



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년02월05일
(11) 등록번호 10-1229786
(24) 등록일자 2013년01월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0084000
(22) 출원일자 2011년08월23일
심사청구일자 2011년08월23일
(56) 선행기술조사문헌
JP2000111311 A
JP2001507870 A

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
양민양
대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원
기계공학동 1204호 (구성동)
강봉철
대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원
기계공학과 (구성동)
(74) 대리인
김문중, 손은진

전체 청구항 수 : 총 12 항

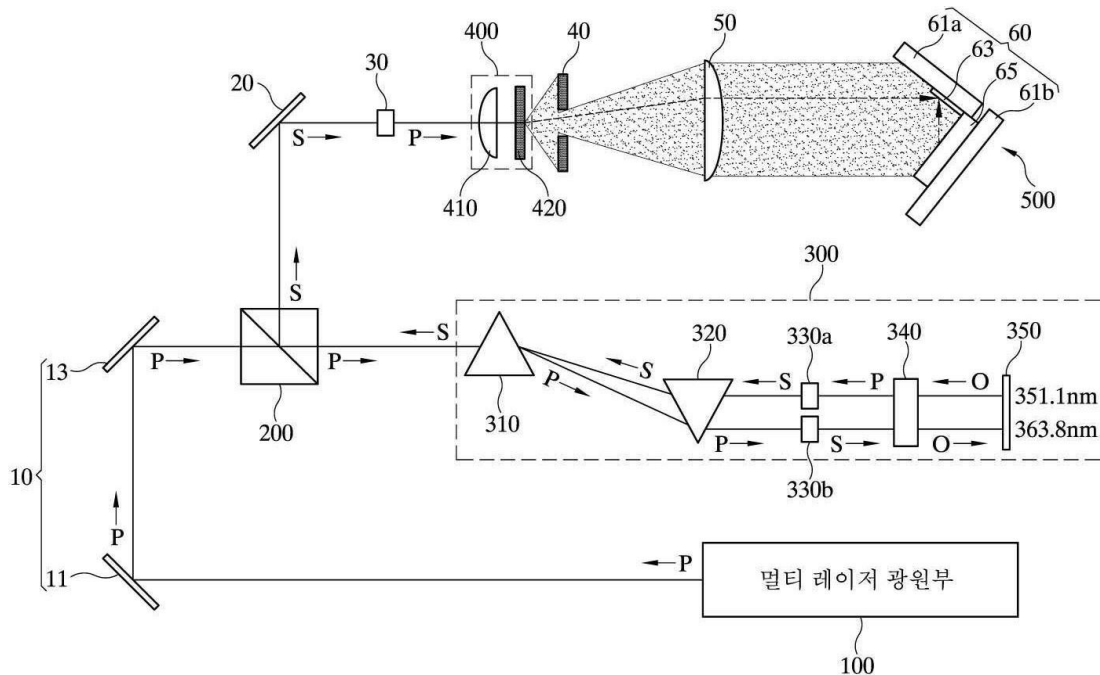
심사관 : 오순영

(54) 발명의 명칭 **헤테로다인 간섭 리소그래피 장치, 그 장치를 이용한 미세패턴 형성방법, 웨이퍼 및 반도체 소자**

(57) 요약

본 발명은 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치 및 그 장치를 이용한 미세패턴 형성방법에 대한 것이다. 두 개 또는 그 이상의 각기 다른 파장을 생성할 수 있는 레이저를 이용하여 간섭 현상을 일으켜 나노패턴을 형성하고, 맥놀이 현상에 의한 마이크로 패턴을 동시에 형성할 수 있는 간섭 리소그래피 장치 및 패턴 형성방법에 관한 것이다. 이를 위해 서로 다른 파장을 갖는 레이저 빔을 발생시키는 멀티 레이저 광원부(100); 레이저 빔을 투과시키거나 반사시키는 편광식빔분리기(200); 투과된 서로 다른 파장의 상기 레이저 빔을 서로 공간적으로 분리하는 공간식빔분리기(300); 반전된 레이저 빔을 확장시키는 빔 확장기(400); 및 확장된 레이저 빔과 확장된 레이저 빔의 반사에 의해 서로 간섭을 일으킴으로써 제1패턴을 형성하고, 서로 다른 파장에 의한 파동의 간섭에 의해 새로운 합성파를 생성함으로써 제2패턴을 형성하는 패턴 생성부(500);를 포함하는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치가 개시된다.

대표도



(72) 발명자

이주형

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 기계공학과 (구성동)

김건우

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 기계공학과 (구성동)

노지환

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 기계공학과 (구성동)

특허청구의 범위

청구항 1

서로 다른 파장을 갖는 레이저 빔을 발생시키는 멀티 레이저 광원부(100);

상기 레이저 빔을 투과시키거나 반사시키는 편광식빔분리기(200);

투과된 서로 다른 파장의 상기 레이저 빔의 광경로를 분리하는 공간식빔분리기(300);

반전된 레이저 빔을 확장시키는 빔 확장기(400); 및

확장된 레이저 빔과 상기 확장된 레이저 빔의 반사에 의해 서로 간섭을 일으킴으로써 제1패턴을 형성하고, 상기 서로 다른 파장에 의한 파동의 간섭에 의해 새로운 합성파를 생성함으로써 제2패턴을 형성하는 패턴 생성부(500);를 포함하는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1패턴은 간섭무늬에 의한 나노 크기의 패턴인 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 합성파는 고주파 성분과 저주파 성분을 포함하며,

상기 제2패턴은 상기 저주파 성분에 의해 형성되는 마이크로 패턴인 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 서로 다른 파장은 복간섭 주파수가 생성되도록 하는 파장인 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 편광식빔분리기(200)는,

P편광의 빔은 투과시키고, S편광의 빔은 반사시키는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 편광식빔분리기(200)는,

상기 반전된 레이저 빔을 반사시키는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 공간식빔분리기(300)는,

상기 서로 다른 파장을 갖는 레이저 빔의 강도를 조절함으로써, 상기 조절된 강도에 따라 다양한 간섭무늬가 형성되도록 하는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 공간식빔분리기(300)는,

투과된 상기 레이저 빔의 편광성분을 반전시키는 것을 특징으로 하는 헤테로 다인 간섭 리소그래피 장치.

청구항 9

멀티 레이저 광원부(100)가 서로 다른 파장을 갖는 레이저 빔을 발생시키는 단계(S610);

편광식빔분리기(200)가 상기 레이저 빔을 투과시키는 단계(S620);

공간식빔분리기(300)가 투과된 레이저 빔의 편광성분을 반전시키는 단계(S630);

상기 편광식빔분리기(200)가 반전된 레이저 빔을 반사시키는 단계(S640); 및

빔 확장기(400)가 반사된 레이저 빔을 확장시키는 단계(S650);를 포함함으로써

확장된 레이저 빔과 상기 확장된 레이저 빔의 반사에 의해 서로 간섭을 일으킴으로써 제1패턴을 형성하고, 상기 서로 다른 파장에 의한 파동의 간섭에 의해 새로운 합성파를 생성함으로써 제2패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용한 패턴 형성방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제1패턴은 간섭무늬에 의한 나노 크기의 패턴인 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용한 패턴 형성방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 합성파는 고주파 성분과 저주파 성분을 포함하며,

상기 제2패턴은 상기 저주파 성분에 의해 형성되는 마이크로 패턴인 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용한 패턴 형성방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 서로 다른 파장은 복간섭 주파수가 생성되도록 하는 파장인 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용한 패턴 형성방법.

청구항 13

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치 및 그 장치를 이용한 미세패턴 형성방법에 대한 것이다. 보다 상세하게는 두 개 또는 그 이상의 각기 다른 파장을 생성할 수 있는 레이저를 이용하여 간섭 현상을 일으켜 나노패턴을 형성하고, 맥놀이 현상에 의한 마이크로 패턴을 동시에 형성할 수 있는 간섭 리소그래피 장치 및 패턴 형성방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 광산업, 디스플레이 산업, 반도체 산업, 바이오 산업에서 제품의 미세화 고성능화의 요구가 증가하고 있다. 그러한 요구에 부합하기 위해서는 미세패턴(나노 스케일이나, 마이크로 스케일의 패턴 형상)을 경제적이고 용이하게 제작할 필요가 있다.

[0003] 종래에 미세패턴을 형성하는 방법으로 E-빔 리소그래피(E-beam lithography)가 있다. 이러한 방법은 전자빔을 집속하여서 나노미터급의 패턴을 형성하는 것이다. 이러한 방법은 다양한 미세패턴의 형상을 제조할 수 있으나, 제조시간이 많이 걸리기 때문에 대 면적으로 제조하는데 한계가 있는 문제가 있다.

[0004] 또한, 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 레이저 간섭 리소그래피의 원리를 이용한 포토공정을 거쳐 하나의 스텝을 만들어 포토 리소그래피를 나노 임프린트 리소그래피로 대체하여 식각 공정 등을 거쳐 나노미터의 선 폭을 갖는 미세패턴을 대량 생산할 수 있다.

[0005] 레이저 간섭 리소그래피는 홀로그래픽 리소그래피라고도 불리는데, 홀로그래픽 리소그래피 기술은 포토 리소그래피 기술과 달리 포토 마스크를 사용하지 않고도 균일한 형상의 미세 구조물을 대면적에 제작할 수 있다는 장점 때문에 그 응용분야는 지속적으로 확대되고 있다. 홀로그래픽 리소그래피를 이용하여 감광막 위에 제작되는 나노 구조물의 형상은 감광막을 노광시키는 빛의 세기 또는 노광 에너지와 현상시간에 따라 영향을 받으며, 이에 대한 거시적인 모델링 기술은 1975년 F. H. Dill에 의해 연구된 바 있다.

[0006] 홀로그래픽 리소그래피는 서로 다른 방향에서 감광막 위로 입사되는 두 빛의 간섭현상을 이용하여 감광막 위에 나노 구조물을 제작하는 기술이다. 이때 감광막 위의 임의의 점에서의 빛의 세기는 이하의 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

$$I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos[2k_0\sin\theta+(\Phi_1-\Phi_2)]$$

[0008] 여기서 I_1 , I_2 는 각각의 방향에서 입사되는 빛의 강도, k_0 는 전파상수, θ 는 입사각, Φ_1 , Φ_2 는 각각의 방향에서 입사되는 빛의 각도를 나타낸다. 위 식에서 알 수 있듯이 빛의 세기가 같을 경우 ($I_1 = I_2 = I_0$) 면 위에서 간섭을 일으킨 빛의 세기는 이론적으로 코사인 항에 의해 최소 $I_{min}=0$ 부터 최대 $I_{max} = 4I_0$ 의 값을 갖는다. 또한, 두 빛의 간섭에 의한 빛의 세기의 주기 P는 다음과 같이 정리된다.

수학식 2

$$P = \frac{\pi}{k_0 \sin \theta} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

[0009]

[0010]

여기서 λ 는 사용되는 빛의 파장을 나타낸다. 이러한 간섭 리소그래피 방식은 수 내지 수십 초의 노광으로 빠르게 미세패턴을 형성할 수 있는 장점이 있으나, 선 또는 도트(dot)와 같이 기본적인 동일한 나노 패턴을 전면적으로 균일하게 발생시키게 되어 다양한 패턴을 형성하는데 많은 한계가 있다. 또한, 입사각과 파장에 의해서 구현할 수 있는 패턴의 크기와 간격이 정해져 버리는 단점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011]

(특허문헌 0001) 상술한 단점을 해결하기 위해 본 발명의 선행 특허문헌(이하에서는 선행 특허문헌이라 한다)인 2010-100177(발명의 명칭 : 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치 및 그 장치를 이용한 미세패턴 형성방법)에서는 이색성 거울 기반의 광량조절 시스템을 개시하고 있다.

(특허문헌 0002) 선행 특허문헌에서는 이색성 거울을 사용하기 때문에 도 1에 도시된 바와 같은 고주파필터의 원리를 사용한다. 고주파필터의 원리는 고주파는 투과시키고 저주파는 차단한다. 따라서 고주파필터의 원리를 이용하면 고주파 빔은 투과시키게 되고 저주파 빔은 차단시키게 된다. 고주파필터의 원리에 의해 서로 다른 두 개의 빔을 분리시키기 때문에 파장이 긴 빔의 경우 충분한 강도가 얻어지기 힘들고 두 개의 빔을 온전히 분리하기도 쉽지 않은 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012]

따라서, 본 발명은 진술한 바와 같은 선행 특허문헌의 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 서로 다른 파장의 빔을 분리시 빔의 강도에 손실이 전혀 없으면서도 각각의 빔에 대한 강도 조절이 가능한 나노패턴과 마이크로 패턴을 동시에 형성할 수 있는 발명을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013]

그러나, 본 발명의 목적들은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0014]

진술한 본 발명의 목적은, 서로 다른 파장을 갖는 레이저 빔을 발생시키는 멀티 레이저 광원부(100); 레이저 빔을 투과시키거나 반사시키는 편광식빔분리기(200); 투과된 서로 다른 파장의 상기 레이저 빔의 광경로를 분리하는 공간식빔분리기(300); 반전된 레이저 빔을 확장시키는 빔 확장기(400); 및 확장된 레이저 빔과 확장된 레이저 빔의 반사에 의해 서로 간섭을 일으킴으로써 제1패턴을 형성하고, 서로 다른 파장에 의한 파동의 간섭에 의해 새로운 합성파를 생성함으로써 제2패턴을 형성하는 패턴 생성부(500);를 포함하는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 제공함으로써 달성될 수 있다.

[0015]

또한, 제1패턴은 간섭무늬에 의한 나노 크기의 패턴인 것을 특징으로 한다.

[0016]

또한, 합성파는 고주파 성분과 저주파 성분을 포함하며, 제2패턴은 저주파 성분에 의해 형성되는 마이크로 패턴인 것을 특징으로 한다.

[0017]

또한, 서로 다른 파장은 복간섭 주파수가 생성되도록 하는 파장인 것을 특징으로 한다.

[0018]

또한, 편광식빔분리기(200)는, P편광의 빔은 투과시키고, S편광의 빔은 반사시키는 것을 특징으로 한다.

- [0019] 또한, 편광식빔분리기(200)는, 반전된 레이저 빔을 반사시키는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한, 공간식빔분리기(300)는, 서로 다른 파장을 갖는 레이저 빔의 강도를 상대적으로 조절함으로써 강도에 따라 다양한 간섭무늬를 형성하도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 한편, 본 발명의 목적은 멀티 레이저 광원부(100)가 서로 다른 파장을 갖는 레이저 빔을 발생시키는 단계(S610); 편광식빔분리기(200)가 레이저 빔을 투과시키는 단계(S620); 공간식빔분리기(300)가 투과된 레이저 빔의 편광성분을 반전시키는 단계(S630); 편광식빔분리기(200)가 반전된 레이저 빔을 반사시키는 단계(S640); 및 빔 확장기(400)가 반사된 레이저 빔을 확장시키는 단계(S650);를 포함함으로써 확장된 레이저 빔과 확장된 레이저 빔의 반사에 의해 서로 간섭을 일으킴으로써 제1패턴을 형성하고, 서로 다른 파장에 의한 파동의 간섭에 의해 새로운 합성파를 생성함으로써 제2패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용한 패턴 형성방법을 제공함으로써 달성될 수 있다.
- [0022] 또한, 제1패턴은 간섭무늬에 의한 나노 크기의 패턴인 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한, 합성파는 고주파 성분과 저주파 성분을 포함하며, 제2패턴은 저주파 성분에 의해 형성되는 마이크로 패턴인 것을 특징으로 한다.
- [0024] 또한, 서로 다른 파장은 복간섭 주파수가 생성되도록 하는 파장인 것을 특징으로 한다.
- [0025] 한편, 본 발명의 목적은 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용하여 제조된 반도체 웨이퍼를 제공함으로써 달성될 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 전술한 바와 같은 본 발명에 의하면 서로 다른 파장의 빔을 분리시 빔의 강도에 손실이 전혀 없으면서도 각각의 빔에 대한 강도 조절이 가능한 나노패턴과 마이크로 패턴을 동시에 형성할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 일실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.
 - 도 1은 종래의 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치에 사용된 이색성 거울의 파장대역별 투과율 데이터 시트의 도면이고,
 - 도 2는 본 발명에 따른 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치의 구성을 나타낸 구성도이고,
 - 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 맥놀이 현상을 나타낸 도면이고,
 - 도 5는 본 발명에 따른 1회 노광에 의해 생긴 간섭 강도를 시뮬레이션 한 결과의 그래프 도면이고,
 - 도 6은 도 5에 따른 1회 노광 후 회전부에 의해 시편을 90° 회전시켰을 때 간섭 강도를 시뮬레이션한 결과의 그래프 도면이고,
 - 도 7은 도 5의 그레이팅 패턴에 따라 시편에 형성된 미세패턴의 도면이고,
 - 도 8은 도 6의 그레이팅 패턴에 따라 시편에 형성된 미세패턴의 도면이고,
 - 도 9는 본 발명에 따른 패턴 형성방법을 순차적으로 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 일실시예에 대해서 설명한다. 또한, 이하에 설명하는 일실시예는 특허청구범위에 기재된 본 발명의 내용을 부당하게 한정하지 않으며, 본 실시 형태에서 설명되는 구성 전체가 본 발명의 해결 수단으로서 필수적이라고는 할 수 없다.

[0029] <헤테로다인 간섭 리소그래피 장치의 구성>

[0030] 도 2에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치는 대략 멀티 레이저 광원부(100), 편광식빔분리기(200), 공간식빔분리기(300), 빔 확장기(400), 및 패턴 생성부(500)로 구성되어 시편에 미세패턴을 형성한다. 이하에서는 도 2 내지 도 8을 참조하여 본 발명에 따른 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치의 구성을 상세히 설명하기로 한다.

[0031] 본 발명에 따른 멀티 레이저 광원부(100)는 서로 다른 파장(주파수)을 갖는 레이저 빔을 발생시킨다. 이때 발생하는 서로 다른 파장의 레이저 빔은 적어도 2개 이상의 레이저 빔으로써 맥놀이 주파수를 생성할 수 있는 파장인 것이 바람직하다.

[0032] 헤테로다인 방식은 단일 파장의 광원을 사용하는 것이 아니라 서로 다른 파장의 광원을 사용함으로써 맥놀이 현상을 일으켜 다양한 간섭무늬 패턴을 형성하도록 하는 방식이다.

[0033] 도 3에 도시된 바와 같이 맥놀이 현상은 주파수가 비슷한 두 개의 파동이 간섭을 일으켜서 새로운 합성파가 만들어지는 현상이다. 두 파동의 간섭은 다음의 수학적 식 3과 같다.

수학적 식 3

$$\sin(2\pi f_1 t) + \sin(2\pi f_2 t) = 2 \cos(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t) \sin(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t)$$

[0034]

(여기서, f_1 및 f_2 는 두 파동의 진동수이다)

[0035]

[0036] 두 파동의 주파수가 비슷한 경우 합성파는 두 파동의 주파수의 중간값을 갖는 항을 지배적인 파동성분으로 갖게 되며 상대적으로 느린 주기를 갖는 항은 진폭을 변조하는 항이 된다.

[0037]

[0037] 도 3의 서로 다른 진동수(주파수)(f_1 과 f_2)에 의해 도 4와 같은 맥놀이 주파수가 생성되며 생성된 맥놀이 주파수는 저주파 성분의 주파수와 고주파 성분의 주파수로 각각 생성된다.

[0038]

[0038] 이때, 맥놀이 현상은 시간에 따른 현상으로서 본 발명에서는 맥놀이 현상을 공간적으로 이용한다. 즉 시간에 따른 맥놀이 현상은 어느 지점에서의 주파수 진폭이 도 4에 도시된 바와 같이 시간에 따라 변화되나, 맥놀이 현상을 공간적으로 이용하는 경우에는 어느 지점에서의 주파수 진폭이 시간에 따라 변화되는 것이 아니라 일정하다. 즉 서로 다른 지점에서의 주파수 진폭은 서로 다르나 시간에 따라 어느 지점의 주파수 진폭이 변화되지는 않는다. 본 발명에서는 맥놀이 현상을 공간적으로 이용하여 생성되는 주파수를 복간섭에 의한 주파수라 하기로 한다.

[0039]

[0039] 따라서 본 발명에 따른 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치는 시편에 직접 입사되는 레이저 빔과 반사되어 입사되는 레이저 빔 사이에 간섭을 일으킴으로써 제1미세패턴(나노 패턴)을 형성할 수 있으며, 서로 다른 파장의 레이저 빔에 의해 발생하는 복간섭 저주파 성분에 의해 제2미세패턴(마이크로 패턴)을 형성할 수 있다. 이때, 제1미세패턴은 대략 나노 크기의 패턴이고, 제2미세패턴은 대략 마이크로 크기의 패턴인 것이 바람직하다.

- [0040] 상술한 멀티 레이저 광원부(100)는 서로 다른 파장의 레이저 빔을 생성하는 장치로서 멀티 아르곤 이온 레이저 주사장치를 사용하는 것이 바람직하다. 멀티 아르곤 이온 레이저 주사장치에서 생성되는 레이저 빔은 다양한 파장대를 생성한다. 일반적으로 300~500nm 사이에서 수 내지 수십개의 파장을 생성할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 P편광성분의 351.1nm 및 363.8nm의 파장을 갖는 레이저 빔을 사용하였다.
- [0041] 본 발명에 따른 반사수단(10)은 제1반사수단(11)과 제2반사수단(13)으로 구성한다. 제1반사수단(11)은 멀티 레이저 광원부(100)에서 발사된 레이저 빔을 기 결정된 방향으로 반사시킴으로써 레이저 빔의 이동방향을 변화시킨다. 또한, 제2반사수단(13)은 제1반사수단(11)에서 반사된 레이저 빔을 다시 한 번 반사시켜 후술하는 편광식 빔분리기(200)에 조사한다. 상술한 제1,2반사수단(11,13)은 레이저 빔을 되도록 90°의 방향으로 반사시키는 것이 바람직하다. 다만, 반사수단(10)의 개수 및 설치되는 위치는 실시예에 따라 다양하게 갖출 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다.
- [0042] 본 발명에 따른 편광식빔분리기(200)는 제2반사수단(13)에서 반사된 레이저 빔을 투과하거나 반사시킨다. 편광식빔분리기(200)는 P편광 레이저 빔은 투과시키고 S편광 레이저 빔은 반사시키는 특성을 가지고 있다. 따라서 멀티 레이저 광원부(100)에서 발사된 광원은 P편광성분으로서 제2반사수단(13)에서 반사된 레이저 빔은 편광식 빔분리기(200)에서 투과된다.
- [0043] 편광식 빔 분리기 기반의 광량 조절 시스템 구성이 앞서 설명한 본 발명의 선행문헌에서 사용된 이색성 거울 기반의 시스템 구성에 비해 갖는 장점은 다음과 같다.
- [0044] 이색성 거울 기반의 시스템인 경우에는 도 1에 도시된 바와 같이 고주파필터의 원리와 유사한 원리를 사용한다. 즉 고주파의 빔은 투과시키고 저주파의 빔은 차단하는 원리를 이용해 파장이 서로 다른 두 개의 빔을 분리시키기 때문에 파장이 긴 빔의 경우 충분한 강도가 얻어지기도 힘들고 또한 두 빔을 분리하기도 쉽지않다.
- [0045] 왜냐하면, 이상적인 고주파 필터는 통과대역과 비통과대역이 경사지지 않아 서로 다른 주파수를 정확하게 분리할 수 있으나 일반적인 고주파 필터는 경사(70)를 가지고 있으므로 경사진 영역의 파장의 경우에는 서로 두 빔을 분리하기가 쉽지 않다. 따라서 두 빔의 강도에 손실이 전혀 없으면서도 두 빔을 정확하게 분리하고 각각에 대한 강도 조절이 가능한 편광식 빔 분리기 기반의 광량 조절 시스템이 본 발명에서 제안되었다.
- [0046] 후술하는 공간식빔분리기(300)에서 레이저 빔은 P편광에서 S편광 빔으로 반전되고, 반전된 레이저 빔(S편광 빔)은 다시 편광식빔분리기(200)에서 반사되어 후술하는 제4반사수단(20)으로 입사된다. 다만, 제4반사수단(20)의 개수 및 설치되는 위치는 실시예에 따라 다양하게 갖출 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다.
- [0047] 본 발명에 따른 공간식빔분리기(300)는 제1,2프리즘(310,320), 반파장판(half-wavelength plate)(330a,330b), 4반파장판(quarter-wavelength plate)(340), 및 제3반사수단(350)으로 구성되어 편광식빔분리기(200)를 통과한 P편광 레이저 빔의 편광성분을 S편광 레이저 빔으로 반전시킨다.
- [0048] 구체적으로 제1프리즘(310)은 편광식빔분리기(200)에서 투과된 P편광 레이저 빔을 각 파장에 따라 광경로(optical path)를 분리한다. 이는 파장에 따른 굴절률의 차이에서 기인한다. 본 발명의 일 실시예에서는 351.1nm 및 363.8nm의 레이저 빔이 두 개의 경로로 분리된다.
- [0049] 두개의 경로로 분리된 P편광 레이저 빔은 역상 프리즘인 제2프리즘(320)을 통과함으로써 평행광이 된다.
- [0050] 본 발명의 일 실시예에 따른 363.8nm의 레이저 빔은 반파장판(330b)→4반파장판(340)→제3반사수단(350)→4반파장판(340)→반파장판(330a)의 순으로 진행한다. 또한 351.1nm의 레이저 빔은 반파장판(330a)→4반파장판(340)→제3반사수단(350)→4반파장판(340)→반파장판(330b)의 순으로 진행한다. 이와 같은 순으로 공간식빔분리기(300)를 구성한 이유는 P편광으로 입사된 빔을 S편광상태로 반사시켜 편광식빔분리기(200)에서 초기 들어왔던 방향으로 투과되지 않고 새로운 경로로 반사되기 위함이다.

- [0051] 다만 도 2에서는 편의를 위해 363.8nm의 빔이 제3반사수단(350)쪽으로 입사되는 방향으로, 351.1nm의 빔은 제3 반사수단(350)쪽에서 반사되는 방향으로 도시되어 있지만 363.8nm 빔과 351.1nm의 빔은 각각 입사와 반사가 동시에 이루어짐은 물론이다.
- [0052] 여기서, 반과장판(330a, 330b)은 편광된 빔을 선글래스와 같은 원리로 차단할 수가 있다. 즉 빔의 편광방향과 판의 편광방향을 나란하게 놓을 경우 레이저 빔의 최대출력이 얻어지게 되고, 수직하게 놓을 경우 레이저 빔은 투과하지 못하게 되므로 빔의 강도(intensity)는 0이 된다. 이러한 원리를 이용해서 두 빔의 강도를 상대적으로 조절함으로써 다양한 간섭무늬를 얻을 수 있게 된다.
- [0053] 반과장판(330b)을 통과한 363.8nm의 레이저 빔은 P편광 빔에서 S편광 빔으로 정렬되고, 4반과장판(340)을 통과한 레이저 빔은 다시 S편광 빔에서 회전편광으로 정렬된다. 회전편광은 제3반사수단(350)에서 반사되고 4반과장판(340)에 의해 다시 P편광 빔으로 정렬되고, 반과장판(330a)에 의해 최종적으로 S편광 빔으로 정렬된다.
- [0054] 결론적으로 편광식빔분리기(200)에서 나온 P편광 빔은 공간식빔분리기(300)에 의해 S편광 빔으로 정렬되어 다시 편광식빔분리기(200)에 입사된다. 입사된 S편광 빔은 편광식빔분리기(200)에 의해 90° 방향으로 반사된다. 반사된 S편광 빔은 제4반사수단(20)에 의해 90° 방향으로 반사되어 반과장판(30)에 입사된다. 입사된 S편광 빔은 반과장판(30)에 의해 다시 P편광 빔으로 정렬된다.
- [0055] 본 발명에 따른 빔 확장기(400)는 초점렌즈(focusing lens)(410)와 핀홀(pinhole)(420)로 구성된 공간적 필터(spatial filter)에 의해 레이저 빔의 영역이 크게 확장된다. 이는 시편 노광시 넓은 영역에 균일하게 조사하기 위함이다.
- [0056] 또한, 조리개(40)는 아이리스, 광학 조리개 등으로 구성되어 빔 확장기(400)에 의해 확장된 레이저 빔의 광량을 조절한다.
- [0057] 줄맞춤 렌즈(50)는 콜리메이션 렌즈(collimation lens)로서 조리개(40)에 의해 광량이 조절된 레이저 빔이 평행하게 진행하도록 한다.
- [0058] 본 발명에 따른 로이드 간섭계(60)는 제1패턴과 제2패턴이 형성되는 패턴 생성부(500)로서, 베이스부(61a, 61b), 시편(63), 및 반사부(65)로 구성되어 시편(63)에 미세패턴을 형성한다. 로이드 간섭계(60)는 회전이 가능하며 두 개의 판이 수직하게 마주보고 있는 구조물로 한쪽에는 시편을 놓아 입사광이 직접 조사되도록 하고, 다른쪽에는 거울을 놓아 빛을 반사시켜 시편에 간접적으로 조사되도록 함으로써 두 광이 서로 간섭을 일으키도록 한다. 따라서 본 발명의 일실시예에 따른 시편(63)은 베이스부(61a) 위에 위치하며 반사부(65)는 베이스부(61b) 위에 위치한다.
- [0059] 시편(63)은 줄맞춤 렌즈(50)에 의해 평행하게 입사된 레이저 빔과 반사부(65)에 의해 반사된 레이저 빔에 의한 간섭에 의하여 제1패턴이 형성된다. 또한, 멀티 레이저 광원부(100)에서 생성되는 서로 다른 파장을 가지는 레이저 빔에 의한 맥놀이 현상에 의해 생성된 저주파의 맥놀이 주파수에 의해 제2패턴이 형성된다. 이때 생성되는 제1패턴은 나노 패턴이고 제2패턴은 마이크로 패턴이다.
- [0060] 따라서, 단일 파장의 공정으로는 한번에 두 스케일의 패턴 형성이 어려워 두번 혹은 세번에 걸쳐서 수행해야 했던 나노-마이크로 복합 패턴 어레이의 형성을 단일 공정만으로 구현할 수 있다.
- [0061] 또한, 맥놀이를 일으키는 이중 신호의 주파수를 달리하거나 간섭을 일으키는 주파수의 수를 바꾸어 줌으로써 맥놀이 주파수의 값을 다양하게 변화시킬 수 있다. 또한, 각 주파수의 진폭(레이저 빔의 강도)을 바꾸어줌에 따라 형성되는 나노 및 마이크로 스케일의 패턴 형태를 다양하게 변화시킬 수 있다.
- [0062] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 1회 노광에 의해 생긴 간섭 강도를 시뮬레이션한 결과의 그래프를 도시한 것

이다. 도 5에 도시된 바와 같이 간섭 강도는 라인 형태로 나타난다. 그리고 도 6은 도 5에 따른 1회 노광 후에 로이드 간섭계(60)를 90° 회전시켰을 때 간섭 강도를 시뮬레이션한 결과의 그래프를 도시한 것이다. 이러한 강도 분포로 그레이팅 패턴이 형성되고 그레이팅 패턴에 의해 시편(63)의 포토 레지스트가 선택적으로 현상되어 미세패턴을 형성하게 된다.

[0063] 도 7은 도 5의 그레이팅 패턴에 따라 시편에 형성된 미세패턴을 도시한 것이고, 도 8은 도 6의 그레이팅 패턴에 따라 시편에 형성된 미세패턴을 도시한 것이다. 도 7 및 도 8에 형성된 미세패턴의 형상은 간섭 강도 분포(도 5 및 도 6)인 그레이팅 패턴과 동일한 무늬로 형성됨을 알 수 있다. 또한, 도 7 및 도 8에는 간섭 무늬를 이용한 나노 패턴 어레이와 맥놀이 발생에 의한 마이크로 패턴 어레이가 동시에 형성됨을 알 수 있다.

[0064] 결국, 이러한 미세패턴의 형상은 간섭강도 분포인 그레이팅 패턴의 형상에 따라 결정된다. 그리고 더 많은 파장이 중첩되면(더 많은 파장을 발진하는 멀티 레이저 광원부(100)를 사용하게 되면) 더욱 복잡한 형상과 더욱 다양한 형상을 얻을 수 있다.

[0065] <미세패턴 형성방법>

[0066] 도 9는 본 발명에 따른 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용한 패턴 형성방법을 순차적으로 나타낸 순서도이다. 상술한 구성을 가지는 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치에 의하여 수행될 수 있는 패턴 형성방법의 일실시예가 도 9에 도시되어 있다. 이하에서는 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용한 패턴 형성방법을 자세하게 설명하기로 한다.

[0067] 먼저, 멀티 레이저 광원부(100)가 서로 다른 파장을 갖는 P편광 레이저 빔을 발생시키는 단계(S610)를 수행한다. 이때 멀티 레이저 광원부(100)는 적어도 2개 이상의 서로 다른 파장을 가지는 레이저 빔을 생성하여 발사한다.

[0068] 다음으로, 편광식빔분리기(200)가 상기 레이저 빔을 투과시키는 단계(S620)를 수행한다. 편광식빔분리기(200)는 P편광 레이저 빔을 투과시키고 S편광 레이저 빔을 반사시킨다. 본 발명에서는 멀티 레이저 광원부(100)가 P편광 레이저 빔을 생성하여 편광식빔분리기(200)에 입사되므로 편광식빔분리기(200)는 P편광 레이저 빔을 투과시키게 된다.

[0069] 다음으로, 공간식빔분리기(300)가 투과된 P편광 레이저 빔의 편광성분을 반전시키는 단계(S630)를 수행한다. 반전시키는 단계를 자세하게 설명하면 편광식빔분리기(200)에서 투과된 P편광 레이저 빔은 제1프리즘(310)을 통과함으로써 2개의 광원으로 분리된다. 분리된 2개의 광원은 제2프리즘(320)에 의해 나란하게 진행한다.

[0070] 나란하게 진행하는 2개의 광원 중 363.8nm의 P편광 레이저 빔은 반과장판(330b)→4반과장판(340)→제3반사수단(350)→4반과장판(340)→반과장판(330a)의 순으로 진행한다.

[0071] 반과장판(330b)을 통과함으로써 S편광으로 정렬되고, 4반과장판(340)을 통과함으로써 회전편광으로 정렬되며, 제3반사수단(350)에 의해 반사되고, 다시 4반과장판(340)에 의해 P편광으로 정렬되며, 다시 반과장판(330a)에 의해 S편광으로 정렬된다.

[0072] 반과장판(330a)에 의해 S편광으로 정렬된 레이저 빔은 다시 제2프리즘(320) 및 제1프리즘(310)을 거쳐 편광식빔분리기(200)에 재입사된다. 다만, 351.1nm의 레이저 빔은 반과장판(330a)→4반과장판(340)→제3반사수단(350)→4반과장판(340)→반과장판(330b)의 순으로 진행한다.

[0073] 다음으로, 편광식빔분리기(200)가 P편광에서 S편광으로 반전된 레이저 빔을 반사시키는 단계(S640)를 수행한다. 편광식빔분리기(200)는 P편광을 통과시키고 S편광을 반전시키기 때문임은 앞서 설명한 바와 같다.

[0074] 다음으로, 제4반사수단(20)에 의해 90° 방향으로 반사되고 반과장판(30)에 의해 다시 S편광에서 P편광으로 정렬되는 단계를 수행한다.,

[0075] 다음으로, 빔 확장기(400)가 반사된 레이저 빔을 확장시키는 단계(S650);를 수행한다.

[0076] 다음으로, 빔 확장기(400)에 의해 확장된 레이저 빔은 조리개(40)에 의해 광량이 조절되고, 줄맞춤 렌즈(50)에 의해 레이저 빔을 평행하게 진행하도록 하는 단계를 수행한다.

[0077] 마지막으로, 시편(63)에는 평행하게 진행된 레이저 빔과 반사부(65)에 의해 반사된 레이저 빔의 간섭에 의한 제1패턴이 형성되고, 맥놀이에 의한 제2패턴이 형성되는 단계가 수행된다(S660).

[0078] <반도체 웨이퍼 및 반도체 소자>

[0079] 본 발명에 따른 헤테로다인 간섭 리소그래피 장치를 이용함으로써 시편에 나노 및 마이크로 크기의 미세패턴을 형성할 수 있다. 이러한 패턴에 의해 만들어진 웨이퍼는 더 효율 좋은 웨이퍼를 양산할 수 있다.

[0080] 왜냐하면, 단일 파장의 미세패턴 공정은 한번에 두 스케일의 패턴 형성이 가능하지 않기 때문이다. 본 발명에 따른 웨이퍼는 한번에 두 스케일의 패턴을 형성할 수 있어 웨이퍼 양산 효율을 높일 수 있다.

[0081] 한편, 이러한 웨이퍼에 의해 다양한 응용분야에서 사용되는 반도체 소자를 제조하여 양산할 수 있다.

[0082] 이상, 본 발명의 일 실시예를 참조하여 설명했지만, 본 발명이 이것에 한정되지는 않으며, 다양한 변형 및 응용이 가능하다. 즉, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서 많은 변형이 가능한 것을 당업자는 용이하게 이해할 수 있을 것이다.

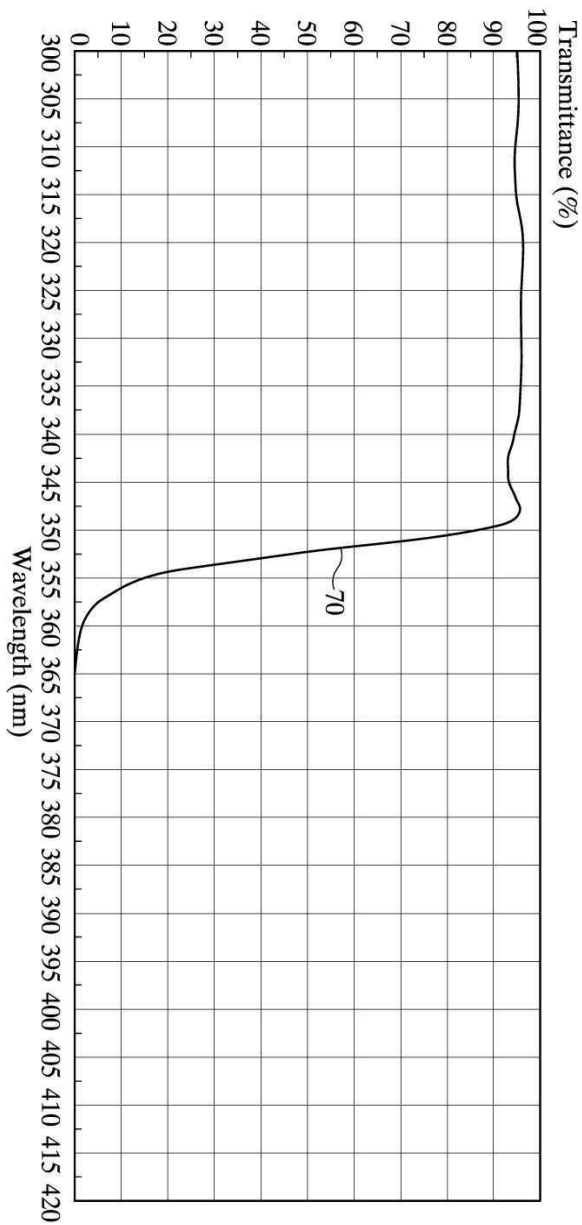
부호의 설명

- [0083] 10 : 반사수단
- 11 : 제1반사수단
- 13 : 제2반사수단
- 20 : 제4반사수단
- 30 : 반과장판
- 40 : 조리개
- 50 : 줄맞춤 렌즈
- 60 : 로이드 간섭계
- 61a,61b : 베이스부
- 63 : 시편
- 65 : 반사부
- 70 : 경사
- 100 : 멀티 레이저 광원부
- 200 : 편광식빔분리기

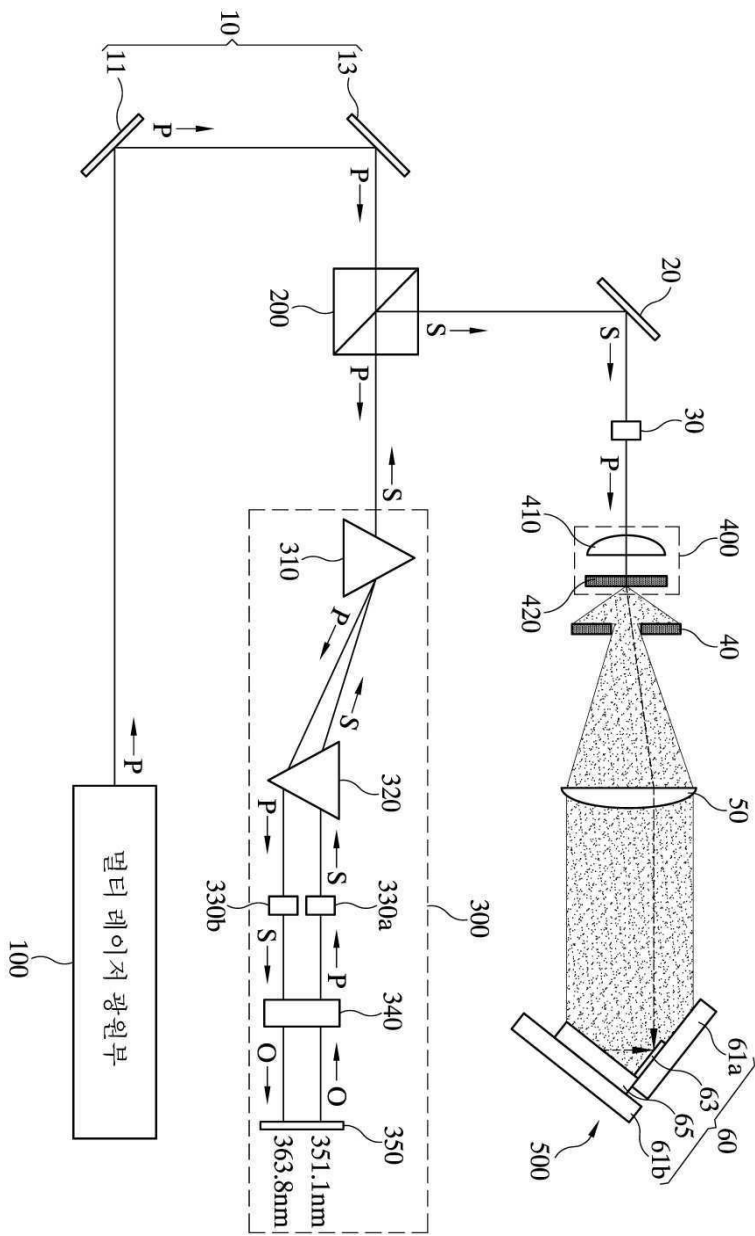
- 300 : 공간식빔분리기
- 310 : 제1프리즘
- 320 : 제2프리즘
- 330a, 330b : 반파장판
- 340 : 4반파장판
- 350 : 제3반사수단
- 400 : 빔 확장기
- 410 : 초점렌즈
- 420 : 편홀
- 500 : 패턴 생성부

도면

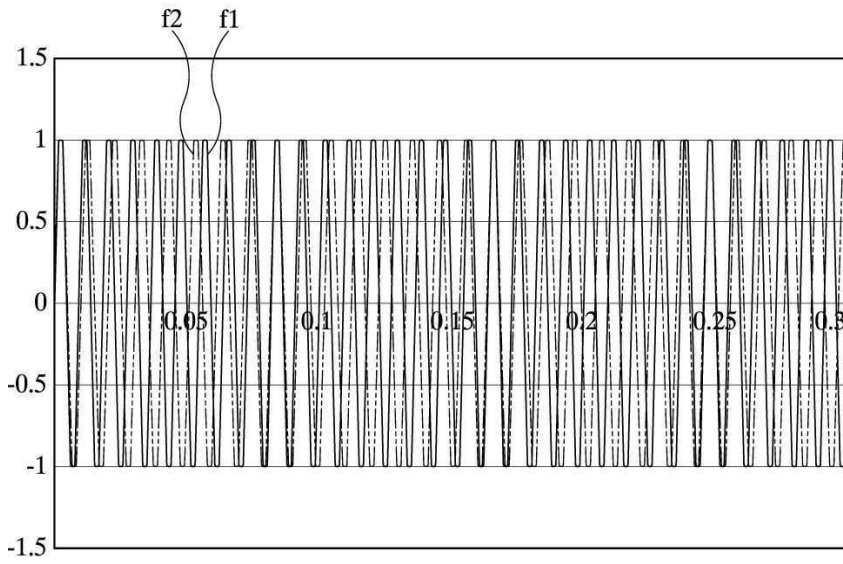
도면1



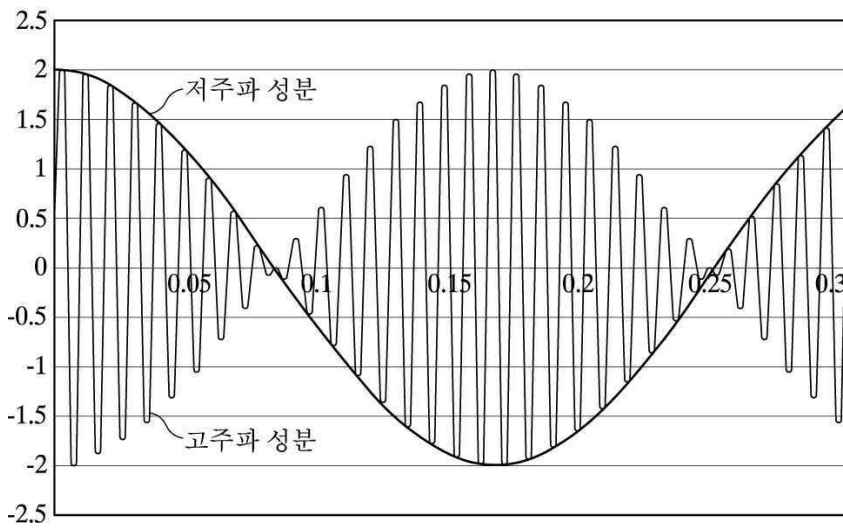
도면2



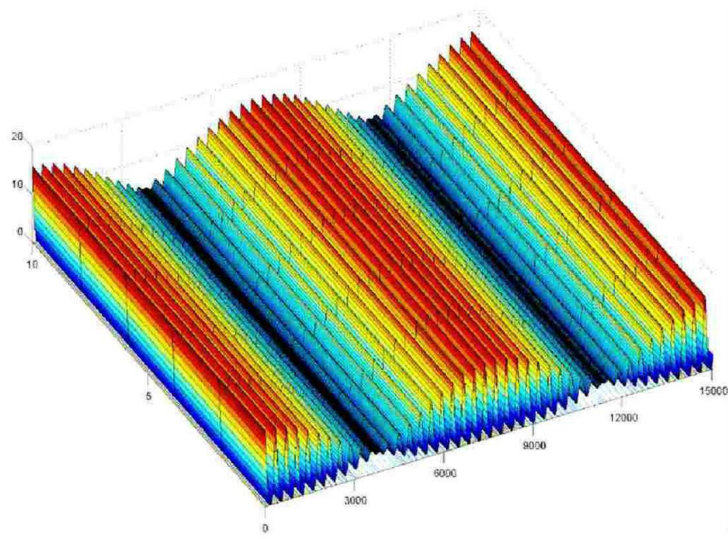
도면3



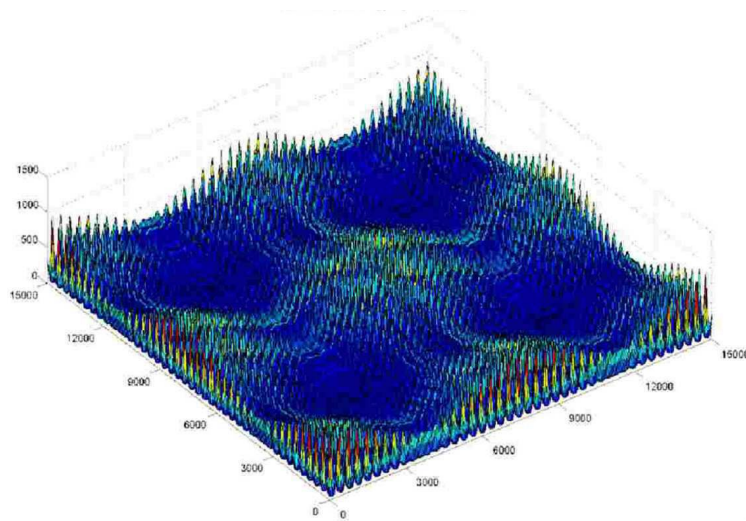
도면4



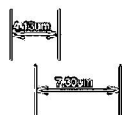
도면5



도면6

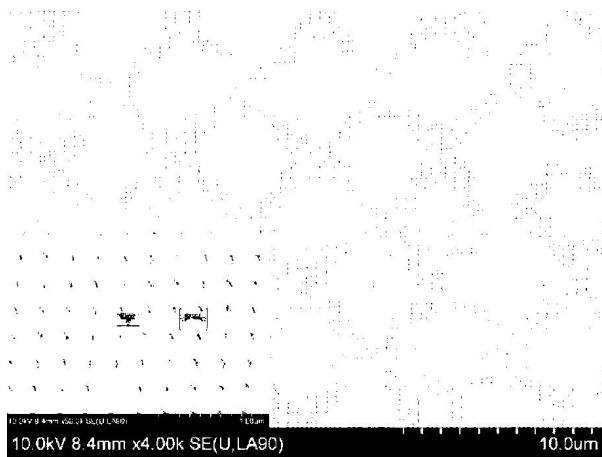


도면7



10.0kV 8.9mm x2.50k SE(M,LA0) 20.0um

도면8



도면9

