(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
H01L 21/66

(45) 공고일자 2001년10월26일
(11) 등록번호 10-0294359
(24) 등록일자 2001년04월16일

| | | | |
|---|---|---|---|
| (21) 출원번호 | 10-1998-0053846 | (65) 공개번호 | 특1999-0062914 |
| (22) 출원일자 | 1998년12월09일 | (43) 공개일자 | 1999년07월26일 |

(30) 우선권주장 08/987,491 1997년12월09일 미국(US)

(73) 특허권자 루센트 테크놀러지스 인크
미합중국 뉴저지 머레이 힐 마운틴 애비뉴 600 (우편번호 : 07974-0636)
(72) 발명자 화이트 도널드 로렌스
미국, 뉴저지 07950, 모리스 플레인스, 포레스트 코트 10
(74) 대리인 이병호

*심사관 : 오제욱*

# (54) 다중층 마스크를 사용하는 디바이스 제조를 위한 리소그래피 처리 방법

## 요약

반도체 디바이스 제조를 위한 리소그래피 처리방법이 기술된다. 상기 처리방법에 있어서, 기판상에 형성된 다중층 막을 갖는 패턴화된 마스크는 초자외선(EUV)방사선에 의해 조사되며, 패턴 마스크로부터 반사된 방사선은 기판상에 형성된 에너지 감지 물질층상으로 보내진다. 따라서, 마스크상의 패턴 이미지는 에너지 감지 물질로 유입된다. 다음, 이미지는 현상되어 기반이 되는 기판으로 투과된다. 다중층 막은, 다중층 막에 근접하여 에너지 감지막(검사막이라 칭함)의 층을 적용하고 에너지 감지 물질을 EUV 방사선에 노출함으로써, 결함에 대해 검사된다. 다중층 막의 두께는 EUV 방사선의 일부가 검사막을 통해 투과되고, 다중층 막으로부터 반사되며, 검사막으로 다시 돌아가도록 설정된다. 다음, 노출된 검사막이 현상되고, 현상된 검사막은 기반이 되는 다중층 막에 결함의 존재를 나타내는지를 결정하도록 검사된다.

## 대표도

도2

## 명세서

### 도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 마스크 결함으로부터 반사된 광으로 그 효과를 도시하는 도면.

<2> 도 2는 에너지 감지 물질층이 마스크 블랭크상에 직접 형성되는 본 발명의 실시예를 도시하는 도면.

<3> 도 3은 에너지 감지 물질층이 멤브레인상에 형성되고, 멤브레인은 EUV 방사선의 소스와 마스크 블랭크 사이에 삽입되는 본 발명의 실시예를 도시하는 도면.

<4> 도 4는 에너지 감지 레지스트 물질상에 입사하는 EUV 빔의 세기, 마스크 블랭크로부터 에너지 감지 레지스트 물질로 반사되는 EUV 빔의 세기, 및 입사 및 반사 EUV 방사선 사이의 간섭으로부터 에너지 감지 물질에 발생된 정재파를 도시하는 도면.

<5> 도 5는 다중층 막이 형성된 위상 결함을 갖는 마스크 블랭크상의 위치의 함수로서 에너지 감지 레지스트 물질의 EUV 세기의 등고선 맵을 도시하는 도면.

<6> 도 6은 다중층 막이 형성된 반사율의 결함을 갖는 마스크 블랭크상의 위치의 함수로서 에너지 감지 레지스트 물질의 EUV 세기의 등고선 맵을 도시하는 도면.

<7> 도 7은 다중층 막의 위상 결함상의 비선형 레지스트 현상의 효과를 도시하는 도면.

<8> 도 8은 다중층의 반사율 결함상의 비선형 현상의 효과를 도시하는 도면.

<9> @ 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 @

<10> 10 : 마스크 20 : 기판

<11> 30 : 반사막

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

### *발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술*

<12> 본 발명은 디바이스 제조를 위한 리소그래피 처리방법에 관한 것이며, 특히 방사선을 패턴화하는 다중층 막으로 반사 마스크를 활용하는 처리 방법에 관한 것이다.

<13> 디바이스 제조를 위한 리소그래피 처리 방법에 있어서, 방사선은 통상 패턴화된 마스크상으로 투사되며, 마스크를 통과 투과된 방사선은 또한 기판상에 형성된 에너지 감지 물질상으로 투과된다. 패턴화된 마스크를 통해 방사선을 투과하는 것은 방사선 자체를 패턴화하며, 그 패턴의 이미지는 에너지 감지 레지스트 물질이 패턴화된 방사선에 노출될 때 에너지 감지 물질로 유입된다. 다음, 이미지는 에너지 감지 레지스트 물질에서 현상되어 기반이 되는 기판으로 투과된다. 집적된 회로 디바이스는 일련의 그러한 노출을 사용하여 제조되어, 반도체 기판상에 형성된 다른 층들을 패턴화한다.

<14> 패턴화된 마스크는 이점은 물론 문제점을 주게된다. 패턴화된 마스크의 이점은 빠르다는 것이다. 한번의 간단한 노출로, 패턴은 기판의 실질적인 표면 영역상에 유도된다. 이러한 것은 직접-기록 노출 기술 보다 상당히 빠르며, 방사선 빔(대부분 전자빔)은 에너지 감지 물질의 패턴을 "기록"하는데 이용된다. 직접-기록 기술에 있어서, 단지 빔의 영역 만큼 큰 에너지 감지 물질 영역이 주어진 순간에 노출된다.

<15> 패턴화된 마스크의 단점은 이들이 극도로 정확해야한다는 것이다. 마스크에 있어서 한 가지 결함은, 검출되지 않을 경우, 수백 또는 수천의 집적 회로칩의 손실을 야기시킬 수 있다는 것이다. 따라서, 마스크가 제조 처리에 이용되기 전에 어떠한 마스크 결함도 검출될 수 있도록, 마스크는 정화하게 제조되어야할 뿐만 아니라, 세심하게 검사되어야만 한다.

<16> 마스크 자체와 같이 마스크 검사 기술은 마스크가 이용되는 특정 리소그래피 처리방법에 적합하도록 조절된다. 마스크의 물질은 노출 방사선에 적합하게 되도록 선택된다. 실례로, 노출 방사선으로 광학 또는 자외선 방사선을 사용하는 리소그래피 처리에 있어서, 유리 마스크(즉, 노출 방사선에 투명한 유리 기판상에 형성된 금속 패턴화 막)이 통상적으로 이용된다. 전자를 이용하는 투사 리소그래피 기구에 있어서, 마스크는 입사하는 전자를 스캐터링하는 물질의 고밀도 영역(블록킹 영역)과 입사하는 전자를 스캐터링하지 않는 저밀도 영역(비블록킹 영역)으로 구성된다.

<17> 설계 규정(즉, 집적 회로 패턴의 형상의 크기)이 0.5㎛ 에서부터 0.35㎛, 0.25㎛, 0.18㎛ 등으로 감소함에 따라, 노출 방사선의 파장 또한 감소하게 되는데, 이는 투사 렌즉가 해상할 수 있는 최소의 형상은 파장에 비례하기 때문이다. 0.1㎛ 크기 형상을 갖는 집적된 회로 디바이스를 제조하는데 대하여, 초자외선(EUV)으로 칭하는 파장 범위의 노출 방사선이 제안되었다.

<18> EUV 방사선에 적합한 마스크는 보다 긴 광 파장에 적합한 마스크와는 다소 다르게 되는데, 이는 통상 광학 리소그래피에 이용되는 유리 기판이 EUV 방사선(즉, 약 5nm 내지 50nm 범위의 파장을 갖는 방사선)에 대하여는 투명하지 않기 때문이다.

<19> 이러한 문제를 극복하기 위하여, EUV 마스크는 EUV 방사선을 반사하는 다중층 막으로 코팅된 기판(통상적으로 용해된 실리카 또는 실리콘)이 된다. 이러한 막상에는 EUV 방사선을 흡수하는 패턴화된 층이 있게 된다. 이와 같이, 마스크 표면으로부터 반사된 방사선은 패턴화된다. EUV 마스크의 특성은 특히 어떤 결함 형태의 존재에 대해 검사하기 어렵게 한다.

<20> 실례로, 패턴화된 물질상의 일부 결함은 광학적으로 용이하게 관측될 수 있다. 이러한 것은 EUV 마스크가 디바이스 기판상에 형성된 패턴 보다 통상 4배 크기 때문이다. 그러므로, 디바이스 기판상의 0.15㎛ 형상은 4배큰(즉, 0.6㎛) 마스크상의 대응하는 형상을 사용하여 형성된다. 그러한 크기의 형상은 광학적 검사 기술을 사용하여 용이하게 관측될 수 있다. 또한 결함의 원인이 될 수 있는 미립자로된 불순물, 즉 먼지 분자의 존재도 역시 광학적 시험에 의해 검출된다.

<21> 하지만, 일부 결함은 광학적 검사를 사용하여 검출할 수 없게 되는데, 이는 이들이 그로부터 반사된 시각적 파장 방사선의 관측가능한 변화를 야기하지 못하기 때문이다. 그러한 결함의 예는 결함의 영역에서 막으로부터의 반사율을 감소시키는 결함, 또는 결함의 영역에서 막으로부터 반사된 EUV 방사선의 위상을 이동시키는 결함을 포함한다. 이들 결함의 특성은 이들이 종종 광학적 검사 기술을 사용하여 검출될 수 없다는 것인데, 이는 광학적 검사 파장에서 이들 결함의 형태가 관측될 수 없기 때문이다. 하지만, 이들 결함은 다중층 반사 대역내에 포함되는 EUV 방사선에 영향을 미치게 된다. 결과적으로, 그러한 결함이 검출되지 않는다면, 결과적인 마스크는 디바이스 웨이퍼상에 결함을 갖는 패턴을 발생시키게 된다. 디바이스 웨이퍼상의 패턴은 마스크상의 패턴 보다 4배 작으므로, 패턴에서의 결함은 광학 검출에서 벗어날 수는 있지만, 그 자체가 결과적 디바이스의 결함있는 작동으로 나타나게 된다.

<22> 따라서, 패턴화된 다중층 막이 마스크상에 형성되기 전에 모든 결함에 대해 마스크 기판을 검사하는 것이 바람직하며, 또한 이러한 것이 디바이스 웨이퍼상의 패턴을 형성하는데 이용되기 전에 패턴화된 마스크를 검사하는 것이 바람직하다. 결함의 검출이 빠를수록, 결함으로부터 야기되는 유해한 결과가 적어지게 된다. 하지만, 광학 기술에 의해 검출할 수 없는 결함을 검출하기 위해서는, 다중층 막에 의해 반사된 파장(즉, EUV 파장) 범위의 방사선을 사용하여 검사가 이루어져야 한다.

<23> EUV 파장에서의 EUV 마스크에 대한 한 가지 검사 방법이, OSA Proceedings on Extreme Ultraviolet Lithography, Vol.23, pp. 193-203(1994)의 Nguyen, K.B. 등에 의한 "Imaging of EUV Lithographic Masks with Programmed Substrate Defects"에 게재되어 있다. Nguyen 등에서 게재된 기술에서, 인입하는 EUV 방사선은 마스크상으로 보내지며, 반사된 방사선은 에너지 감지 물질의 막상으로 이미지화된다. 에너지 감지 물질의 결과적인 이미지는 현상되고, 패턴이 마스크에 기인한 결함에 대해 검사된다. 이러한 기술은 제한적으로 되는데, 이는 마스크내의 이의의 결함이(예컨대, 기판 반사율의 미소 감소 또는 반사된 방사선의 단지 미소한 위상 변화 만을 야기하는 결함) 검출되기가 쉽지 않기 때문이다. 더욱이, 다수의 개별적인 노출이 전체 마스크의 이미지를 에너지 감지 레지스트 물질로 전송하는데 요구되므로, 이러한 기술은 시간을 소비한다.

<24> 따라소, 현재 이용가능한 기술에 의해 검출될 수 없는 매우 미세한 결함까지도 빠르게 검출할 수 있는 EUV 마스크 검사 기술이 요구된다.

### *발명이 이루고자 하는 기술적 과제*

<25> 본 발명은, 약 5nm 내지 50 nm의 파장 범위(이후 초자외선 범위로 칭함)의 방사선이 소정의 패턴으로 이전에 검사된 마스크상으로 투과되는, 디바이스 제조를 위한 리소그래피 처리방법에 관한 것이다. 마스크에 의해 패턴화된 방사선은 에너지 감지 물질(통상, 레지스트 코팅된 실리콘 웨이퍼)의 층으로 코팅된 기판상으로 투사된다. 마스크는, 에너지 감지 물질(기판상에 형성된 에너지 감지 물질의 층으로부터 분리된 별개의 층)이 마스크 블랭크와 EUV 방사선 소스 사이에 삽입되는 기술에 의해 검사된다. 에너지 감지 물질의 이러한 분리된 별개의 층은, 집합적으로 마스크 블랭크 정보로 참조되는, 마스크 블랭크의 위상 및 반사율의 변화가 에너지 감지 막에 기록되는 방식으로 위치된다. 본 발명의 목적을 위하여, 마스크 블랭크는 다수층을 갖는 반사막이 형성된 기판(실례로, 실리콘, 파이어 실리콘)이 된다. 마스크 블랭크는 검사되는 시간에 형성된 EUV 방사선을 흡수하는 패턴화된 층을 갖지 않는 것이 바람직하다. 본 실시예에 있어서, 마스크 블랭크가 검사된 후, EUV 방사선을 흡수하는 패턴화된 물질층이 마스크 블랭크상에 형성된다. 대안적인 실시예로, EUV 흡수 물질의 패턴화된 층은 검사 이전에 마스크 블랭크상에 형성된다.

<26> 본 발명의 처리 방법에 있어서, 에너지 감지 물질층은 EUV 방사선에 부분적으로 투명한 멤브레인상에 또는 마스크 블랭크상에 형성된다. 적합한 멤브레인의 예는 1 미크론 보다 작은 두께를 갖는 붕소 도핑 실리콘 및 폴리실리콘을 포함한다. 에너지 감지 물질은 마스크 블랭크와 EUV 방사선 소스 사이에 삽입된다. EUV 방사선은 에너지 감지 물질상으로 보내진다. 에너지 감지 물질이 멤브레인상에 형성되는 실시예에 있어서, 멤브레인은 에너지 감지 물질과 EUV 방사선 소스 사이에 있게 된다. 에너지 감지 물질층은 단지 마스크의 표면으로부터 코히런스 길이의 약 절반에 위치되어야 한다. 코히런스 길이는 노출 방사선 소스에 관련하며, 노출 방사선의 파장은 약 5 내지 50nm가 된다. 일반적으로, 싱크로트론 소스에 대하여, 에너지 감지 물질은 단지 마스크의 표면으로부터 약 1 미크론에 위치되어야 한다. 에너지 감지 물질의 EUV 흡수 및 두께는 인입하는 방사선이 에너지 감지 물질에 의해 완전히 흡수되지 않도록 된다.

<27> 마스크 블랭크는 그 위에 형성된 EUV 반사 막을 가지므로, 에너지 감지 물질을 통해 투과된 EUV 방사선은 에너지 감지 물질을 통해 다시 반사막으로부터 반사된다.

<28> 에너지 감지 물질이 노출된후, (포지티브 에너지 감지 물질의 경우) 노출된 에너지 감지 물질을 디졸브하거나 그렇지 않으면 제거하는 상태에 놓이게 된다. 이러한 것은 현상으로 언급된다. 대안적인 실시예에 있어서, (네가티브 에너지 감지 물질의 경우) 에너지 감지 물질의 노출되지 않은 부분은 에너지 감지 물질이 방사선에 노출된후 제거된다.

<29> 에너기 감지 물질 및 현상제는, 에너지 감지 레지스트 물질이 디졸브되는비율이 에너지 감지 레지스트 물질에 의해 수신되는 방사선량에 관련하도록 선택된다. 에너지 감지 레지스트 물질에 의해 수신된 방사선량은 통상 투입량으로 칭한다. 에너지 감지 레지스트 물질에 의해 수신된 방사선 투입량이 변화한다면, 에너지 감지 레지스트 물질층이 이 현상제에 의해 디졸브되는 비율 또한 변화하게 된다. 반사막이 완전하게 균일하다면, 에너지 감지 레지스트 물질층에 의해 수신된 방사선 투입량은 균일하게 된다. 결과적으로, 에너지 감지 레지스트 물질이 현상제에 의해 디졸브되는 비율은 균일하게 된다.

<30> 이와 같이, 다중층 막의 균일성은 방사선에 노출되어 부분적으로 현상된후 에너지 감지 물질층을 검사함으로써 결정된다. 에너지 감지 물질의 표면이 균일하다면, 이는 기반이 되는 다중층 반사막이 결함이 없다는 것을 나타낸다. 하지만, 에너지 감지 물질의 표면이 균일하지 않다면, 이는 이하에 기술되는 바와 같이 결함이 존재한다는 것을 나타낸다.

<31> 에너지 감지 물질은, EUV 반사막에 결함이 존재하는데 기인한 막의 두께 변화, 흡수 변화 및 굴절율 변화를 확인하는 광학적 기술을 사용하여 검사된다. 그러한 변화는 결함에 기인하는데, 이는 마스크 블랭크 반사율의 변화로부터 야기되기 때문이다.

<32> 현상된 막은 당 기술 분야의 숙련자에게 널리 공지된 설비와 종래의 광학적 검사 기술을 사용하여 검사된다. 다양한 광학적 검사 기술이 이러한 목적에 적합하도록 고려된다. 실례로, 캘리포리아 소재의 KLA-Tencor of Milpitas 의 Tencor Surfscan 6420 Wafer Surface Analysis System 이 현상된 막을 검사하는데 이용된다. 이러한 장치는 가시적 방사빔으로 현상된 막을 조사한다. 상기 막이 완전히 평활하다면, 가시적 방사빔은 거울과 같이 반사된다. 거울과 같은 방향과는 다른 방향의 가시적 방사선(분산된 광)의 존재는 현상된 막에 작은 결함이 존재한다는 것을 나타낸다.

<33> 빗겨가는 각으로 현상된 막으로 향하는 방사선빔을 활용하는 광학적 검사 기술이 또한 적절히 고려될 수 있다. 위상 콘트라스트 마이크로스코프가 이러한 기술에 이용된다.

<34> 다른 실시에에 있어서, 간섭 마이크로스코프가 광학적 검사를 실행하는데 이용된다. 간섭 마이크로스코프는 인입하는 빔을 두 빔으로 분할하며, 그중 하나는 기준 빔이 된다. 다른 빔은 노출되어 현상된 레지스트 물질을 통해 투과된다. 다른 빔이 기판으로부터 반사되므로, 한번은 인입하는 방사선으로, 한번은 반사된 방사선으로, 두 번에 걸쳐 시험 물질을 통해 투과된다. 두께 또는 굴절율의 어떠한 변화도 일부 빔의 위상을 변화시킨다. 결함으로부터 반사된 빔은 기준 빔과 재결합된다. 두 빔 간의 간섭은 결합된 빔이 일정 세기를 갖도록 한다. 이러한 세기는 반사된 빔이 결함으로부터 반사되지 않게 되는 결합 빔의 세기와는 다르게 된다. 세기의 어떠한 관측된 차도 결함의 존재를 나타낸다. 이러한 검사 기술은 노출된 막을 검사하기 위해 고해상 EUV 투사 또는 스캐닝 광의 사용을 필요로 하지 않으며, 따라서 비용이 저렴하고, EUV 마스크를 검사하는 현재 기술 보다 빠르게 된다.

<35> 마스크 블랭크가 검사된후, 그 위에 형성된 흡수재 물질의 패턴화된 층을 갖는 검사된 마스크는 이전에 기술된 리소그래피 처리에 이용된다. 마스크 패턴의 이미지는 기판상에 형성된 에너지 감지 물질층으로 전달된후, 이러한 패턴의 이미지는 현상되고, 현상된 패턴은 기반이 되는 기판으로 전달된다. 현

상 및 패턴 전송의 특정 단계는 여기에 상세히 설명되지 않는다. 이미지 현상 및 패턴 전송에 대한 적절한 물질 및 조건은 당기술 분야에 널리 공지되어 있다.

## *발명의 구성 및 작용*

<36> 도 1은 노출 방사선의 파장이 EUV 범위에 있는 디바이스 제조를 위한 리소그래피 처리에 이용되는 마스크를 도시한다. 마스크(10)는 기판(20)상에 형성된다. 적절한 마스크 기판의 예는 낮은 열팽창계수를 갖는 연마된 세라믹 물질 또는 실리콘을 포함한다. 기판(20)은 그 위에 형성된 반사막(30)을 갖는다. 반사막(30)은 다수의 층(35)으로 이루어진다. 반사막(30)은 그 위에 패턴화된 막(40)을 형성하며, 상기 막은 EUV 파장 범위의 방사선을 흡수한다. 적절한 흡수재 물질의 한 예는 게르마늄이 된다.

<37> 다중층 막(30)상에 입사하는 EUV 방사선(45)은 상기 막으로부터 실질적으로 반사된다. 흡수재 물질(40)상에 입사하는 EUV 방사선(46)은 상기 물질에 의해 실질적으로 흡수된다.

<38> 본 발명의 처리방법에 있어서, 마스크(10)는 흡수재 층(40), 다중층 막(30) 및 마스크 기판(20)의 결함에 대해 검사된다. 상술한 바와 같이, 결함을 갖는 마스크가 만일 이용된다면 수백 또는 수천의 결함을 갖는 집적 회로칩을 발생시키게 된다. EUV 마스크에 있어서의 일부 결함들은 다른 것 보다는 알아내기가 쉽다. 예컨대, 흡수재 물질(40)에서의 핀홀 결함(50)은 종래의 광학 기술에 의해 검출되기 쉬운데, 이는 흡수재 층 및 다중층 막의 반사가 매우 다르기 때문이다. 그러므로, 흡수재 층에서의 그러한 결함은 용이하게 검출되어 쉽게 교정된다.

<39> 종래 광학 검사 기술에 의해 간혹 검출될 수 있는 마스크 결함의 또다른 소스는 입자가 된다. 입자(56)는 도1에 도시된다. 다중층 막이 기판 표면상의 부스러기(57)상에 형성된다면, 다중층 막의 표면에 불규칙한 부분(55)이 야기된다. 또한, 다중층 막이 기판의 할퀸자국위에 형성된다면, 다중층 막의 불규칙한 부분이 야기된다. 이러한 불규칙한 부분이 충분히 크다면 광학 검사 기술에 의해 검출될 수 있다. 하지만, 이들 야기된 불규칙한 부분이 광학 검사에 의해 검출될 수 없게 된다면, 이들은 마스크 작업에 악영향을 미칠 수 있게 된다. 당 기술 분야에 숙련된 사람은 그러한 결함이 검출될 수 있는지의 여부는 검사에 이용되는 방사선의 파장과 결함의 크기에 좌우된다는 것을 인정할 것이다. 예컨대, 다중층 막에서의 3㎚ 불규칙한 부분은 600㎚ 파장 방사선을 사용하여 검사하는 경우 검출될 수 없다. 하지만, 동일한 3㎚ 불규칙한 부분은 검사에 이용되는 방사선의 파장이 14㎚ 일 경우 검출될 수 있다. 하지만, 상술한 바와 같이, EUV 파장에서 결함을 검사하는 것은 바람직하지 않다.

<40> 다중층 막에서의 일부 결함들은 결함의 크기와는 다른 이유로 광학적 기술을 사용하여 용이하게 검출되지 않는다. 이러한 것은 다중층 막에 입사하는 가시광이 마치 다중층 막이 금속막인 것처럼 작용하기 때문이다. 입사광의 파장이 다중층 두께 보다 상당히 크므로 인하여, 광이 다중층 막을 투과한다 하더라도, 층의 세부적인 부분들이 평균화되어 미세한 결함을 갖는 영역들이 정상적인 영역과 같이 보이게 된다.

<41> 다중층 막의 미소 변화, 즉 1 또는 2 나노미터와 같은 적은 변화는 다중층 막으로부터 반사된 광을 거의 변화시키지 않지만, 그러한 미소 변화는 막으로부터 반사된 방사선의 위상 및 반사율을 변화시키게 된다. 이러한 것은 다중층 막이 그 위에 EUV 광이 입사하는 경우 공진 구조와 같이 작용하기 때문이다. 결과적으로, 입사 방사선 대역폭의 단지 미소 비율 만이 다중층 막으로부터 반사된다. 1 또는 2 나노미터의 변화라도 반사된 파장 범위의 반사된 방사선의 위상 또는 반사율을 극적으로 변화시킬 수 있다.

<42> 실례로, 다중층 막의 높이에 있어서 1 나노미터의 변화는 13.3㎚ 내지 13.7㎚ 대역에서의 반사된 방사선의 위상을 50도 만큼 변경시키지만, 동일한 결함은 633㎚ 광의 위상을 단지 약 1도 만큼만 변경시킨다. 실례로 층간 물질의 확산의 변화 또는 층 간격과 같은 에러가 되는 다중층에서의 미세한 에러가 반사파의 특성을 변경시킬 수 있는 것은 이러한 이유 때문이다. 그러한 에러가 광학 검사 기술에 의해 검출될 수 없다고 하더라도, 그러한 결함은 기판상의 EUV 감지 레지스트로 전송된 이미지로 전달된다.

<43> 본 발명의 처리에 있어서, 마스크가 검사를 위해 EUV 방사선을 이용하지 않고서 EUV 레지스트로 전송되는 에러를 갖는지의 여부를 관측하는 기술에 의해 마스크가 검사된다. 양호한 실시예에 있어서, 마스크 블랭크가 본 발명의 처리에 따라 검사된 후, 흡수재 물질의 패턴화된 층이 그 위에 형성된 다음 종래의 광학 검사에 놓이게 된다.

<44> 청구된 처리방법에 있어서, 마스크 블랭크는 당 기술 분야에 널리 공지된 종래의 기술을 사용하여 제조된다. 도 2에 도시된 본 발명의 한 실시예에 있어서, 다중층 코팅된 마스크 블랭크(200)가 제조된후(흡수재 물질의 패턴화된 층이 그 위에 형성되기 이전에), EUV 범위의 파장을 갖는 방사선을 감지하는 에너지 감지 물질층(220)이 다중층 막(210)상에 형성된다. 이후, 에너지 감지 물질(본 명세서에서는 레지스트 물질로 칭함)이 EUV 방사선에 노출된다.

<45> 도 3에 도시된 본 발명의 제 2 실시예에 있어서, 다중층 코팅된 마스크 블랭크(300)가 제조된후(흡수재 물질의 패턴화된 층이 그 위에 형성되기 전에), EUV 범위의 파장을 갖는 광을 감지하는 에너지 감지 물질층(320)이 멤브레인(330)상에 형성된다. 멤브레인(330)은 EUV 파장 범위의 광에 투명한 물질이 된다. 실리콘은 적합한 멤브레인 물질의 한 예가 된다. EUV 감지 레지스트(320)가 형성된 멤브레인(330)은 EUV 방사선 소스(335) 및 마스크 블랭크(300)의 다중층 막(310) 사이에 위치된다. EUV 감지 레지스트(320)는 본 실시예에 있어서 기판의 표면으로부터의 코히런스 길이의 절반 이내에 있어야 한다. 코히런스 길이는 소스 대역폭으로 분할된 파장의 제곱이 된다. 예컨대, 노출 방사선의 파장이 13㎚ 이고, 소스의 대역폭이 0.6㎚ 이면, 코히런스 길이는 약 0.3㎛ 가 된다. 본 예에 있어서, EUV 감지 물질은 기판 표면의 약 0.15㎛ 내에 있게 된다.

<46> 다른 실시예에 있어서, 에너지 감지 물질은 에너지 감지 레지스트 물질에 의해 수신된 방사선의 투입량에 따라서 선택적인 비율로 에너지 감지 물질을 용해하는 상태에 놓이게 된다. 에너지 감지 물질은 그 두께의 일부에 대해 에너지 감지 물질을 용해시키는 기간 동안 이러한 상태에 놓이게 된다. 다중층 막의 결함에 기인한 변화에 대해 검사되는 현상이후 충분한 레지스트 물질의 부분이 남게 된다. 결함

이 어떻게 에너지 감지막에 나타나는 지는 다중층 막에 대한 레지스트 막의 근접함에 따르게 된다. 도 2를 참조하면, 에너지 감지 막(220)이 다중층 막(210)상에 적용되는 본 발명의 실시예에 있어서, 다중층 막(210)의 결함(240)은 반사된 EUV 방사선(245)(입사 방사선은 화살표(243)로 나타냄)의 위상 또는 진폭의 변경을 야기하여, 그러한 결함을 갖지 않는 다중층 막(210)상의 지점으로부터 반사된 방사선(250)을 수신하는 에너지 감지 물질의 영역과 비하여 결함(240)에 인접한 에너지 감지 물질(220)의 영역에 불규칙적인 노출을 야기한다.

<47> 도 3을 참조하면, 에너지 감지 막(320)이 멤브레인(330)상에 적용되며 다중층 막(310)으로부터 분리된 본 발명의 실시예에 있어서, 다중층 막(310)에서의 결함(340)은 반사된 EUV 방사선(345)(인입하는 방사선은 343으로 표시됨)의 위상 또는 반사율의 변화를 야기하며, 그러한 결함을 갖지 않는 다중층 막(310)상의 지점으로부터 반사된 방사선(350)을 수신하는 에너지 감지 물질의 영역에 비하여 결함으로부터 반사된 방사선(345)에 노출된 에너지 감지 물질(320)의 영역에 불규칙한 노출을 야기한다.

<48> 다른 실시예에 있어서, 에너지 감지 물질의 두께는 약 50 nm 보다 적게 된다. 에너지 감지 물질의 두께가 그와 같이 제한되는 경우, 이를 통하여 마스크 블랭크상으로 투과되는 EUV 방사선은 충분하게 감소되지 않는다.

<49> 에너지 감지 레지스트 물질이 EUV 방사선에 노출된 후, 레지스트의 일부는 현상제에 의해 제거된다. 레지스트 물질은 다중층 막이 형성되는 기반이 되는 기판의 표면 또는 다중층 막에 결함 존재의 흔적에 대해 광학적 기술에 의해 검사된다. 레지스트 물질의 표면이 실질적으로 평탄하다면, 이러한 것은 EUV 방사선이 기판 표면으로부터 균일하게 반사된다는 것을 나타내며, 마스크 블랭크가 결함을 갖고 있지 않다는 것을 나타낸다. 레지스트 물질의 표면이 비균일성을 갖는다면, 이는 EUV 방사선이 기판 표면으로부터 균일하게 반사되지 않는다는 것을 나타내며, 마스크 블랭크내에 결함이 존재한다는 것을 나타낸다.

<50> 본 발명의 한 실시예에 있어서, 현상제 용해는 에너지 소스로부터의 방사선과 기판 표면으로부터 반사된 방사선에 노출되는 것에 의해서 에너지 감지 물질로 유입되는 "정재파" 패턴을 현상하는데 이용된다. 도 4는 어떻게 그러한 패턴이 막에 결함의 존재를 밝힐 수 있는지를 이해하는데 유용하다.

<51> 특히, 도 4는 에너지 감지 레지스트 두께(즉, 도 2에 도시된 실시예에 대한 다중층 막의 표면 위의 막 두께)의 함수로서 EUV 방사선의 세기의 그래프가 된다. 점선(410)은 에너지 감지 레지스트 물질과 기반이 되는 다중층 막 사이의 인터페이스가 제로가 되는 막 두께의 함수로서 방사선 소스로부터의 입사 방사선의 세기를 나타낸다. 라인(415)은 막 두께의 함수로서 다중층 막으로부터 다시 레지스트 막으로 반사되는 광의 반사된 방사선의 세기를 나타낸다. 도 4는 입사 및 반사된 방사선으로서 레지스트 막을 통하여 지나감에 따라 광의 세기가 감소되는 것을 나타낸다. 이들 두 빔간의 간섭에 의해 발생되는 정재파는 도 4에서 라인(420)이 된다. 레지스트 물질의 정재파로 인하여, 임의의 영역은 노출 부족이 되고, 임의의 다른 영역은 노출 과다가 된다. 특정 레지스트 물질 및 현상제에 따라서, 노출 부족 영역 또는 노출 과다 영역중 한 영역은 다른 것 보다는 더욱 빠르게 현상된다. 현상된 패턴은 정재파와 일치하지 않는 곳에서 변화가 있는지를 결정하도록 시험된다.

<52> 막에서의 결함과 관련하는 반사된 방사선의 위상 또는 반사율의 변화는 에너지 감지 레지스트 물질이 현상될 때 그 자체를 드러낸다. 상술한 바와 같이, 결함으로부터 반사된 방사선에 노출된 에너지 감지 레지스트 물질은 막의 결함이 없는 영역으로부터 반사된 방사선 감지 레지스트 물질과는 다르다. 이러한 차이는 막이 현상될 때 막 두께의 차로서 나타난다.

<53> 레지스트 물질이 "하이 콘트라스트"라면, 즉 노출된 레지스트 물질의 용해율이 EUV 방사선 투입량의 적어도 세제곱과 비례하는 것이 바람직하다. 투입량과 용해율 간의 그러한 관계는 현상된 레지스트 막의 두께가 다중층 막의 결함에 상응하는 레지스트 막의 영역에서 다르게 한다. 결함의 존재는 레지스트 막이 현상될 때 관측되는데, 이는 결함에 인접한 영역에서 레지스트 막의 나머지 영역에서와는 다른 레지스트 량이 제거되기 때문이다. 결함이 레지스트의 표면에서 날카로운 가장자리가 있는 불규칙한 상태로 나타나게 될 때, 간섭계 보다는 스캐터된 광을 검출하는 기구(예컨대, Tencor Surfscan 또는 위상 콘트라스트 마이크로스코프)를 사용하는 광 검사에 의해 보다 용이하게 검출된다. 이에 반하여, 결함이 레지스트의 표면에서 부드러운 가장자리가 있는 불규칙한 상태로 나타나게 될 때, 위상 콘드라스트 마이크로스코프 또는 광 스캐터 검출기 보다는 간섭계를 사용하는 광 검사에 의해 보다 용이하게 검출된다.

<54> 반사율의 변화 또는 위상의 변화를 야기하는 결함으로부터 반사된 방사선은 결함이 없는 다중층 막으로부터 반사된 방사선과는 다른 에너지 감지 레지스트 물질상의 효과를 갖는다. 이러한 것은 도 5에 도시되며, 도 5는 EUV 방사선에 대한 노출에 의해 레지스트 막에서 발생된 정재파의 한 주기 보다 큰 두께(30nm)를 갖는 EUV 레지스트 막에서의 방사선 세기의 등고선 맵을 도시한다. 수평 밴드(510)는 레지스트 두께(수직 축)의 함수로서 EUV 방사선의 세기 등고선을 나타낸다. 수평축은 레지스트 표면의 특정 위치를 나타낸다.

<55> 도 5에 도시된 등고선 맵은 MathCad 프로그램 및 그래픽을 사용하여 발생된다. 도 5는 에너지 감지 물질의 부분에서의 세기 변화를 나타낸다. EUV 파장은 13.6 nm가 되며, 다중층 반사율은 65 퍼센트가 된다. 이용된 레지스트 흡광도는 0.02/nm 이다. 설계된 다중층 막은 0.1 μm 폭의 결함을 가지며, 여기에서는 30도 위상 결함이 된다. 30도 위상 결함의 존재는 도 5의 등고선 맵에서 나타나는 움푹한 곳의 소스가 된다. 도 5는 0.1 μm 폭, 30도 위상 결함의 위치에 대응하는 수평축상의 지점에서 변화하는 막 두께의 함수로서 방사선의 세기를 도시한다.

<56> 위상 결함은 마스크 블랭크에서의 결함의 변화로부터 야기된다. 예컨대, 마스크 기판상의 스크래치의 존재 또는 다중층 막의 형성중의 스태킹 폴트가 에너지 감지 레지스트 막의 위상 결함을 야기시킨다.

<57> 도 6은 반사량이 10 퍼센트로 감소되는 0.1μm 폭 결함을 갖는 다중층 막의 등고선 맵을 도시한다. 도 6은 레지스트 두께의 함수로서 결함의 위치에 대응하는 레지스트의 지점에서의 세기가 레지스트의 다른 위치에서와는 다르다는 것을 도시한다. 이러한 다른 이유는 결함으로부터 반사된 광을 수신한 레지스트의 위치에서의 구성적 간섭은 레지스트 물질의 다른 위치에서의 구성적 간섭과는 다르기 때문이

다.

<58> 다중층 막에서의 결함은 레지스트 두께의 변화로서 노출된 그리고 부분적으로 현상된 레지스트에 나타난다. 하지만, 두께의 차이는 1 나노미터 보다 작을 수 있으며, 이는 관측하기가 어려운 차이가 된다. 그러한 경우에 있어서, 다중층 막의 결함의 "기호"를 확대하도록 에너지 감지 물질의 두께를 선택하여 그 존재를 더욱 용이하게 검출될 수 있게 하는 것이 바람직하다. 레지스트의 상부층이 레지스트 두께의 지점에서 레지스트로 유입되는 세기로 인하여 현상중에 용이하게 용해될 수 있는 에너지 감지 물질의 두께를 선택하는 것이 바람직하다. 도 7을 참조하면, 에너지 감지 물질(710)의 두께는 입사 및 반사된 EUV 방사선에 의해 레지스트에서 발생된 정재파의 몇몇 부기 보다 길게되도록 선택된다. 이러한 두께는 또한 표면이 표면을 선택적으로 용해시키는 방사선량을 수신하도록 선택된다. 에너지 감지 물질(710)이 포지티브-작용 레지스트라면, 두께는 정재파에서의 노드(즉, 인접한 최대 세기)가 레지스트의 표면에서 야기되도록 조절된다. 에너지 감지 물질(710)이 네가티브 작용 레지스트라면, 두께는 안티노드(즉, 인접한최소 세기)가 레지스트의 표면에서 야기되도록 조절된다. 이러한 개념은 도 7에서 레지스트 물질(710)의 교호하는 어두운 밴드(715) 및 밝은 밴드(720)에 의해 설명된다. 실례로, 에너지 감지 물질(710)이 포지티브 작용 레지스트이고, 어두운 영역(715)이 높은 세기의 방사선의 평면을 나타낸다면, 어두운 영역(715)은 밝은 영역(720) 보다 더욱 빠르게 현상된다. 다중층 막(730)의 결함(725)위에서 정재파에 의해 발생된 높은 세기 및 낮은 세기 방사선의 평면은 변경되는데, 이는 결함(725)상에서의 어두운(715) 및 밝은(720) 밴드의 변위로 도시된다. 이러한 변위로 인하여, 결함(725)상에서의 에너지 감지 물질(710)에 대한 현상율은 다중층 막(730)의 다른 위치상에서의 에너지 감지 물질(710)에 대한 현상율과 현저히 다르게 된다. 현상율의 차는 다중층 막의 결함에 의해 야기된 노출된 레지스트에서의 지형적 변경을 증폭시킨다. 특히, 노출된 에너지 감지 물질(710)에서의 1 나노미터 이하의 분광은 현상율의 이러한 차로 인하여 현상후 수 나노미터의 두께가 된다.

<59> 도 8은 반사율 결함(830)을 갖는 다중층 막(825)상에 형성된 노출된 EUV 감지 레지스트 막(810)을 도시한다. EUV 감지 레지스트 막은, 이는 낮은 세기 방사선에 노출된 레지스트가 높은 세기 방사선에 노출된 레지스트 보다 더욱 빠르게 용해된다는 점에서, 네가티브 작용 레지스트가 된다. 다시, 에너지 감지 막에서의 어두운 밴드(815) 및 밝은 밴드(820)는 레지스트가 EUV 방사선에 노출될 때 야기되는 정재파에 의해 발생된 높고 낮은 세기의 방사선의 교호하는 밴드를 나타낸다. 반사율 결함의 결과로서 정재파의 세기는 결함(830)위에서 줄어든다. 결과적으로, 높은 세기 방사선에 노출된 레지스트의 영역은 레지스트의 다른 영역에서 보다 결함(830)위의 에너지 감지 막(810)의 영역에서 보다 얇아진다. 이러한 이유로 결함(830)을 덮고있는 에너지 감지 레지스트 물질(810)은 에너지 감지 물질(810)의 다른 부분 보다 더욱 빠르게 현상된다.

<60> 에너지 감지 레지스트가 포지티브 레지스트가 되는 본 발명의 실시예에 있어서, 정재파 안티노드에 기인하여 야기되는 레지스트의 노출부족 밴드는 보다 늦게 현상되며, 에너지 감지 레지스트의 현상에 대한 "정지"로서 작용한다. 하지만, 결함을 덮고있는 에너지 감지 레지스트 물질의 영역에 있어서, 간섭은 안티노드에서 완전하게 되지는 않는다. 그러므로, 결함위의 안티노드에 대응하는 "정지"층은 막의 결함이 없는 영역위의 안티노드에 대응하는 "정지"층 보다 빠르게 용해된다. 현상제는 마스크 블랭크의 결함이 없는 영역위의 "정지"층을 통과하기 전에 결함위의 "정지"층을 통과하게 될 것이다. 현상이 진행함에 따라, 결함이 없는 영역위의 영역에 비하여 결함위의 레지스트의 현상율 간의 차는 보다 커지게 된다. 이와 같이, 마스크 블랭크의 결함에 의해 야기된 현상된 레지스트의 불규칙성의 크기는 결함 그 자체의 크기 보다 커지게 된다.

<61> 도 5에 도시된 바와 같이, 기초를 이루는 마스크 블랭크의 위상 결함 존재은 정재파에 의해 유도되는 노출된 레지스트의 밴드 두께에 영향을 미치지 않는다. 하지만, 정재파 패턴은 결함위의 영역에서 변화된다. 도 5를 참조하면, 밴드는 결함을 덮고있는 영역에서 구부러진다. 이러한 밴드는 현상에 대한 정지층의 저항을 약하게 한다. 이와 같이, 위상 결함을 덮고있는 에너지 감지 레지스트 물질의 영역에서의 레지스트 물질의 현상율은 막의 결함이 없는 영역을 덮고있는 물질의 현상율과는 다르게 된다. 하지만, 이러한 차이는 반사율 결함의 존재에 의해 야기되는 현상율의 차로서 단정되지는 않는다.

<62> 에너지 감지 레지스트 물질이 멤브레인상에 형성되며 다중층 막상에는 직접 형성되지 않는 본 발명의 실시예는, 다중층으로부터 현상된 레지스트의 노출과 관련하는 문제가 해소된다는 점에서 유익하다. 하지만, 본 실시예에 있어서, 레지스트 물질은 에너지 감지 레지스트 물질에 정재파를 형성하도록 다중층으로부터의 EUV 방사선의 코히런스 길이 보다 작게 되야 한다. 에너지 감지 레지스트 물질이 다중층 막으로부터의 EUV 방사선의 코히런스 길이 보다 크다면, 결함은, 결함으로부터 반사된 방사선을 수신하는 에너지 감지 물질을 다중층 막의 다른 부분으로부터 반사된 방사선을 수신하는 에너지 감지 물질과는 다르게 노출되도록 한다. 이러한 노출에 있어서의 차이는 현상에 있어서의 차를 유도하며, 결함의 존재를 나타낸다.

<63> 에너기 감지 레지스트 물질이 EUV 방사선에 노출되어 현상된후, 다중층 막의 결함에 기인하는 현상된 레지스트의 변화가 있는지를 결정하도록 조사된다. 적절한 시험 기술은 상술된 간섭계 및 다크 필드 마이크로스코피와 같은 광학 조사 기술이 된다. 다크 필드 마이크로스코피가 현상된 에너지 감지 물질을 조사하는데 이용된다면, 결함(즉, 다중층 막의 결함에 기인하는 레지스트 두께의 변화)은 다크 백그라운드상의 광점으로 나타난다. 레지스트의 굴절율은 대약 1.6 내지 1.8이고, 공기는 단지 1이 되므로, 결함은 검사에 이용되는 광 위상의 변형을 야기한다.

## *발명의 효과*

<64> 현재 이용가능한 기술에 의해 검출될 수 없는 매우 미세한 결함까지도 빠르게 검출할 수 있는 EUV 마스크 검사 기술이 제공된다.

## *(57) 청구의 범위*

**청구항 1**

디바이스 제조 처리 방법에 있어서: 사전에 검사된 마스크상으로 대략 5nm 내지 50 nm 파장 범위의 방사선을 투과하는 단계로서, 상기 마스크는 마스크 기판을 구비하고, 상기 마스크 기판상에는 다중층 막이 형성되며, 그 위에 패턴화된 물질막이 있는 상기 다중층 막은 상기 파장 범위의 방사선을 실질적으로 반사하고, 상기 패턴화된 물질막은 상기 파장 범위의 방사선을 실질적으로 흡수하며, 상기 마스크는 소정의 패턴으로 방사선을 실질적으로 반사하는, 상기 방사선 투과 단계; 및 에너지 감지 물질의 제 1 층으로 코팅된 기판상에 패턴화된 방사선을 투사하는 단계를 구비하며, 상기 마스크는: 다중층 막이 그 위에 형성된 마스크 기판과 약 5nm 내지 약 50nm의 파장을 갖는 방사선 소스 사이에 에너지 감지 물질의 제 2 층을 삽입하는 단계; 방사선을 에너지 감지 레지스트 물질의 제 2 층상으로 보내는 단계; 적어도 일부의 방사선을 에너지 감지 레지스트 물질의 제 2층을 통해 다중층막상으로 투과하는 단계로서, 적어도 일부의 방사선은 에너지 감지 레지스트 물질의 제 2 층으로 다시 반사되며, 상기 에너지 감지 물질층은 마스크 블랭크 정보가 에너지 감지막에 기록되도록 위치되는, 상기 투과 단계; 이미지를 현상하는 단계; 및 현상된 에너지 감지 레지스트 물질을 검사하는 단계에 의해 사전에 검사되는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 마스크 기판은 실리콘 기판 및 세라믹 기판으로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 패턴화된 막은 검사 단계 동안 다중층 막상에 있는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 에너지 감지 물질의 제 2 층은 검사 단계 동안 직접적으로 다중층 막위에 있는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 에너지 감지 물질층은 상기 파장 범위의 방사선에 적어도 일부 투명한 멤브레인상에 형성되는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 6**

제5항에 있어서, 상기 멤브레인은 붕소 도핑된 실리콘 및 폴리실리콘으로 구성된 그룹으로부터 선택되며, 멤브레인의 두께는 약 1 미크론 보다 작게 되는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 7**

제5항에 있어서, 에너지 감지 물질층은 마스크 블랭크와 접촉되거나 또는 기판으로부터 코히런스 길이의 단지 절반 정도에 인접하고 있는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 8**

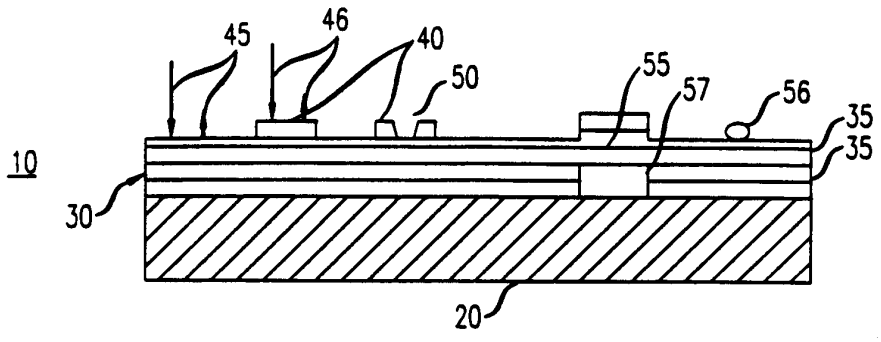
제1항에 있어서, 패턴화된 방사선은 에너지 감지 레지스트 물질의 제 1 층의 패턴 이미지를 형성하며; 에너지 감지 레지스트 물질의 제 1 층의 패턴 이미지를 현상하는 단계; 및 현상된 패턴을 기반이 되는 기판으로 전달하는 단계를 더 구비하는, 디바이스 제조 처리방법.

**청구항 9**

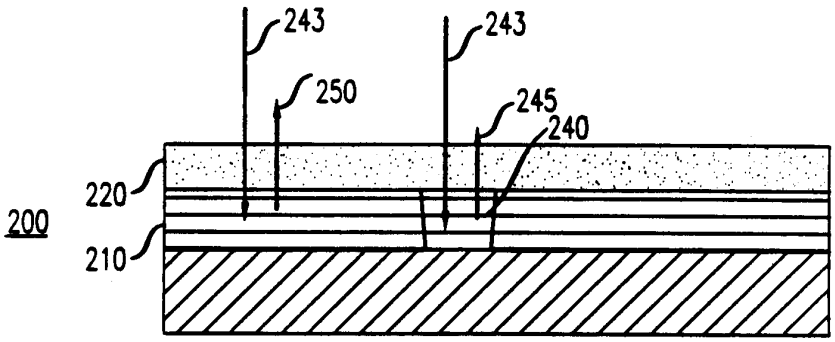
제1항에 있어서, 에너지 감지 레지스트 물질의 제 2 층상으로 투사되는 방사선과 다중층 막으로부터 에너지 감지 레지스트 물질의 제 2 층으로 반사된 방사선은 에너지 감지 물질의 제 2 층의 정재파를 형성하도록 결합되며, 에너지 감지 물질의 제 2 층의 두께는 정재파의 한 주기 보다 크게 되는, 디바이스 제조 처리방법.

*도면*

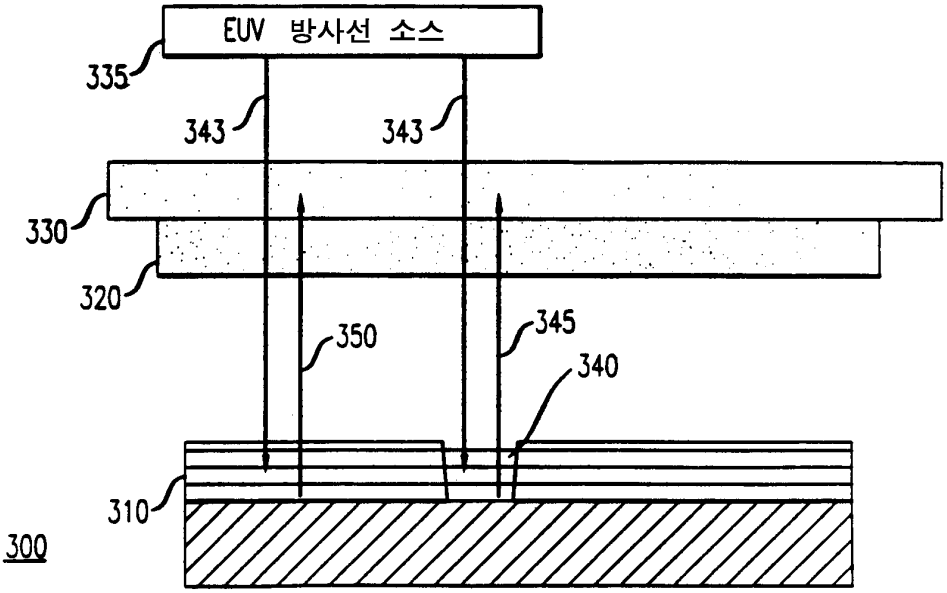
*도면1*



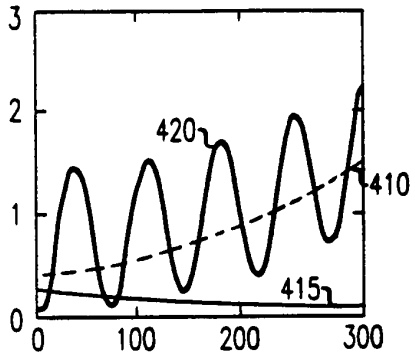
도면2


243
243
250
245
240
220
200
210

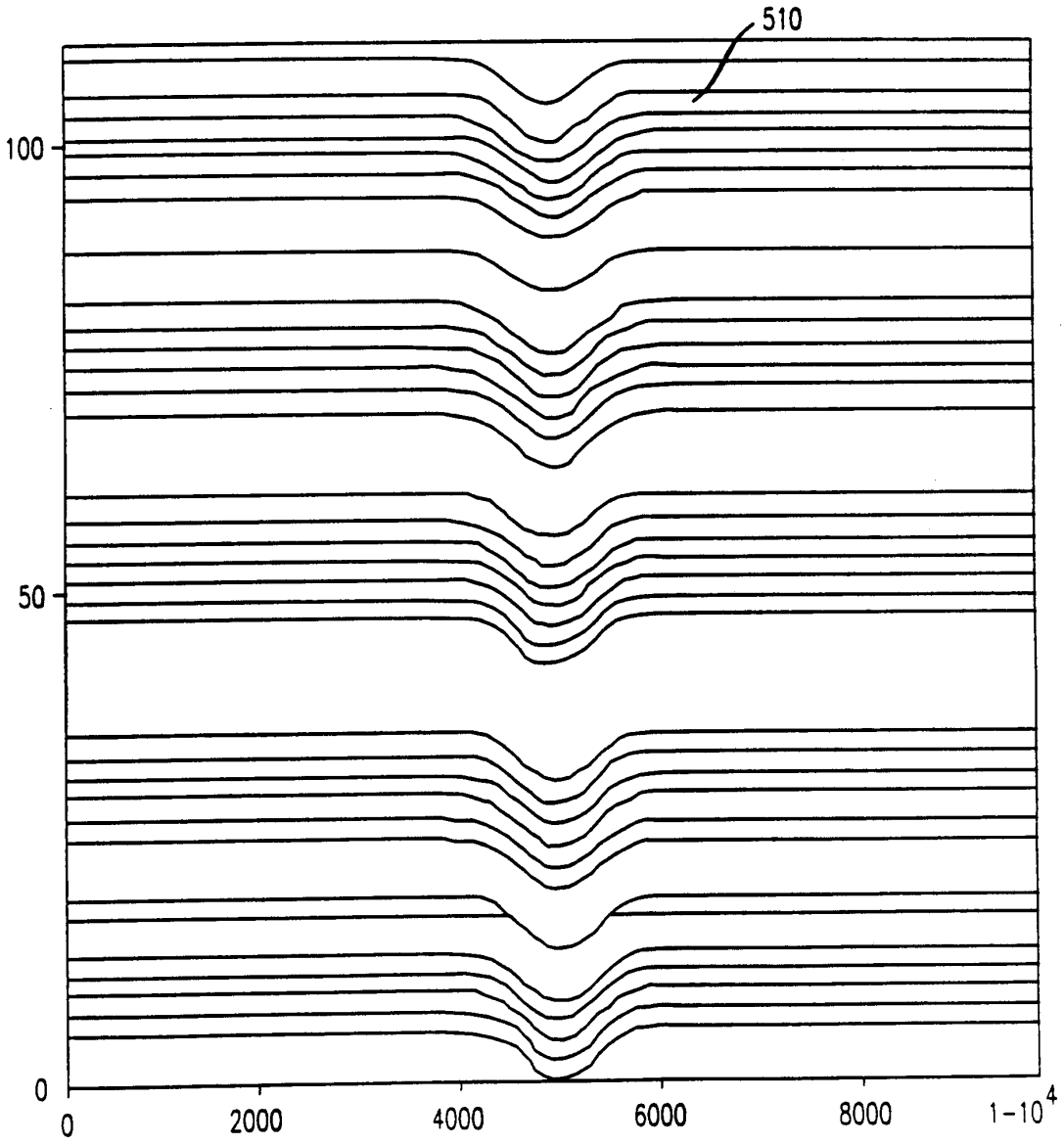
도면3


EUV 방사선 소스
335
343
343
330
320
350
345
340
310
300

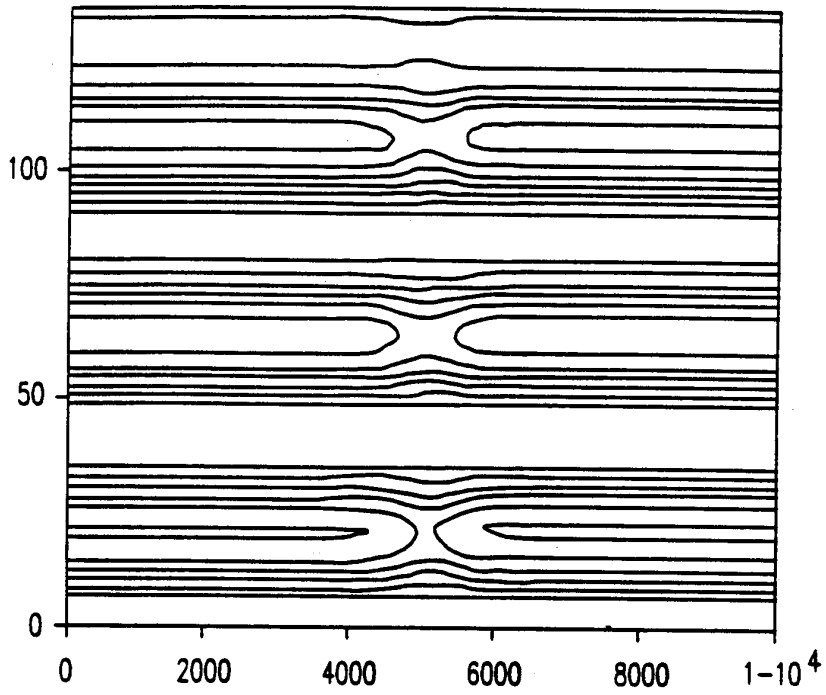
도면4


3
2
1
0
420
410
415
0
100
200
300

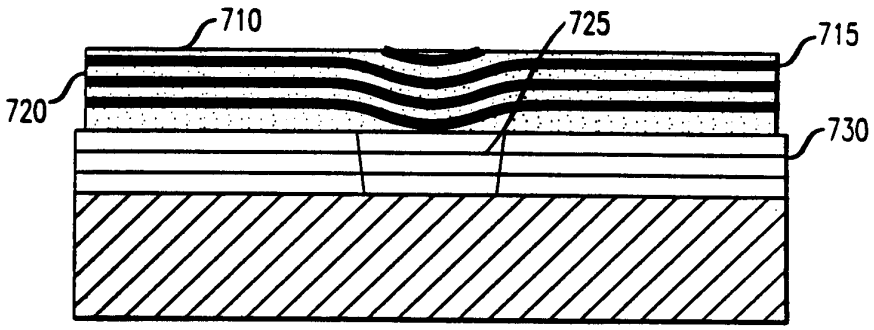
도면5



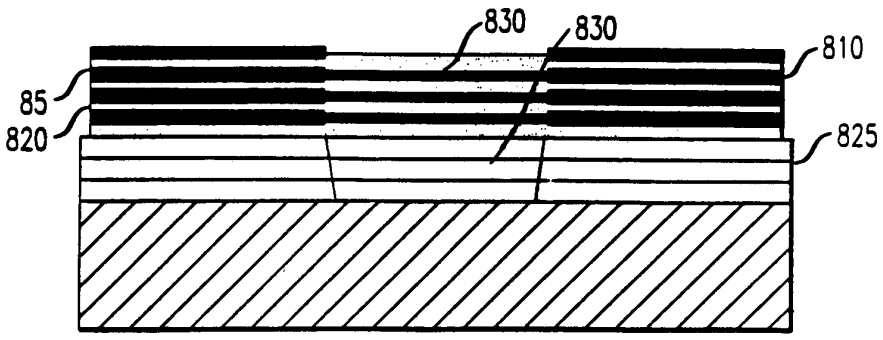
도면6


100
50
0
0
2000
4000
6000
8000
1-10 4

도면7


710
725
715
720
730

도면8


830
830
810
85
820
825