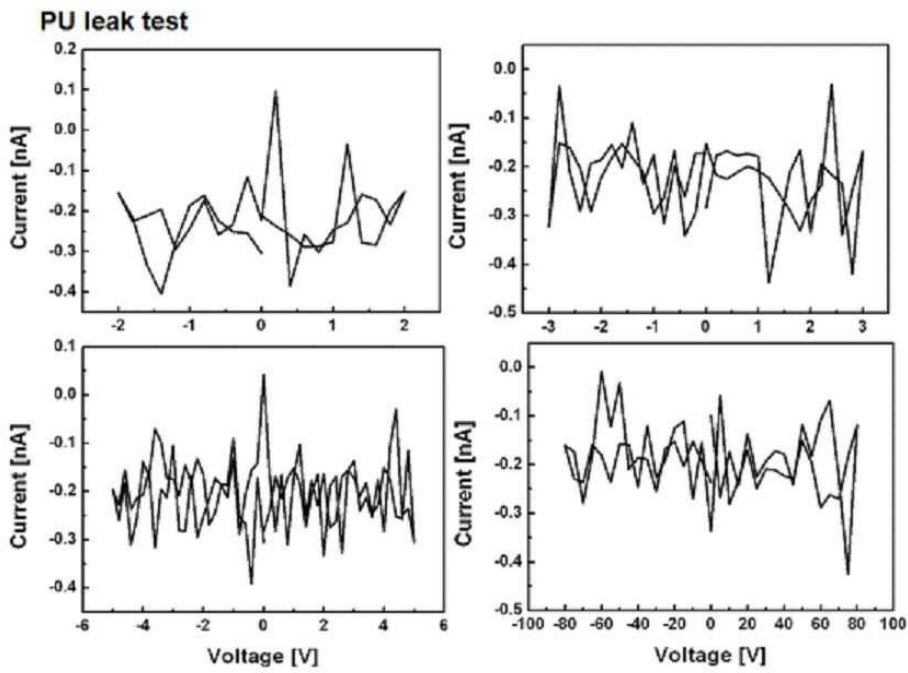
8000 rpm for 10 min.: 130 °C 2 min. Ultrasonic hard for 3 min.



도면7



도면8



도면9

