(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
G03F 7/26

(11) 공개번호 10-2005-0072877
(43) 공개일자 2005년07월12일

(21) 출원번호 10-2004-0000837
(22) 출원일자 2004년01월07일

(71) 출원인 엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의도동 20번지

(72) 발명자 이종무
서울특별시영등포구신길2동우성아파트401동507호
김현하
경기도용인시수지읍동천리풍림아파트202동202호
박주도
경기도안양시동안구관양1동1439-8번지성실빌라가동201호

(74) 대리인 이수웅

심사청구 : 있음

(54) 나노 임프린트 리소그래피의 2-스텝 실리콘 옥사이드 에칭공정

요약

본 발명은 나노 임프린트 리소그래피에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 나노 임프린트 리소그래피에서의 SiO_2 에칭 공정을 2-스텝 에칭공정으로 하여 나노 스케일의 패턴을 형성하는 공정에 관한 것이다.

본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그래피의 2-스텝 실리콘 옥사이드 에칭 공정은, 나노 임프린트 리소그래피 제조 공정에 있어서, CF_4 에칭 가스로 SiO_2을 에칭하여 측면 프로파일(Side Wall Profile)이 수직한 미세패턴을 얻는 1-스텝 에칭 단계, 및 CHF_3 에칭 가스로 SiO_2을 에칭하여 식각 제어(Etching Stop)가 가능한 2-스텝 에칭 단계를 포함하는 것을 특징으로 하여 이루어진다.

대표도

도 2

색인어

리소그래피, 실리콘 옥사이드, 실리콘 나이트라이드, 프로파일, 에칭

명세서

도면의 간단한 설명

도 1a는 리소그래피의 마이크로 패턴 스케일에서 CHF_3 가스를 사용할 때의 측면 프로파일을 도시한 것이다.

도 1b는 리소그래피의 마이크로 패턴 스케일에서 CF_4 가스를 사용할 때의 측면 프로파일을 도시한 것이다.

도 1c는 리소그래피의 마이크로 패턴 스케일에서 CF_4 가스를 사용할 때의 측면 프로파일을 도시한 것이다.

도 2는 본 발명에 따른 나노 임프린트 제조 공정을 설명하기 위해 도시한 것이다.

도 3a는 본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그라피에서의 CF_4 가스만을 에칭 가스로 하여 SiO_2 에칭 공정을 수행한 것을 도시한 것이다.

도 3b는 본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그라피에서의 CHF_3 가스만을 에칭 가스로 하여 SiO_2 에칭 공정을 수행한 것을 도시한 것이다.

도 4는 본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그라피에서의 CF_4 및 CHF_3 가스를 에칭 가스로 하여 2-스텝 SiO_2 에칭 공정을 수행한 것을 도시한 것이다.

도 5a는 본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그라피에서의 2-스텝에서 CHF_3 가스를 에칭 가스로 하고 가스압력을 낮게 한 경우 플로우린계 유기물이 에칭된 부위에 쌓이지 않은 것을 보여 주기 위해 도시한 것이다.

도 5b는 본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그라피에서의 2-스텝에서 CHF_3 가스를 에칭 가스로 하고 가스압력을 높게 한 경우 플로우린계 유기물이 에칭된 부위에 쌓이는 것을 보여 주기 위해 도시한 것이다.

<도면의 주요한 부분에 대한 부호의 설명>

210 ; Si 220 ; 실리콘 옥사이드

230 ; 크롬 240 ; Photoresit

250 ; 실리콘 옥사이드 격자 260 ; 실리콘 나이트라이드

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 나노 임프린트 리소그래피에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 나노 임프린트 리소그래피에서의 SiO_2 에칭 공정을 2-스텝 에칭공정으로 하여 나노 스케일의 패턴을 형성하는 공정에 관한 것이다.

일반적으로, 지금까지 가장 널리 사용되고 있는 미세 구조 제작 기술 중의 하나는 광학 전사법(photolithography)으로, 프로젝트-프린팅 시스템을 사용하여 미리 설계된 회로를 반복적으로 줄여나가 포토레지스트(Photoresist) 박막이 입혀진 기판 위에 패턴을 형성시키는 방법이다.

여기서, 형성되는 패턴의 크기는 광학적 회절현상에 의해 제한을 받게 되며, 분해능은 사용 광선의 파장에 비례한다. 즉, 광선의 파장이 작을수록 고해상도의 패턴을 형성시킬 수 있다.

따라서, 고해상도의 패턴을 형성시키기 위해 최근에는 EUV(Extreme Ultra Violet)이나 소프트(Soft) X-ray 등의 단파장 광원을 이용하는 광학 전사법의 개발이 전세계적으로 대단히 활발히 연구되고 있다.

선 격자의 성능은 선과 선 중심간의 거리 즉, 주기와 입사하는 파의 파장에 따라 주로 결정된다. 격자 주기가 입사파의 파장에 비해 길게되면 격자는 회절 격자로써 역할을 하게되고, 편광에 무관하게 회절하여 이론적으로 잘 알려진 위상차에 의한 회절 간섭무늬를 형성시킨다.

반면에, 격자 주기가 파장에 비해 짧게되면 격자는 편광판으로 작용하여 전자기파가 격자에 평행하게 편광된 것(P파)은 반사시키고 수직 편광된 것(S파)은 통과시킨다.

긴 파장의 광원에 대하여 편광판으로 사용하고자 할 경우에는 격자 주기가 중요한 요소가 된다. 선 격자 편광판이 주로 원적외선 영역에서 사용되는데 이것은 짧은 파장의 빛을 편광시키고자 할 경우 격자 주기가 짧아져야 하기 때문이다.

즉, 블루(Blue)를 포함한 RGB 3원색을 높은 ER(Extinction Ratio) 특성을 보이면서 편광판으로 사용하기 위해서는 약 0.1㎛ 이하의 주기를 가지는 선 격자가 필요하게 된다. 그러나, 현재 최신의 반도체 공정의 선폭이 약 0.1㎛이고, 이 선과 선을 주기적으로 그리게 되면 선과 선사이의 공간 또한 약 0.1㎛ 이므로 격자 주기는 0.2㎛가 된다.

따라서, 상기와 같이 0.1㎛ 이하의 주기를 가지는 선 격자를 얻기 위해서는 단파장인 아르곤 레이저를 사용하여 간섭효과를 이용하거나, 이보다 미세한 패턴을 형성하기 위해서는 파장이 더 짧은 DUV(Deep Ultraviolet)나 EUV(Extreme Ultraviolet)파장을 사용하는 스텝퍼(Stepper)나 파장이 보다 더 짧은 레이저를 이용하여야 한다.

상기와 같이 전자빔을 이용한 리소그래피나 원자빔을 이용한 간섭계 등을 이용하여 미세 패턴 제작이 연구되고 있으나, 크기에 제한이 있으며 복잡하고 고가의 장비를 필요로 하므로 상업적 접근이 어려운 제한이 있다.

이러한 문제점을 극복하고, 저가의 제조 공정을 실현하기 위하여 프린스턴 대학교에서는 레이저 간섭 리소그래피와 측벽 패터닝(Side-wall pattering) 기법을 이용하여 나노 임프린트 리소그래피(Nanoimprint Lithography)용 100 nm 주기 격자(Grating) 몰드의 제작을 보고한 바 있다.

나노 임프린트 리소그래피 종류에는 소프트 임프린트 리소그래피(Soft Imprint Lithography), 써멀 임프린트 리소그래피(Thermal Imprint Lithography), 자외선 임프린트 리소그래피(UV Imprint Lithography) 등이 있다. 나노 임프린트 리소그래피는 나노 일렉트로닉스(Nano-electronics), 플라스틱 일렉트로닉스 (Plastic Electronics), 몰레큘러 일렉트로닉스(Molecular Electronics) 등의 다양한 분야에 응용이 가능하다.

여기서, 써멀 임프린트 리소그래피는 자외선 임프린트 리소그래피에 사용되는 석영 템플레이트(Quartz Template)에 비하여 용이하면서 생산 비용이 저렴하다는 장점이 있다.

하지만, 써멀 임프린트 리소그래피는 니켈(Ni) 또는 규소(Si) 몰드를 이용하여 임프린팅 후 디몰딩(de-molding) 공정시 몰드 표면에 폴리머 잔류물이 남는 점과 임프린팅 공정 실행시 열을 가하기 때문에 몰드의 변형이 쉽게 일어난다는 문제점이 있다.

일반적으로 SiO_2 에칭에 사용하는 공정가스는 CF_4, C_2F_6, C_3F_8, CHF_3 등의 다양한 가스를 O_2가스와 알맞은 혼합비로 섞어서 쓴다. O_2 가스를 함께 쓰는 이유는 SiO_2가 식각이 되면서 F을 포함하는 플루오르(Fluorine)계 유기물이 형성되는데, 이 유기물과 O_2 플라즈마가 반응하여 식각 후의 잔류물(residue)를 제거해 주기 때문이다. 이때 혼합 비율은 어떤 장비를 사용하는가에 따라 다르며, 이런 장비에는 RIE, TCP 및 ICP등 고밀도 플라즈마 에처 장비들이 있다.

장비는 에칭 속도(etching rate), 패턴 크기(pattern scale), 또는 에칭 깊이(etching depth)에 따라 선택된다. 에칭 속도는 C원자/F원자 비가 감소할록 즉, F원자가 C원자에 비해서 증가할수록 빨라진다. 또한, CF_4의 경우 SiO_2가 등방성 식각이 되며, CHF_3 사용하면 이방성 식각이 되어 측면의 수직 프로파일(verticlal profile)을 얻을 수 있다.

도 1a는 리소그래피의 마이크로 패턴 스케일에서 CHF_3를 사용할 때의 측면 프로파일(side wall profile)를 도시한 것이며, 도 1b 및 도 1c는 리소그래피의 마이크로 패턴 스케일에서 CF_4를 사용할 때의 측면 프로파일(side wall profile)를 도시한 것이다.

도 1에 도시된 에칭 프로파일은 ICP-에처(Etcher)에서 식각 시간(etching time)을 같다가 가정 했을 때의 측면 프로파일을 도시한 것이다.

도 1a 내지 1c에 도시된 바와 같이, CF_4 가스를 사용하면 SiO_2가 등방성 식각이 되기 때문에 측면이 사다리꼭 모양으로 기울어지거나(도 1b), 또는 식각되는 측면과 웨이퍼가 만나는 모서리(Edge)가 측면보다 더 식각이 잘 되어서 둥근 항아리 모양의 측면 프로파일(도 1c)이 나타난다. 이런 이유때문에 CF_4 가스를 사용할 경우 기판 바이아스를 RF 전력이 함께 가해줌으로써 원하는 도 1a와 같은 수직 프로파일을 식각 후에 얻을 수 있게된다.

그러나, 패턴 스케일이 마이크로(mm) 크기에서 나노마이크로(1nm 이하) 크기로 작아지면 사용 가스에 따른 패턴 형상이 완전히 다르게 나타난다. 특히 100nm 주기의 미세 패턴을 형성하는 공정의 경우 레이저 간섭 포토 공정으로는 측면이 수직한 PR(Photoresist) 패턴 형성이 불가능하다는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은, 나노 스케일 패턴에서, 측면 수직 프로파일을 얻으면서 동시에 SiO_2 식각 제어(etching stop)를 위해서 2-스텝 SiO_2 에칭 공정을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기와 같은 목적을 달성하기 위한, 본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그래피의 2-스텝 실리콘 옥사이드 에칭 공정은, 나노 임프린트 리소그래피 제조 공정에 있어서, CF_4 에칭 가스로 SiO_2을 에칭하여 측면 프로파일(Side Wall Profile)이 수직한 미세패턴을 얻는 1-스텝 에칭 단계, 및 CHF_3 에칭 가스로 SiO_2을 에칭하여 식각 제어(Etching Stop)가 가능한 2-스텝 에칭 단계를 포함하는 것을 특징으로 하여 이루어진다.

이하, 본 발명에 따른 나노 임프린트 제조 공정을 도 2를 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

도시된 바와 같이, Si 웨이퍼(210) 위에 실리콘 옥사이드(SiO_2, 220)를 증착하고, 상기 SiO_2(220) 위에 크롬(230)을 증착한다. 상기 크롬(230) 위에 PR(Photoresist, 240)을 증착한 후에 레이저 간섭 또는 E-Beam 등을 이용하여 패터닝(Patterning)을 한다(A).

상기 PR(240) 패터닝의 레지듀(residue)를 제거한 후 적절한 양의 염소(Cl_2) 와 산소(O_2)의 혼합가스로 크롬(230)을 에칭한다(B).

상기 크롬(230)을 에칭한 후 CH_4 가스와 CHF_3 가스로 2-스텝 식각을 SiO_2(220)까지 상기 PR(240)과 같은 선폭으로 에칭한다(C).

크롬 식각 용액(etchant)으로 크롬(230)을 제거하여 SiO_2까지 에칭한 패턴 샘플을 적절한 표면 처리제로 클리닝을 하여 격자 패턴(250)을 형성한다(D). 여기서, SiO_2 격자의 주기는 200nm 정도이며 선폭은 50nm 정도가 된다. 또한, 밑부분에 SiO_2가 남아 있을 경우에 실리콘 나이트라이드(Si_3N_4)을 에칭하고 난후에 SiO_2를 습식 에칭(Wet-etching)할때 Si_3N_4이 모두 떨어져 나가버리는 현상이 발생하므로, SiO_2를 에칭할 때 바닥 밑부분에 남아 있지 않도록 하여야 한다. 이어서, 격자 패턴이 형성된 SiO_2(250)막 위에 Si_3N_4(260)을 증착한다(D).

여기서, Si_3N_4(260)을 증착할 때 성장온도에 따라 HF 나 완충 HF에서 식각되는 속도가 다르게 나타나며, 800℃에서 성장된 경우는 고농도 HF (49% HF) 에서 약 100nm/min의 빠른식각을 보이고, 1100℃에서 성장되면 14nm/min의 느린 식각 속도를 보인다. 300℃에서 Si_3N_4을 증착시 BOE (Buffered Oxide Etch) 용액 처리를 하면 10nm/min 으로 아주 느린 식각 속도를 알 수 있다.

상기 D단계 후에 SiO_2(250) 격자 막의 윗부분이 나타날 때까지 Si_3N_4 (260)를 식각한다(E).

상기 Si_3N_4(260)의 식각이 끝나면 습식 에칭(BOE 용액 처리)을 하여 SiO_2(250)를 제거하면, 100nm 주기의 50nm 선폭의 Si_3N_4의 격자가 형성된다(F).

상기와 같이 형성된 Si_3N_4(260) 격자를 마스크로 이용하여 Si(210)을 식각하여 최종 만들려는 100nm주기의 Si 템플레이트(270)를 제작하게 된다(G). 물론, 식각 후에는 고농도 HF 또는 인산을 사용하여 마스크로 사용된 Si_3N_4 제거하면 된다(H).

상기와 같은 종래의 나노 임프림트 라소그래피의 패턴 형성 공정과 본 발명에 따른 나노 임프림트 라소그래피의 패턴 형성 공정과 차이나는 공정을 중심으로 더욱 상세하게 설명하면 다음과 같다.

상기 A 단계에서 SiO_2 에칭 공정을 실행하기 위해서는 크롬을 마스크로 사용 하는 것이 바람직하다.

여기서, PR을 마스크로 사용하면 SiO_2 식각 속도(etching rate)가 너무 빨라서 PR도 함께 식각되어 원하는 패턴 형성이 불가능하다. 뿐만 아니라 100nm 주기의 PR 미세 패턴 형성은 어떠한 포토 공정으로도 측면의 프로파일(side wall profile)을 수직하게 만들기가 거의 불가능하다. 일반적으로 PR의 측면 프로파일은 PR 두께와 상관없이 최대 85도까지 세울 수 있기 때문에 이 PR 패턴을 마스크로 사용하여 100nm 주기의 거의 수직한 크롬 패턴을 만든다.

그 다음 100nm 주기의 크롬 패턴을 마스크로 사용하면 식각되는 SiO_2의 측면 프로파일이 크롬의 측면 프로파일과 똑같이 형성되기 때문에 원하는 100nm 주기의 수직한 SiO_2 미세 패턴을 만들 수 있게 된다.

또한, 상기 B단계 이후에는, CF_4와 CHF_3 가스를 에칭 가스로 차례로 공급하여 2-스텝 SiO_2 에칭 공정을 수행하며, 이하 도 3 내지 도 4를 참조하여 설명하면 다음과 같다.

먼저, 도 3a에 도시된 바와 같이, CF_4 가스만를 사용하여 SiO_2(310)를 에칭하면, 에칭 속도가 상대적으로 빨라서 폭(width)은 감소하며, 식각 깊이(etching depth)는 증가한다. 뿐만 아니라, CF_4 가스는 SiO_2(310) 외에 Si(320)도 식각할 수 있기 때문에 SiO_2(310)의 식각 깊이(etching depth)를 조절하기가 어렵게 되어 Si(320) 까지 식각하게 될 가능성이 높다. 또한, 도 3b에 도시된 바와 같이, CHF_3 가스만을 SiO_2(310)를 에칭하면, 측면 프로파일이 수직한 미세 패턴을 얻을 수 없고 사다리꼴 형태의 측면 프로파일을 얻게 된다.

도 4는 본 발명에 따른 나노 임프린트 리소그래피에서의 CF_4 및 CHF_3 가스를 에칭 가스로 하여 2-스텝 SiO_2 에칭 공정을 수행한 것을 도시한 것이다.

먼저, CF_4 가스를 사용하여 SiO_2(310)를 에칭하는 1-스텝 에칭 단계에 의해, CHF_3 가스를 사용할 때와 비교하여 SiO_2(310)의 에칭 속도가 상대적으로 빨라서 폭(width)은 감소하며, 식각 깊이(etching depth)는 증가한다. 따라서, CF_4 가스를 사용할 경우 측면 프로파일이 수직한 미세 패턴을 얻을 수 있게 된다. 여기서, CF_4 가스를 사용하여 1-스텝 에칭를 하여 측면 프로파일이 수직한 미세 패턴을 형성하되, Si(320)층이 식각되지 않을 정도 만큼을 에칭한다.

이어서, CHF_3 가스를 사용하여 SiO_2(310) 에칭을 하면 측면 프로파일을 수직하게 만들 수는 없으나 SiO_2(310) 층만 식각할 수 있는 식각 제어(etching stop)가 가능하게 된다.

또한, 상기 2-스텝 단계에서 SiO_2의 식각 제어(etching stop)를 위해서는 낮은 압력에서 O_2 가스를 사용하지 않고 오직 CHF_3 가스만을 사용하는 것이 바람직하다.

일반적으로 SiO_2를 식각할 경우 SiO_2가 에칭되면서 F계의 유기물이 형성되는데, 이를 제거하기 위해서는 O_2가스를 함께 사용한다. 그러나 SiO_2 식각 깊이가 대략 200nm일 경우는 너무 얇아서 플로오린계의 유기물이 거의 형성되지 않고, 이런 잔류물이 형성된다고 해도 수 nm의 유기물은 에칭된 부위에서는 Si이 식각되지 않게 마스크 역할을 하게 되어 SiO_2의 식각 제어(etching stop)가 가능하도록 도와주게 되므로 O_2 가스를 사용하지 않아도 된다.

또한, CHF_3 가스만을 사용하여 SiO_2를 에칭할 때 낮은 압력에서 에칭을 하는 것이 바람직하다. 도 4a는 압력이 낮은 경우 플루오르계 유기물이 에칭된 부위에 쌓이지 않은 것을 보며주며, 반대로 도 4b는 압력이 높은 경우 플루오르계 유기물이 에칭된 부위에 쌓인 것을 보여주고 있다.

또한, 2 step SiO_2 에칭 공정을 100 nm 주기의 Quartz 몰드(mold, or template) 제조에도 적용할 수 있다.

일반적으로 SiO_2는 비정질(amorphous)인데 비하여, 석영(quartz)은 단결정(single crystal) SiO_2이다. 따라서 석영은는 비정질 SiO_2에 비해서 밀도가 높으며, 훨씬 강도(hardness)가 좋다는 장점이 있다. 그러나 에칭 현상은 SiO_2 에칭과는 식각 속도(etching rate)의 차이 외에는 거의 같기 때문에 크롬을 마스크로 하여 CF_4와 CHF_3의 가스를 순차적으로 사용하여 2 step SiO_2 에칭 공정이 그대로 적용하는 것이 가능하다.

즉, 2-스텝 SiO_2 에칭 공정은 Hot Embossing imprint lithography(써멀 임프린트 리소그래피 : 높은 온도와 압력을 가하여 임프린트 리소그래피 공정을 수행함)뿐만 아니라 투명한 몰드를 요구하는 자외선 임프린트 리소그래피에서도 적용이 가능하다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 나노 스케일 패턴에서, 측면 수직 프로파일을 얻으면서 동시에 SiO_2 식각 제어(etching stop)를 할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 따른 2-스텝 SiO_2 에칭 공정은 자외선 임프린트 리소그래피 공정에 사용하는 트랜스패런트 석영 템플레이트(Transparent Quartz Template) 제작에도 적용이 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

나노 임프린트 리소그래피 제조 공정에 있어서,

CF_4 에칭 가스로 SiO_2을 에칭하여 측면 프로파일(Side Wall Profile)이 수직한 미세패턴을 얻는 1-스텝 에칭 단계, 및

CHF_3 에칭 가스로 SiO_2을 에칭하여 식각 제어(Etching Stop)가 가능한 2-스텝 에칭 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린트 리소그래피의 2-스텝 실리콘 옥사이드 에칭 공정.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 SiO_2을 에칭하는 공정은 크롬을 마스크로 사용하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린트 리소그래피의 2-스텝 실리콘 옥사이드 에칭 공정.

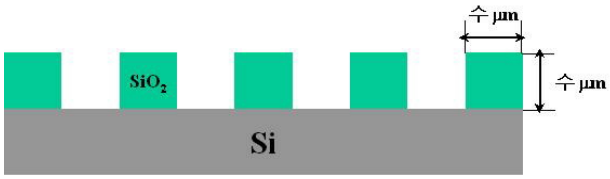
청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 2-스텝 에칭 단계에서 SiO_2의 식각 제어를 위해서 낮은 압력에서 CHF_3 가스만을 사용하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린트 리소그래피의 2-스텝 실리콘 옥사이드 에칭 공정.

도면

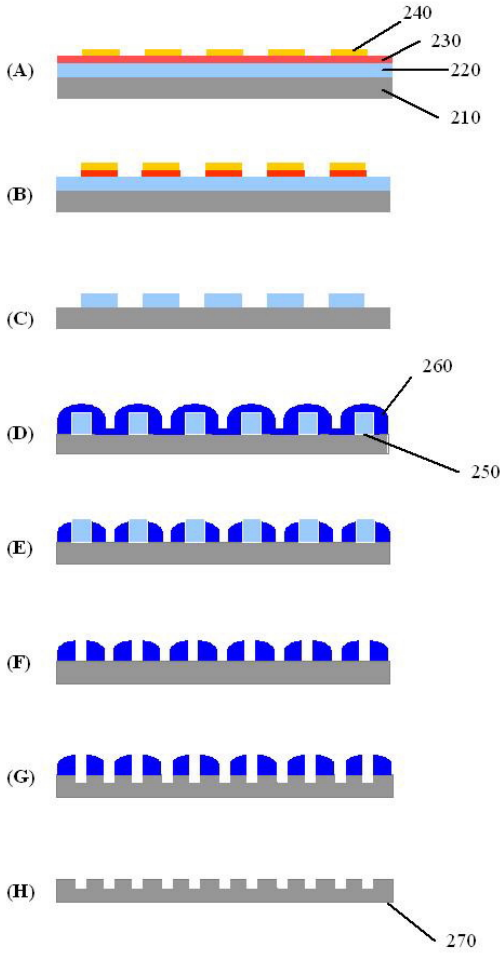
도면1a



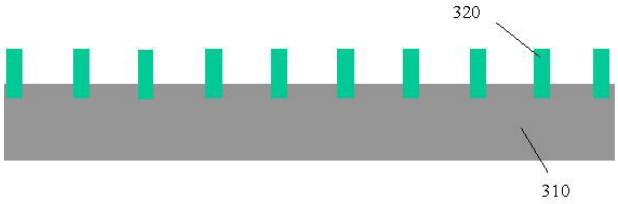
도면1b

도면1c

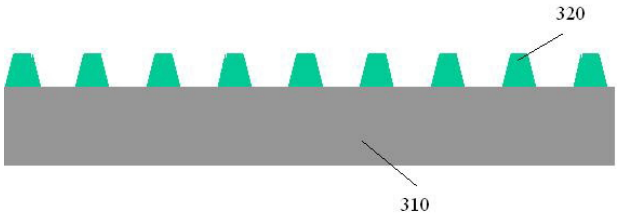
도면2



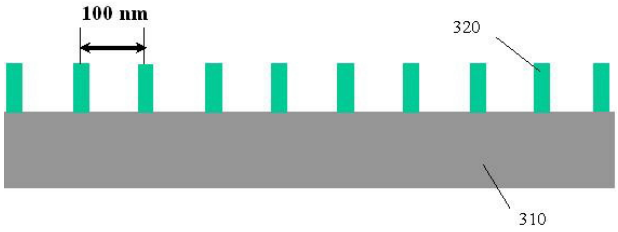
도면3a



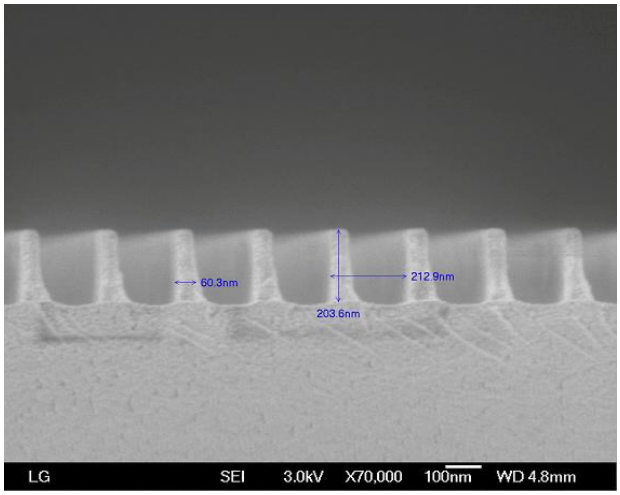
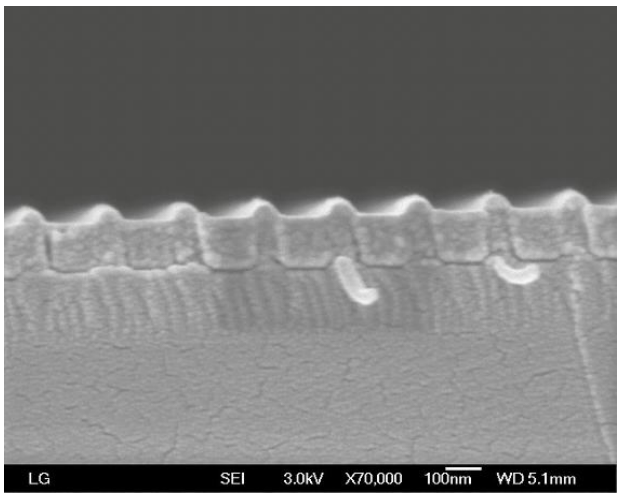
도면3b



도면4



도면5a



도면5b