

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
C23C 14/04  
C23C 14/24

(11) 공개번호 10-2005-0057515  
(43) 공개일자 2005년06월16일

(21) 출원번호 10-2005-7004832  
(22) 출원일자 2005년03월21일  
    번역문 제출일자 2005년03월21일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2003/011950  
    국제출원일자 2003년09월19일

(87) 국제공개번호 WO 2004/027107  
    국제공개일자 2004년04월01일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00275365 2002년09월20일 일본(JP)

(71) 출원인 도꾸리쓰교세이호징 가가꾸 기쥬쓰 신키 기꼬  
    일본 사이따마켄 가와구찌시 혼쵸 4쵸메 1방 8고

(72) 발명자 고이누마 히데오미  
    일본국 도쿄도 스기나미구 오기쿠보 3-47-8  
    야마모토 유키오  
    일본국 가나가와켄 요코하마시 가나가와구 사이토분초 12-13  
    마쓰모토 유지  
    일본국 가나가와켄 요코하마시 아오바구 에노키가오카 14-3-407  
    다카하시 료타  
    일본국 도쿄도 세타가야구 세타 1-16-24

(74) 대리인 유미특허법인

심사청구 : 있음

(54) 막 형성 장치용 마스크링 기구

명세서

기술분야

본 발명은 삼원계 상태도에 대응한 박막을 제작하기 위한 막 형성 장치용 마스크링 기구에 관한 것이다.

배경기술

근래, 고온 초전도 현상, 거대 자기저항 현상, 고휘도 형광 현상, 신축매 현상과 같은 새로운 물리 현상이 다수 발견되어 있다. 이러한 물리 현상이 발현되는 재료 및 조성의 탐사는 물질탐사에 요하는 시간을 단축하기 위해, 조합 (combinatorial) 막 형성 장치에 의해 행하여지고 있다. 조합 막 형성 장치를 이용하면, 동일한 진공 공정에서, 발현가능성이 있는 물질군의 라이브러리를 동일한 기판 상에 한번에 형성할 수 있고, 라이브러리로부터 신물질, 신조성의 발견, 또는 라이브러리의 특성으로부터 이론적 예측을 얻을 수 있다. 종래의 방법에서는 100년 걸리는 물질탐사를 조합 막 형성 장치를 이용하면 1개월로 단축할 수 있다고 하고 있다.

조합 막 형성 장치는 기판 상의 원하는 부분에만 물질공급을 한정하는 수단, 종류가 상이한 박막의 막 형성 수단, 및 기판 상의 원하는 부분의 구조를 해석하는 구조해석 수단을 필수로 하고 있고, 예를 들면 레이저 증착 장치를 이용한 조합 막 형성 장치의 경우에는 복수의 마스크 장치, 타겟 전환 장치, 애블레이션·레이저광 도입 장치, 기판가열용 레이저 장치 및 고 에너지 반사 전자선 회절 장치(RHEED) 등을 구비하고 있다.

그런데 근래, 이원계, 삼원계의 신물질의 탐사의 요구가 높아지고 있다. 예를 들면, 플라즈마 디스플레이용 형광 물질에는 종래의 전자선 여기 형광 물질과는 상이한 특성을 가지는 형광 물질이 필요하며, 이 형광 물질은 이원계, 삼원계의 신물질로 실현된다고 예측되고 있다.

종래의 조합 막 형성 장치에 의한 이원계, 삼원계 물질담사는 예를 들면 도 22에 나타난 바와 같이 행하여지고 있다. 도 22는 종래의 조합 막 형성 장치에 의한 이원계, 삼원계 물질담사법을 도시한 도면이다. 도 22(a)에 도시한 바와 같이, 기관 상에 복수의 독립적인 시료를 정의하는, 즉 기관 상에 픽셀을 형성하는 다수의 마스크구멍을 가지는 마스크(1)와, 마스크(1)의 마스크구멍을 선택적으로 덮음으로써 증착되는 픽셀을 선택하는 차단판 형상의 마스크(2)를 준비하고, 기관, 마스크(1), 및 마스크(2)의 상대위치를 조절하여 픽셀을 선택하는 동시에 증착 물질을 선택하여 증착한다. 이 공정을 반복하여, 픽셀마다 원하는 성분비를 가지는 이원계 또는 삼원계 상태도 박막을 형성한다. 제작 후의 픽셀마다 원하는 특성을 측정하여 원하는 특성을 가지는 픽셀을 찾아내고, 이 픽셀의 성분비로부터 원하는 특성을 실현하기 위해서 최적의 성분비를 구하고 있다.

또한 도 22(b)에 도시한 바와 같이, 증착되는 픽셀이 미리 선택된 복수의 마스크를 배치한 회전원판을 이용하여, 이 원판을 순차 회전시키는 동시에 증착 물질을 선택하여, 픽셀마다 원하는 성분비를 가지는 이원계 또는 삼원계 상태도 박막을 형성하고, 제작 후의 픽셀마다 원하는 특성을 측정하여 원하는 특성을 가지는 픽셀을 찾아내고, 이 픽셀의 성분비로부터 원하는 특성을 실현하기 위해서 최적의 성분비를 구하고 있다.

그런데, 형광 물질과 같이 유용한 특성이 얻어지는 물질의 성분비 범위가 매우 좁은 경우가 있다. 이러한 경우, 종래의 방법에 의하면 성분비가 미세하게 변화된 픽셀을 매우 많이 형성하지 않으면 안 된다. 그러나, 도 22(a)에 나타난 종래 방법에서는 픽셀마다, 복수의 마스크의 위치조정을 위한 시간이 필요하며, 이 시간 때문에 매우 많은 픽셀을 형성하는 경우에는 처음에 형성한 픽셀과, 마지막으로 형성한 픽셀에서는 막 형성조건이 상이하게 되어 버린다. 예를 들면, 시간의 경과와 함께 발생하는 제어불능의 기관온도 분포의 변화, 분위기조성의 변화 등에 의하여, 재현성이 좋은, 즉 신뢰성이 높은 데이터가 얻어지지 않는다고 하는 문제가 있다.

또, 도 22(b)에 나타난 종래 방법에서는 회전조작만으로 마스크의 위치조정을 할 수 있기 때문에 그만큼 시간이 걸리지 않고서 제작할 수 있지만, 진공 장치의 용적에는 제한이 있기 때문에, 탑재할 수 있는 마스크 수에 제한이 있어, 성분비가 미세하게 변화된 픽셀을 매우 많이 형성하는 것은 곤란하다. 이로 인하여, 물질의 성분비 범위를 매우 미세하게 탐사해야 하는 경우에는, 종래에는, 이원계에 대해 하기에 나타내는 방법으로 행하여지고 있다.

도 23은 종래의 이원계 상태도 박막의 제작방법을 설명하는 도면이다. 이 도면의 (a)에 도시한 바와 같이, 물질 A 또는 B의 증발흐름에 수직으로 배치되고, 개구부를 가지는 마스크(1)와, 마스크(1)에 평행하게 주사할 수 있는 차단판 형상의 마스크(2)를 가지고, 기관을 마스크(1)의 개구부에 걸쳐 배치한다. 다음에, (b)에 도시한 바와 같이, 물질 A를 증발시키면서, 마스크(2)를 x 방향으로 주사한다. 마스크(2)를 일정속도로 x 방향으로 주사하면, 기관 상에 증착되는 물질 A의 막 두께는 증발흐름에 노출되어 있는 시간에 비례하기 때문에, 마스크의 주사방향, 즉 x 방향으로 일정비율로 두껍게 되는 A 물질로 이루어지는 막 두께 분포가 얻어진다. 다음에, (c)에 도시한 바와 같이, 증착되는 물질을 B로 바꾸어, 도 23(b)와는 반대위치로부터 -x 방향으로 주사하면, -x 방향으로 일정비율로 두껍게 되는 B 물질로 이루어지는 막 두께 분포가 얻어진다. (c)의 우측에 나타난 바와 같이, 이렇게 하여 제작한 A, B 물질의 막 두께 분포는 x 방향으로 A 물질의 막 두께가 0%로부터 100%까지 연속 변화되고, B 물질의 막 두께가 100%로부터 0%까지 연속 변화된 적층막이 얻어진다. 증착되는 A, B 물질의 두께는 매우 얇고, A, B 물질이 접촉되는 동시에 기관온도에 의해 결정되는 이원계 물질의 안정된 상태로 혼합한다. A 물질의 증착과 B 물질의 증착의 상기 공정을 반복함으로써, 소정의 막 두께의 이원계 상태도 박막을 형성한다.

이 방법에 의하면, x 방향으로 성분비가 연속 변화된, 즉 성분비가 미세하게 변화된 이원계 상태도 박막이 얻어지고, 또한 매우 단시간에 제작될 수 있기 때문에 신뢰성이 높은 데이터가 얻어진다. 이 방법은 말하자면 개구부를 가지는 1매의 마스크의 기관에 대한 1축 상의 상대 직선운동에 의해 형성하는 방법이라고 할 수 있다. 또한, 마스크의 개구부의 한 변, 즉 마스크 에지의 기관에 대한 1축 상의 상대 직선운동에 의해 형성하는 방법이라고 할 수 있다. 이 방법을 확장하여, 서로 120°를 이루는 3축 상에서 마스크 에지를 기관에 대하여 상대 직선운동을 시킴으로써, 삼원계 상태도 박막이 얻어지는 것은 명확하다.

그러나, 물질담사에 사용되는 이러한 종류의 진공 장치, 예를 들면 조합 장치는 진공조 내에, 애블레이션-레이저광 도입 장치, 타겟 전환 장치, 기관가열용 레이저 장치 및 고에너지 반사 전자선 회절 장치를 배치하는 것이 필수불가결하며, 그 외에도 매우 큰 용적을 필요로 하는 상기와 같은 3축 상에서 동작하는 마스크링 기구를 설치하는 것이 매우 곤란하다. 물론, 진공조를 크게 하면 가능하지만, 진공조를 크게 하면 그에 따른 진공 배기 시스템의 능력을 대폭 증강해야 하므로 장치비용이 매우 높아진다.

본 발명은 상기 과제를 감안하여, 장치비용을 높게 하지 않고 삼원계 상태도 박막을 제작할 수 있는, 막 형성 장치용 마스크링 기구를 제공하는 것을 목적으로 한다.

**발명의 상세한 설명**

상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 막 형성 장치용 마스크링 기구는 1매의 마스크와, 마스크를 기관에 대하여 1축 방향으로 이동시키는 구동 장치로 이루어지고, 상기 마스크는 제1 싱글 작용 에지, 제2 싱글 작용 에지 및 제3 싱글 작용 에지를 가지고, 상기 제1 싱글 작용 에지의 법선 단위벡터와 상기 제2 싱글 작용 에지의 법선 단위벡터가 120°를 이루고, 상기 제2 싱글 작용 에지의 법선 단위벡터와 상기 제3 싱글 작용 에지의 법선 단위벡터가 120°를 이루고, 또한 상기 제3 싱글 작용 에지의 법선 단위벡터와 상기 제1 싱글 작용 에지의 법선 단위벡터가 120°를 이루고 있는 것을 특징으로 한다.

이 구성에 의하면, 기관 상의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 제1 싱글 작용 에지의 위치를 맞추어 소정의 이동속도로 이동하는 동시에, 제1 물질을 증착하여 제1 물질의 막 두께 구배를 형성한다. 다음에, 기관 상의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 제2 싱글 작용 에지의 위치를 맞추어 소정의 이동속도로 이동하는 동시에, 제2 물질을 증착하여 제2 물질의 막 두께 구배를 형성한다. 다음에, 기관 상의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 제3 싱글 작용 에지의 위치를 맞추어 소정의 이동속도로 이동하는 동시에, 제3 물질을 증착하여 제3 물질의 막 두께 구배를 형성한다. 제1 싱글 작용 에지와 제2 싱글 작용 에지와 제3 싱글 작용 에지의 법선 단위벡터가 서로 120°를 이루고 있기 때문에,

이들 막 두께 구배의 방향은 서로 120°를 이루어 삼원계 상태도 박막이 얻어진다. 본 발명의 막 형성 장치용 마스크링 기구는 1매의 마스크와 이것을 1축 방향으로만 구동하는 구동 기구로 이루어져 있기 때문에 용적이 작고, 따라서 장치비용을 높게 하지 않고 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다.

여기서, 싱글 작용 예지란, 하나의 막 두께 구배의 형성에 작용하는 마스크 예지가 1개인 경우를 말한다. 마찬가지로, 더블 작용 예지란 하나의 막 두께 구배의 형성에 작용하는 마스크 예지가 2개인 경우이며, 트리플 작용 예지란 하나의 막 두께 구배의 형성에 작용하는 마스크 예지가 3개인 경우이다.

또, 1매의 마스크는 1축 방향과  $90^\circ + \alpha (0^\circ \leq \alpha < 90^\circ)$ 를 이루는 변을 가지는 마스크이며, 이 마스크는 제1 개구부와 제2 개구부를 가지고, 제1 개구부는 1축 방향에 대하여  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고, 제2 개구부는 1축 방향에 대하여  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고, 마스크의 1축 방향과  $90^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 제1 싱글 작용 예지로 하고, 1축 방향에 대하여  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 제2 싱글 작용 예지로 하고, 1축 방향에 대하여  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 제3 싱글 작용 예지로 한다.

이 구성에 의하면, 제1 싱글 작용 예지와 제2 싱글 작용 예지와 제3 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 서로 120°를 이루고 있기 때문에, 삼원계 상태도 박막이 얻어진다.

또, 1매의 마스크는 1매의 원판으로 이루어질 수도 있다. 이 원판은 제1, 제2 및 제3 절결부를 가지고, 제1 절결부는 원판의 원주 방향에 대하여  $90^\circ + \alpha (0^\circ \leq \alpha < 90^\circ)$ 를 이루는 변을 가지고, 제2 절결부는 원판의 원주 방향에 대하여  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고, 제3 절결부는 원판의 원주 방향에 대하여  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고, 마스크의 원주 방향과  $90^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 제1 싱글 작용 예지로 하고, 원주 방향과  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 제2 싱글 작용 예지로 하고, 원주 방향과  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 제3 싱글 작용 예지라고 할 수 있다. 이 원판을 이 원판의 중심축에 대해서 회전시킴으로써, 상기와 같이 삼원계 상태도 박막이 얻어진다.

또, 본 발명의 제2 막 형성 장치용 마스크링 기구는 1매의 마스크와, 이 마스크를 기관에 대하여 1축 방향으로 이동시키는 구동 장치로 이루어지고, 상기 마스크는 제1 싱글 작용 예지, 제2 싱글 작용 예지, 및 1축 방향으로 저변을 가지고, 다른 2 변을 작용 예지로 하는 삼각형의 더블 작용 예지를 가지고, 제1 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 상기 1축 방향과  $30^\circ$ 를 이루고, 제2 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 1축 방향으로  $-30^\circ$ 를 이루는 것을 특징으로 한다.

이 구성에 의하면, 기관 상의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 제1 싱글 작용 예지의 위치를 맞추어 소정의 이동속도로 이동하는 동시에, 제1 물질을 증착하여 제1 물질의 막 두께 구배를 형성한다. 다음에, 기관 상의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 제2 싱글 작용 예지의 위치를 맞추어 소정의 이동속도로 이동하는 동시에, 제2 물질을 증착하여 제2 물질의 막 두께 구배를 형성한다. 다음에, 기관 상의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 삼각형의 더블 작용 예지의 위치를 맞추어 소정의 이동속도로 이동하는 동시에, 제3 물질을 증착하여 제3 물질의 막 두께 구배를 형성한다. 삼각형의 더블 작용 예지가 형성하는 막 두께 구배는 이동방향으로 수직이 되고, 제1 싱글 작용 예지와 제2 싱글 작용 예지와 삼각형의 더블 작용 예지가 형성하는 막 두께 구배 방향은 서로 120°를 이루기 때문에, 삼원계 상태도 박막이 얻어진다. 본 발명의 제2 막 형성 장치용 마스크링 기구는 1매의 마스크와 이것을 1축 방향으로만 구동하는 구동 기구로 이루어져 있기 때문에 용적이 작고, 따라서 장치비용을 높게 하지 않고 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다.

또, 1매의 마스크는 1매의 원판으로 이루어질 수도 있고, 이 원판은 제1 및 제2 절결부를 가지고, 제1 절결부는 원판의 원주 방향에 대하여  $30^\circ$ 를 이루는 변과  $-30^\circ$ 를 이루는 변으로 이루어지는 부채형의 절결부이며, 제2 절결부는 원판의 원주 방향에 대하여  $60^\circ$ 를 이루는 변,  $-60^\circ$ 를 이루는 변, 및 원주 방향으로 평행한 변으로 이루어지는 절결부일 수 있다. 이 구성에 의하면, 이 원판을 이 원판의 중심축에 대해서 회전시킴으로써, 상기와 같이 삼원계 상태도 박막이 얻어진다.

또, 본 발명의 제3 막 형성 장치용 마스크링 기구는 1매의 마스크와, 이 마스크를 기관에 대하여 1축 방향으로 이동시키는 구동 장치로 이루어지고, 상기 마스크는 최소한 1축 방향으로 저변을 가지는 삼각형의 개구부와, 1축 방향으로 직교하는 변을 가지고, 삼각형의 개구부의 저변 이외의 2변과 1축 방향으로 직교하는 변을 트리플 작용 예지로 하고, 삼각형 개구부의 이동 속도와, 1축 방향으로 직교하는 변의 이동 속도를 각각 선택함으로써, 선택한 이동속도에 의해서 정해지는 소정의 방향으로 막 두께 구배를 형성하는 것을 특징으로 한다.

이 구성에 의하면, 기관 상의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 삼각형의 개구부의 위치를 맞추어 적절한 이동속도로 이동하는 동시에 제1 물질을 증착하고, 삼각형의 개구부가 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분을 통과하고, 1축 방향으로 직교하는 변이 삼원계 상태도 박막을 형성하는 부분의 직전에 위치할 시점에서 이동속도를 적당히 변경한다. 이렇게 하여 형성되는 제1 물질로 이루어지는 박막의 막 두께 구배의 방향은 삼각형의 개구부의 이동속도와 1축 방향으로 직교하는 변의 이동속도에 의존하여 변화되기 때문에, 이들 이동속도를 적당히 선택함으로써 원하는 방향으로 막 두께 구배를 형성할 수 있다. 제2 및 제3 물질에 관해서도, 상기 2개의 이동속도를 적당히 선택하여, 제1, 제2 및 제3 물질의 막 두께 구배 방향이 서로 120°를 이루도록 할 수 있어, 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다. 또, 이 방법의 경우는 막 두께 구배 방향을 임의로 선택할 수 있기 때문에, 삼원계에 한정되지 않고, 또 다성분의 상태도 박막을 형성할 수 있다.

본 발명의 제3 막 형성 장치용 마스크링 기구는 1매의 마스크와 이것을 1축 방향으로만 구동하는 구동 기구로 이루어져 있기 때문에 용적이 작고, 따라서 장치비용을 높게 하지 않고 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다.

또, 1매의 마스크는 1매의 원판으로 이루어질 수도 있다. 이 원판은 최소한 제1 절결부, 및 제2 절결부 또는 제1 개구부를 가지고, 제1 절결부는 부채형의 절결부이며, 제2 절결부는 원판의 원주 방향으로 직교하는 변을 가지는 절결부이며, 또는 제1 개구부는 원판의 원주 방향으로 평행한 저변을 가지는 삼각형의 개구부이며, 부채형의 절결부의 2변과 원주 방향으로 직교하는 변을 트리플 작용 예지로 하거나, 또는 삼각형의 개구부의 저변 이외의 2변과 원주 방향으로 직교하는 변을 트리플 작용 예지로 할 수도 있다.

이 구성에 의하면, 상기 이동속도에 대응하여 원판의 회전속도를 선택할 수 있고, 제1, 제2 및 제3 물질의 막 두께 구배 방향이 서로 120°를 이루도록 할 수 있어, 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다. 또, 이 방법의 경우는 막 두께 구배 방향을 임의로 선택할 수 있기 때문에, 삼원계에 한정되지 않고, 또 다성분의 상태도 박막을 형성할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

본 발명은 이하의 상세한 설명 및 본 발명의 실시예를 나타내는 첨부 도면에 따라 보다 잘 이해될 것이다. 또 첨부 도면에 나타내는 실시예는 본 발명을 특정하는 것이 아니고, 설명 및 이해를 용이하게 하기 위한 것일 뿐이다.

도 1은 본 발명에 의한 제1 실시예의 막 형성 장치용 마스크링 기구의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 마스크면을 xy 평면으로 하고, 마스크의 두께 방향을 z축 방향으로 한 좌표계에서, 일반적인 싱글 작용 에지를 나타낸 도면이다.

도 3은 싱글 작용 에지의 마스크 이동에 의한 유효 이동량을 도시한 도면이다.

도 4는 마스크 이동벡터가 +m 및 -m에서의, 싱글 작용 에지의 박막 형성을 개략적으로 나타내는 막 두께 방향의 단면도이다.

도 5는 싱글 작용 에지에 의해 형성된 박막의 막 두께 형상 함수를 도시한 도면이다.

도 6은 도 1의 마스크링 기구에서의 싱글 작용 에지(11a)에 의한 박막 구배의 형성을 도시한 도면이다.

도 7은 도 1의 마스크링 기구에서의 싱글 작용 에지(11b)에 의한 박막 구배의 형성을 도시한 도면이다.

도 8은 도 1의 마스크링 기구에서의 싱글 작용 에지(11c)에 의한 박막 구배의 형성을 도시한 도면이다.

도 9는 도 1의 마스크링 기구에 의해 기판 상에 형성된 삼원계 박막의 막 두께를 흑색의 농도로 나타낸 시뮬레이션 도면이다.

도 10은 도 9의 삼원계 박막의 각 영역을 성분조성으로 도시한 도면이다.

도 11은 도 1의 마스크링 기구의 변형예인 회전 이동형 마스크를 도시한 도면이다.

도 12는 마스크의 회전에 의한 싱글 작용 에지의 이동상태를 나타내는 부분확대도이다.

도 13은 기판 상의 위치좌표를 회전중심 O를 원점으로 한 직선좌표 x, y 및 극좌표 r,  $\theta$ 로 나타낸 도면이다.

도 14는 본 발명에 의한 막 형성 장치용 마스크링 기구의 제2 실시예의 구성을 도시한 도면이다.

도 15는 더블 작용 에지의 구성을 도시한 평면도이다.

도 16은 도 15의 더블 작용 에지에 의한 막 두께 구배를 도시한 도면이다.

도 17은 더블 작용 에지가 교차하지 않은 경우의 막 두께 구배를 도시한 도면이다.

도 18은 마스크(31)의 변형예인 회전 이동형 마스크의 구성을 도시한 평면도이다.

도 19는 본 발명에 의한 막 형성 장치용 마스크링 기구의 제3 실시예의 구성을 도시한 도면이다.

도 20은 도 19의 마스크링 기구에 의한 삼원계 상태도 박막의 다른 형성예를 설명하는 평면도이다.

도 21은 도 19의 마스크링 기구의 마스크가 회전 이동형 마스크인 변형예를 나타내는 평면도이다.

도 22는 종래의 조합 막 형성 장치에 의한 이원계, 삼원계 물질탐사법을 도시한 도면이다.

도 23은 종래의 이원계 상태도 박막의 제작방법을 설명하는 도면이다.

## 실시예

이하, 본 발명의 실시예를 도면에 따라 상세하게 설명한다.

처음에, 본 발명의 막 형성 장치용 마스크링 기구에 의해 삼원계 상태도 박막을 제작하는 데에는 이원계 상태도 박막의 종래예에서 설명한 바와 같이 삼원계 상태도를 구성하는 각 성분 박막의 각각을 기판 상의 공통의 영역에 막 두께 구배의 방향을 각각 제어하여 순차로 적층하여 형성하는 것이며, 이 적층 공정을 복수 회 반복하여 원하는 막 두께의 삼원계 상태도 박막을 형성한다. 박막의 두께는 각 성분 박막이 증착에 의해서 중첩되는 동시에, 각 성분 물질이 서로 확산하여 자유에너지 최소의 배치가 실현될 수 있는 정도로 충분히 얇게 증착한다. 또, 각 성분 박막의 최대 막 두께 비율은 삼원계 상태도의

각 성분 농도비 1에 대응시킨 막 두께 비율이다. 이하의 설명에서는 상기 전제 조건을 상세히 설명하지 않지만, 항상 상기 전제조건을 가지는 것으로 해석되어야 한다. 따라서 또, 본 발명에서 말하는 삼원계 상태도 박막이란, 상기와 같이 구성된 박막을 말하며, 소위 삼원계 상태도를 박막 형상으로 실현한 것이다. 이 박막의 임의의 위치의 성분조성은 그 위치좌표로부터 확인할 수 있고, 이 박막의 위치좌표마다 원하는 물성을 측정하면, 원하는 물성을 최적으로 실현하는 성분조성을 알 수 있다.

도 1은 본 발명에 의한 제1 실시예의 막 형성 장치용 마스크링 기구(10)의 구성을 도시한 도면이다. 도 1에 있어서, 마스크링 기구(10)는 기관(12) 상에서, 화살표 A로 나타내는 직선 상에서 왕복 운동 가능하게 지지된 마스크(11)로 구성된다. 마스크(11)는 개구부(11d 및 11e)를 가지고, 마스크(11)의 변(11a), 개구부의 변(11b 및 11c)이 증착 박막의 막 두께 구배를 결정하는 작용 예지(이하, 싱글 작용 예지라고 함)로서 작용한다.

이들 싱글 작용 예지(11a, 11b, 11c)중, 제1 싱글 작용 예지(11a)는 마스크 이동축 A에 대하여 수직방향으로 연장되어 있고, 제2 싱글 작용 예지(11b)는 마스크 이동축 A에 대하여 +θ(=30도)만큼 경사지게 연장되어 있고, 또한 제3 싱글 작용 예지(11c)는 마스크 이동축 A에 대하여 -θ(=-30도)만큼 경사지게 연장되어 있다. 이들 싱글 작용 예지(11a, 11b, 11c)의 예지 길이는 모두 삼원계 상태도의 박막을 형성하는 기관(12)의 정삼각형의 영역(12a)에 대하여 충분히 크게 선정되어 있다.

여기에서, 싱글 작용 예지는 일반적으로 아래와 같이 작용하여, 기관(12) 상에 증착되는 박막의 농도 구배를 형성한다.

도 2는 마스크(11)의 면을 xy 평면으로 하고, 마스크(11)의 두께 방향을 z축 방향으로 한 좌표계에서, 일반적으로 싱글 작용 예지를 나타낸 도면이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 싱글 작용 예지(20)는 xy 평면 내의 원점을 통과하고, 경사지게 연장되도록 형성되어 있고, 또, 벡터 d는 마스크 개구부를 향한 싱글 작용 예지(20)의 법선 단위벡터로 한다. 이 경우, 싱글 작용 예지(20)의 형상은 다음 식의 형상 함수에 의해 나타내어진다.

$$d_x x + d_y y = 0 \quad (1)$$

또, 마스크 개구부를 나타내는 마스크 함수는,

$$d_x x + d_y y < 0 \quad \text{即ち} \quad t d \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} < 0 \quad (2)$$

에 의해 나타내어진다.

도 3은 도 2의 싱글 작용 예지(20)를 가지는 마스크가 임의의 방향으로 이동한 경우의 유효 이동량을 도시한 도면이다. 또, 싱글 작용 예지(20)의 이동벡터를 m으로 한다. 증착 시에, 기관(12) 상에 마스크 예지(20)가 이동벡터 m으로 이동하면, 싱글 작용 예지(20)에 의해 싱글 작용 예지(20)의 법선벡터 d 방향으로 최대의 막 두께 구배가 생기고, 예를 들면, 도면에서 3종류의 점선으로 나타낸 바와 같이 막 두께 등고선이 형성된다. 또, 점의 밀도가 가장 큰 점선은 가장 두꺼운 막 두께 등고선에 대응되고, 점의 밀도가 가장 작은 점선은 막 두께가 가장 얇은 막 두께 등고선에 대응되고, 점의 밀도가 중간인 크기의 점선은 중간 막 두께 등고선에 대응된다. 따라서, 임의의 이동벡터 m에 대하여, 벡터의 내적 m·d는 최대의 막 두께 구배 방향에 관한 실효적인 이동량, 즉 유효 이동량(이하, 유효 이동량이라고 함)이 된다.

도 4는 마스크 이동벡터가 +m 및 -m에서의, 싱글 작용 예지의 박막 형성을 개략적으로 나타내는 막 두께방향의 단면도이다. 기관(12)의 상부에 있는 마스크의 싱글 작용 예지(20)가 +m 또는 -m 이동하는 경우의 박막 형성 과정을 나타내고 있고, 화살표 ↓는 증착 물질을 나타내고 있다. 도면으로부터, 형성되는 막 두께 구배는 마스크의 이동방향에 의하지 않는 것을 알 수 있다.

도 5는 싱글 작용 예지에 의해 형성된 박막의 막 두께 형상 함수를 도시한 도면이다. 도면에서, 횡축의 방향은 싱글 작용 예지의 법선벡터 d의 방향이며, 증착기관면 및 마스크면은 xy 평면에 평행이며, z축(종축) 방향이 박막의 막 두께방향이다.

여기에서, 레이저 증착법의 경우를 예로 들어 설명한다. 1개의 레이저광 펄스에 의해 증착되는 막 두께(Å/펄스)를 r, 단위시간에 조사하는 레이저광 펄스 수, 즉 레이저주기(Hz)를 f, 이동벡터 m을 단위시간의 이동량(mm/sec), 즉 이동속도벡터, 증착 시간을 t0라고 하면, xy 평면 내의 임의의 위치(X, y)의 막 두께 z는,

$$z = \frac{rf}{|d \cdot m|} t d \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (3)$$

에 의해 나타내어진다. 여기서 td는 행벡터 d를 나타낸다.

다음에, (3)식에 따라, 도 1의 제1 내지 제3 싱글 작용 예지(11a, 11b, 11c)를 이용했을 때에 형성되는 박막의 막 두께 구배를 설명한다. 도 6 내지 도 8은 각각, 도 1의 마스크링 기구(10)에서의 싱글 작용 예지(11a), 싱글 작용 예지(11b) 및 싱글 작용 예지(11c)에 의한 박막 구배의 형성을 도시한 도면이다. 한 번이 마스크 이동방향에 대하여 수직인 정삼각형의 삼원계 상태도를 형성하는 경우를 예로 설명한다.

싱글 작용 예지(11a), 싱글 작용 예지(11b) 및 싱글 작용 예지(11c)의 법선벡터는 각각, 다음 식의 열벡터로 나타내어진다.

$$d = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, d = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix}, d = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2} \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \quad (4)$$

이들 열벡터의 행벡터를 (3)식에 대입하면, 싱글 작용 예지(11a), 싱글 작용 예지(11b) 및 싱글 작용 예지(11c)의 각각 대응되는 막 두께 형상 함수  $z$ 는 다음 식으로 나타내어진다.

$$z \propto x, z \propto -\frac{1}{2}x + \frac{\sqrt{3}}{2}y, z \propto -\frac{1}{2}x - \frac{\sqrt{3}}{2}y \quad (5)$$

도 6은 싱글 작용 예지(11a)의 경우의 막 두께 형상 함수  $z$ 를 도시한 도면이며,

(a)는 (5)식으로 나타내어지는 막 두께를 흑색의 농도(흑이 짙을수록 두껍고, 옅을수록 얇다)로 나타내고, 막 두께가 두껍게 되는 방향을 벡터 B로 나타내고 있다. (b)는 싱글 작용 예지(11a)의 정삼각형의 기관 영역(13)에 대한 배치관계를 도시한 도면이며, 백색의 화살표는 싱글 작용 예지(11a)의 이동방향을 나타낸다.

도 7은 마찬가지로, 싱글 작용 예지(11b)의 경우의 막 두께 형상 함수  $z$ 를 도시한 도면이며, (a)는 (5)식으로 나타내어지는 막 두께를 흑색의 농도로 나타내고, 막 두께가 두껍게 되는 방향을 벡터 C로 나타내고 있다. (b)는 싱글 작용 예지(11b)의 정삼각형의 기관 영역(13)에 대한 배치관계를 도시한 도면이며, 백색의 화살표는 싱글 작용 예지(11b)의 이동방향을 나타낸다.

도 8은 마찬가지로, 싱글 작용 예지(11c)의 경우의 막 두께 형상 함수  $z$ 를 도시한 도면이며, (a)는 (5)식으로 나타내어지는 막 두께를 흑색의 농도로 나타내고, 막 두께가 두껍게 되는 방향을 벡터 D로 나타내고 있다. (b)는 싱글 작용 예지(11c)의 정삼각형의 기관 영역(13)에 대한 배치관계를 도시한 도면이며, 백색의 화살표는 싱글 작용 예지(11c)의 이동방향을 나타낸다.

도 6 내지 도 8에 명확히 나타난 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예의 막 형성 장치용 마스크링 기구(10)에 의하면, 서로 120도 어긋난 방향으로 막 두께 구배를 형성할 수 있다. 즉, 공통의 삼각형영역(13)에 싱글 작용 예지(11a), 싱글 작용 예지(11b) 및 싱글 작용 예지(11c)에 의한 막 형성마다 증착 물질을 바꿔 증착하면, 삼원계 상태도 박막이 제작될 수 있다. 또, 상기 설명에서는 이해하기 쉽게 하기 위해, 도 4 및 도 5에 있어서 마스크를 단계적으로 이동시켜 계단형의 박막을 형성하도록 설명하고 있지만, 실제로는 마스크는 연속하여 이동되어, 막 두께가 연속하여 변화되는 박막을 형성할 수 있다.

상기 설명에서는 싱글 작용 예지(11a, 11b, 11c)에 의한 막 두께 구배가 중첩되어 삼원계 상태도 박막이 형성되는 삼각형의 기관 영역에 대하여 설명했지만, 이 삼각형 영역의 외측에서는 이원계 상태도 박막이 동시에 형성되고, 또한 단일 성분으로 이루어지는 단일 막을 동시에 형성할 수 있다.

삼원계 상태도 박막에 의한 물질탐사에서는 이들 이원계 상태도 박막 및 단일 막의 특성이 보충적으로 유익한 정보를 주기 때문에, 1회의 진공흡입 공정에서 동시에 또한 동일한 기관 상에 이원계 상태도 박막 및 단일 막을 형성할 수 있는 본 발명의 마스크링 기구(10)의 특징은 삼원계 상태도 박막에 의한 물질탐사에 있어서 매우 유용하다.

이하에, 이원계 상태도 박막 영역 및 단일 막 형성 영역을 설명한다. 도 9는 도 1의 마스크링 기구(10)에 의해 기관(12) 상에 형성된 삼원계 박막의 막 두께를 흑색의 농도로 나타낸 시뮬레이션 도면이고, 도 10은 도 9의 삼원계 박막의 각 영역을 성분 조성으로 도시한 도면이다.

도 10에 있어서, 서로 평행한 점선과 실선의 각각의 쌍은 삼원계의 3개의 물질 각각의 막 두께 등고선을 나타내고, 점선으로부터 실선을 향하여 농도 구배를 가지는 것을 나타낸다. 기관(12)의 중앙의 정삼각형 영역(12a)에서는 상기 한 바와 같이, 3개의 물질의 농도 구배가 중첩되기 때문에, 삼원계 상태도 박막이 형성된다.

또한, 정삼각형(12a)의 각 변에 각각 인접한 정삼각형 영역(12b, 12c, 12d)에는 3개의 물질 중 2개의 물질의 농도 구배가 중첩되므로, 이원계 상태도 박막이 형성된다.

또, 이 영역(12b, 12c, 12d)에 인접한 영역(12e, 12f, 12g, 12h, 12i, 12j)에는 하나의 물질은 일정한 두께로, 또한 다른 하나의 물질은 농도 구배를 가지고 적층되어, 소위 단일 구배의 박막이 된다.

또한, 상기 영역(12b, 12c, 12d)의 정점의 외측에 위치하는 영역(12h, 12l, 12m, 12n, 12o, 12p) 중, 영역(12h, 12l, 12m)에는 2개의 물질이 각각 일정한 두께로 형성되고, 또 영역(12n, 12o, 12p)에는 하나의 물질이 각각 일정한 두께로 형성되어, 소위 단일 막이 된다.

여기에서, 이들 영역(12n, 12o, 12p)의 단일 조성의 박막에 대해, 이 박막을 분석함으로써, 각 물질의 박막의 질을 체크할 수 있는 동시에, 상기 단일 구배의 영역(12e, 12f, 12g, 12h, 12i, 12j)을 측정함으로써, 각 물질의 증착 속도를 검출할 수 있다. 이로 인하여, 도 10에 있어서, 증착 시에 마스크(11)와는 별도로 기관(12)의 영역(12a)을 중심으로 하여, 영역(12a) 둘레의 큰 마스크 구멍(14a)(도 10에서 일점쇄선으로 도시)을 가지는 마스크(14)를 기관(12) 상에 탑재함으로써, 마스크 구멍(14a)의 마스크 에지에 대응되는 부분에, 각 영역(12e 내지 12p)의 박막의 단면이 노출되기 때문에, 이들 영역(12e 내지 12p)의 박막의 두께 측정을 용이하게 행할 수 있다. 예를 들면, 첫 번째의 기관(12)에의 증착에 의해 형성된 박막의 각 영역의 측정으로부터, 성분마다 증착 속도와 막 두께, 및 막 두께와 농도의 관계를 구할 수 있고, 이 측정데이터를 기초로, 두 번째의 삼원계 상태도 박막의 증착에 의해 정확한 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다. 이 방법에 의하면, 두 번의 삼원계 상태도 박막의 증착으로 종료되기 때문에, 삼원계 물질의 물질탐사에 요하는 시간을 대폭 단축할 수 있다.

상술한 실시예의 마스크링 기구(10)에서는 싱글 작용 에지(11a, 11b, 11c)의 마스크 이동방향으로의 경사는 각각, 90도+α도, 30도+α도, -30도+α도일 수 있다(여기서 α도는 -90<α<90이다). 이 경우도 싱글 작용 에지(11a, 11b, 11c)의 법선 단위벡터의 방향은 서로 120도씩 어긋난 방향이기 때문에, 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다.

다음에, 회전운동을 행하는 원판형의 마스크에 대하여 설명한다.

상기 실시예에 있어서, 마스크링 기구(10)는 직선 왕복 운동하는 마스크(11)를 구비하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 회전운동을 하는 원판형의 마스크를 구비하고 있을 수도 있다. 도 11은 도 1의 마스크링 기구의 변형예의 회전 이동형 마스크를 나타낸다. 이 마스크(15)는 중심 O의 주위로 회전하여 사용한다. 마스크(15)는 전술한 싱글 작용 에지(11a, 11b, 11c)에 대응하여 각각 싱글 작용 에지(15a, 15b, 15c)를 구비하고 있다. 제1 싱글 작용 에지(15a)는 반경방향으로 연장되어 있고, 제2 싱글 작용 에지(15b)는 원주 방향에 대하여 +θ(=30도)만큼 경사지게 연장되어 있고, 또한 제3 싱글 작용 에지(15c)는 원주 방향에 대하여 -θ(=-30도)만큼 경사지게 연장되어 있다. 싱글 작용 에지(15a, 15b, 15c)의 에지 길이는 모두 삼원계 상태도 박막을 형성하는 기관(12)의 정삼각형 영역(12a)에 대하여 충분히 크게 선정되어 있다.

도 12는 마스크(15)의 회전에 의한 싱글 작용 에지의 이동상태를 일부 확대하여 나타낸다. 도면으로부터 알 수 있는 바와 같이, 예를 들면 싱글 작용 에지(15a)는 마스크(15)의 회전에 따라 에지의 법선 단위벡터 d의 방향이 어긋나고, 형성되는 박막의 막 두께 구배가 직선좌표 x, y에 대하여 선 형성 관계로 나타나지 않게 된다. 따라서, 마스크(15)를 구성하는 원판의 직경은 회전에 의한 싱글 작용 에지(15a, 15b, 15c)의 이동이 직선이동에 근사할 수 있는 정도로 충분히 크게 하는 것이 바람직하다.

또, 마스크(15)를 구성하는 원판의 직경을 충분히 크게 할 수 없는 경우에는 다음에 나타내는 보정방법을 사용할 수 있다. 도 13은 기관(12) 상의 위치좌표를 회전중심 O를 원점으로 한 직선좌표 x, y 및 극좌표 r, θ로 나타낸 도면이다. θ가 동일하고 r이 상이한 위치의 막 두께는 동일하고, 또한 θ로부터 막 두께를 알기 때문에 다음의 식 (6)으로 나타내는 변환식

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \end{cases} \quad \text{または} \quad \begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \theta = \cos^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{cases} \quad (6)$$

을 이용하여, 직선좌표 x, y에 의한 좌표를 극좌표 변환함으로써, 그 위치가 정확한 막 두께가 얻어진다. 회전중심 O는 싱글 작용 에지(15a)의 경우에는 마스크(15)의 중심과 일치하고, 싱글 작용 에지(15b, 15c)의 경우에는 마스크(15)의 회전에 따른, 에지의 실질적인 회전중심을 좌표원점 O로 할 수 있다.

다음에, 본 발명에 의한 막 형성 장치용 마스크링 기구의 제2 실시예를 도 14를 참조하여 설명한다. 도면에서, 마스크링 기구(30)는 화살표 A로 나타내는 축 상에서 직선형으로 왕복 운동 가능하게 지지된 마스크(31)로 구성되어 있다. 마스크(31)는 개구부(31e 및 31f)를 가지고 있다. 개구부(31e)는 서로 독립적으로 막 두께 구배를 형성하는 2개의 싱글 작용 에지(31a, 31b)를 가지고, 개구부(31f)는 막 두께 구배의 형성과 동시에 작용하는 2개의 작용 에지(이하, 더블 작용 에지라고 부른다)(31c, 31d)를 가지고 있다.

여기에서, 2개의 싱글 작용 에지(31a, 31b) 및 더블 작용 에지(31c, 31d) 중, 제1 싱글 작용 에지(31a)는 마스크 이동축 A에 대하여 +θ1(=60도)만큼 경사지게 연장되어 있고, 또한 제2 싱글 작용 에지(31b)는 마스크 이동축 A에 대하여 -θ1(=-60도)만큼 경사지게 연장되어 있다. 또, 더블 작용 에지(31c, 31d)의 에지는 각각 마스크 이동축 A에 대하여 +θ2, -θ2만큼 경사지게 연장되어 있고, 마스크 이동축 A에 관해서 수직방향의 일 점(도시한 경우, 하측)에서 교차하고 있다. 이들 싱글 작용 에지(31a, 31b), 및 더블 작용 에지(31c, 31d)의 에지 길이는 모두 기관(12)의 삼원계 상태도 박막을 형성하는 정삼각형 영역(12a)에 대하여 충분히 길게 선정되어 있다.

여기에서, 더블 작용 에지는 아래와 같이 작용하여, 기관(12) 상에 증착되는 박막의 막 두께 구배를 형성한다. 도 15는 더블 작용 에지의 구성을 나타내는 평면도이다. 도면에 도시한 바와 같이, 더블 작용 에지(40)는 xy 평면 내의 법선 단위벡터 d<sub>1</sub>을 가지는 에지(41)와, 법선 단위벡터 d<sub>2</sub>를 가지는 에지(42)로 구성되어 있고, 이동벡터 m의 방향은 -x 방향으로 한다. 형성되는 박막의 막 두께 형성 함수는 에지(41)에 의한 (3)식의 막 두께 형성 함수와, 에지(42)에 의한 (3)식의 막 두께 형성 함수의 합으로 얻어지지만, 도면의 구성의 경우 벡터의 스칼라적 d<sub>1</sub>·m>0, d<sub>2</sub>·m<0이기 때문에, 더블 작용 에지(40)에서 형성되는 막 두께 형성 함수는 다음 식으로 나타내어진다.

$$z_1 = \frac{rf}{d_1 \cdot m} {}^t d_1 \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad z_2 = -\frac{rf}{d_2 \cdot m} {}^t d_2 \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (7)$$

이 식을 변형하면, 다음 식으로 된다.

$$z_1 + z_2 = -\frac{rf \sin \theta}{(d_1 \cdot m)(d_2 \cdot m)} {}^t m_{\perp} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (8)$$

상기 식에 있어서  $\theta$ 는 법선 단위벡터  $d_1, d_2$ 가 이루는 각도이며,  $m_{\perp}$ 는  $m$ 과 직교하는 벡터이다. 이 식으로부터, 더블 작용 예지(40)에 의하면, 최대의 막 두께 구배는 이동벡터  $m$ 과 수직 방향으로 형성되는 것을 알 수 있다.

도 16은 도 15의 더블 작용 예지에 의한 막 두께 구배를 도시한 도면이며, (a)는 더블 작용 예지 마스크의 평면도, (b)는 마스크 이동벡터  $m$ 과 수직방향의 단면도이다. 이 도면에 의하면, 더블 작용 예지(41, 42)의 교차점에서는 막 두께가 0인 것이 안다.

이에 대하여, 더블 작용 예지가 교차하지 않는 경우를 설명한다. 도 17은 더블 작용 예지가 교차하지 않는 경우의 막 두께 구배를 도시한 도면이며, (a)는 더블 작용 예지 마스크의 평면도이고, (b)는 마스크 이동벡터  $m$ 과 수직방향의 단면도이다. 이 도면에 의하면, 더블 작용 예지(41, 42)가 교차하지 않는 경우에는 막 두께가 0인 점을 형성할 수 없는 것을 알 수 있다.

이와 같이 본 발명에 의한 막 형성 장치용 마스크링 기구의 제2 실시예인 도 14에 나타낸 마스크링 기구(30)는 마스크(31)의 더블 작용 예지(31c, 31d)를 사용함으로써, 마스크(31)의 이동방향 A에 수직 방향으로 1성분의 막 두께 구배를 형성할 수 있고, 싱글 작용 예지(31a, 31b)를 사용함으로써, 상기 막 두께 구배 방향으로부터  $\pm 120^\circ$  기울어진 각각의 방향으로, 상이한 2성분 각각의 막 두께 구배를 형성할 수 있기 때문에, 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다.

또, 제1 실시예에서 설명한 도 10과 마찬가지로 중심의 정삼각형의 영역에 삼원계 상태도의 박막을 형성할 수 있고, 정삼각형의 각 변에 인접한 영역에 이원계 상태도 박막을 형성할 수 있고, 또 그 외측에는 단일 막도 형성할 수 있다.

따라서, 제1 실시예와 같이 하여, 예를 들면 첫 번째의 삼원계 상태도 박막의 증착에 의해 형성된 박막의 각 영역의 측정으로부터, 성분마다 증착 속도와 막 두께, 및 막 두께와 농도의 관계를 구할 수 있고, 이 측정 데이터를 기초로, 두 번째의 삼원계 상태도 박막의 증착에 의해, 정확한 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다. 이 방법에 의하면, 삼원계 물질의 물질 탐사에 요하는 시간을 대폭 단축할 수 있다.

다음에, 도 14의 마스크(31)의 변형예인 회전 이동형 마스크를 도 18을 참조하면서 설명한다. 상기 실시예에서는 마스크링 기구(30)는 직선 왕복 운동하는 마스크(31)를 구비하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 도시한 바와 같이, 회전운동을 하는 원판형의 마스크(32)를 구비하고 있을 수도 있다. 이 경우, 마스크(32)는 상기 싱글 작용 예지(31a, 31b) 및 더블 작용 예지(31c, 31d)에 대응하여, 각각 싱글 작용 예지(32a, 32b), 및 더블 작용 예지(32c, 32d)를 구비하고 있다. 이 중, 제1 싱글 작용 예지(32a)의 예지는 마스크(32)의 이동방향인 원주 방향에 대하여  $+\theta_1$ (=60도)만큼 경사지게 연장되어 있고, 또한 제2 싱글 작용 예지(32b)의 예지는 원주 방향에 대하여  $-\theta_1$ (=-60도)만큼 경사지게 연장되어 있다. 또, 더블 작용 예지(32c) 및 더블 작용 예지(32d)의 예지는 각각 원주 방향에 대하여  $+\theta_2$ ,  $-\theta_2$ 만큼 경사지게 연장되어 있다.

이들 싱글 작용 예지(32a, 32b) 및 더블 작용 예지(32c, 32d)의 예지 길이는 모두 삼원계 상태도 박막을 형성하는 기관(12)의 정삼각형 영역(12a)에 대하여 충분히 길게 선정되어 있다.

또한, 마스크(32)를 구성하는 원판은 그 직경이, 회전에 의한 싱글 작용 예지(32a, 32b) 및 더블 작용 예지(32c, 32d)의 이동에 의한 직선방향에 대한 각도 어긋남을 될 수 있는 한 작게 하도록, 대직경으로 선정되는 것이 바람직하다. 이 경우 도, 마스크(32)의 회전운동의 보정은 제1 실시예의 도 13에서 설명한 극좌표 변환 방법에 의해 정확하게 보정할 수 있다.

다음에, 본 발명에 의한 막 형성 장치용 마스크링 기구의 제3 실시예를 도 19에 따라 설명한다. 도면에서, 마스크링 기구(50)는 화살표 A에서 나타내는 직선 상에서 왕복 운동 가능하게 지지된 마스크(51)로 구성되어 있다. 마스크(51)는 개구부(52d, 52e, 52f)를 가지고 있다. 이 구성은 하나의 막 두께 구배의 형성에 3개의 마스크가 동시에 작용하는 트리플 작용 예지 구성이며, 예지(52a, 52b, 52c)로 이루어지는 트리플 작용 예지(52)를 구비하고 있다. 트리플 작용 예지(52)는 마스크 이동축 A와 수직으로 연장되는 하나의 예지(52a)와, 마스크 이동축에 대하여 서로 반대측에 소정 각도만큼 경사지고, 일 점에서 교차하는 예지(52b, 52c)로 이루어진다. 이 경우도 상기와 같이 예지(52a, 52b, 52c)의 예지 길이는 모두 삼원계 상태도의 박막을 형성하는 기관(12)의 정삼각형 영역(12a)에 대하여 충분히 크게 선정되어 있다.

이러한 구성의 마스크링 기구(50)에 의하면, 마스크(51)를 마스크 이동축 A를 따라 이동시켰을 때, 예지(52a)에 의해 마스크 이동축 A의 방향으로 최대의 막 두께 구배가 얻어지는 동시에, 예지(52b, 52c)에 의해 마스크 이동축 A와 수직 방향으로 최대의 막 두께 구배가 얻어진다. 이 때, 각 예지(52a, 52b, 52c)에 의해서 형성되는 각각의 막 두께 형상 함수를  $z_1, z_2, z_3$ 으로 하고, 예지(52b, 52c)의 이동벡터를  $m$ , 예지(52a)의 이동벡터를  $m'$ 으로 하고, 또한 예지(52a, 52b, 52c)의 법선 단위벡터를 각각,  $d_1, d_2, d_3$ 이라고 하면, 막 두께 형상 함수는 다음 식으로 나타내어진다.



$$z_1 + z_2 + z_3 = -\frac{rf \sin \theta}{(d_1 \cdot m)(d_2 \cdot m)} {}^t m_{\perp} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \frac{rf}{|d_3 \cdot m'|} {}^t d_3 \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$= rf \left( -\frac{\sin \theta}{(d_1 \cdot m)(d_2 \cdot m)} {}^t m_{\perp} + \frac{1}{|d_3 \cdot m'|} {}^t d_3 \right) \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (9)$$

상기 (9)식의 최후의 식에서의 최초의 괄호 내는, 크기가 이동벡터 m의 크기에 의존하는 m에 수직방향의 벡터와, 크기가 m'의 크기에 의존하는 법선 단위벡터 d<sub>3</sub> 방향의 벡터의 합으로 되어 있고, m에 수직방향의 단위벡터를 k<sub>1</sub>, 법선 단위벡터 d<sub>3</sub> 방향의 단위벡터를 k<sub>2</sub>로 하고, 이들 벡터의 크기를 각각 a, b라고 하면, 이들 벡터의 합성벡터 v는 다음 식으로 나타내어진다.

$$v = ak_1 + bk_2 \quad (10)$$

따라서, 마스크 이동속도 m, m'을 적절하게 선택하여 벡터의 크기 a, b를 조절함으로써, 벡터 v의 방향을 원하는 방향으로 향하게 할 수 있다. 최대의 막 두께 구배의 방향은 v의 방향이기 때문에 원하는 방향으로 막 두께 구배를 형성할 수 있다. 즉, 예지(52a)의 이동속도 m과 예지(52b, 52c)의 이동속도 m'를 적당히 조정함으로써, 원하는 방향의 막 두께 구배가 얻어진다. 따라서, 1성분마다 m과 m'을 선택하여, 서로 120°를 이루는 막 두께 구배를 형성하면, 삼원계 상태도 박막이 동일한 마스크로부터 형성될 수 있다.

도 20은 도 19의 마스크링 기구에 의한 삼원계 상태도 박막의 다른 형성예를 설명하는 평면도이다. (a)에 도시한 바와 같이, 복수의 적절한 형상의 트리플 작용 예지(52)를 구비한 마스크(51)를 사용한다. A, B1, B2, C, D, E1, E2, F는 각각의 예지를 나타내고, 이들 기호의 아래에 붙인 화살표는 마스크를 마스크 이동축 A를 따라 움직였을 때에 형성되는 막 두께 구배 방향을 나타낸다. 따라서, (b)에 나타낸 바와 같이, 예지를 선택함으로써, 제1 상한으로부터 제4 상한에 이르는 모든 방향으로 원하는 막 두께 구배를 형성할 수 있어, 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다.

상기 실시예에서는 마스크링 기구(50)는 직선 왕복 운동하는 마스크(51)를 구비하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 도 21에 도시한 바와 같이, 회전운동을 하는 원판형의 마스크(53)를 구비하고 있을 수도 있다. 도 21은 도 19의 마스크링 기구의 마스크가 회전 이동형 마스크인 변형예를 나타내는 평면도이다. 이 경우, 마스크(53)는 전술한 예지(52a, 52b, 52c)에 대응하여, 각각 예지(53a, 53b, 53c)를 구비하고 있다. 이 중, 예지(53a)는 마스크(53)의 이동방향인 원주 방향에 대하여 +θ<sub>1</sub>(=60도)만큼 경사지게 연장되어 있고, 또한 예지(53b, 53c)의 예지는 각각 원주 방향에 대하여 +θ<sub>2</sub>, -θ<sub>2</sub>만큼 경사지게 연장되어 있다. 예지(53a, 53b, 53c)의 예지 길이는 모두 삼원계 상태도의 박막을 형성하는 기관(12)의 정삼각형 영역(12a)에 대하여 충분히 길게 선정되어 있다. 또한, 마스크(53)를 구성하는 원판은 그 직경이 회전에 의한 예지(53a, 53b, 53c)의 이동에 의한 직선방향으로부터의 각도 어긋남을 뺄 수 있는 한 작게 하도록, 대직경으로 선정하는 것이 바람직하다. 이 경우도, 상기 제1, 제2 실시예와 마찬가지로 위치좌표를 극좌표 변환함으로써, 정확한 삼원계 상태도 박막이 얻어진다.

상술한 실시예에서는 레이저 애블레이션 증착 장치 등의 진공막 형성 장치용 마스크링 기구에 대하여 설명했지만, 이것에 한정되지 않고, 마스크를 이동시키면서 기관 상에 기상성장법에 의해 박막을 형성하는 막 형성 장치이면, 본 발명을 적용할 수 있는 것은 명확하다.

**산업상 이용 가능성**

상기 설명으로부터 이해될 수 있는 바와 같이, 본 발명의 막 형성 장치용 마스크링 기구에 의하면, 삼원계 상태도 박막을 형성할 수 있다. 또한 본 발명의 막 형성 장치용 마스크링 기구는 1매의 마스크와 이것을 1축 방향으로 구동하는 장치로 구성되어 있기 때문에, 진공조에 배치하기 위한 용적이 매우 작고, 따라서 장치비용을 높게 하지 않고, 삼원계 상태도 박막을 제작할 수 있다. 또한, 본 발명 마스크링 기구를 이용하면, 단시간에 신뢰성이 높은 이원계, 삼원계 상태도 박막을 제작하는 것이 가능하다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

1매의 마스크, 및 상기 마스크를 기관에 대하여 1축 방향으로 이동시키는 구동 장치로 이루어지고,

상기 마스크는 제1 싱글 작용 예지, 제2 싱글 작용 예지, 및 제3 싱글 작용 예지를 가지고,

상기 제1 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터와 상기 제2 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 120°를 이루고, 상기 제2 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터와 상기 제3 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 120°를 이루고, 또한 상기 제3 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터와 상기 제1 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 120°를 이루고 있는

것을 특징으로 하는 막 형성 장치용 마스크링 기구.

## 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 1매의 마스크는 상기 1축 방향과  $90^\circ + \alpha$  ( $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ )를 이루는 변을 가지는 마스크이며,

상기 마스크는 제1 개구부 및 제2 개구부를 가지고,

상기 제1 개구부는 상기 1축 방향에 대하여  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고, 상기 제2 개구부는 상기 1축 방향에 대하여  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고,

상기 마스크의 상기 1축 방향과  $90^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 상기 제1 싱글 작용 예지로 하고, 상기 1축 방향에 대하여  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 상기 제2 싱글 작용 예지로 하고, 상기 1축 방향에 대하여  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 상기 제3 싱글 작용 예지로 하는

것을 특징으로 하는 막 형성 장치용 마스크링 기구.

## 청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 1매의 마스크는 1매의 원판으로 이루어지고,

상기 원판은 제1, 제2 및 제3 절결부를 가지고,

상기 제1 절결부는 상기 원판의 원주 방향에 대하여  $90^\circ + \alpha$  ( $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ )를 이루는 변을 가지고, 상기 제2 절결부는 상기 원판의 원주 방향에 대하여  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고, 상기 제3 절결부는 상기 원판의 원주 방향에 대하여  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 가지고,

상기 마스크의 상기 원주 방향과  $90^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 상기 제1 싱글 작용 예지로 하고, 상기 원주 방향과  $30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 상기 제2 싱글 작용 예지로 하고, 상기 원주 방향과  $-30^\circ + \alpha$ 를 이루는 변을 상기 제3 싱글 작용 예지로 하는

것을 특징으로 하는 막 형성 장치용 마스크링 기구.

## 청구항 4.

1매의 마스크, 및 상기 마스크를 기판에 대하여 1축 방향으로 이동시키는 구동 장치로 이루어지고,

상기 마스크는 제1 싱글 작용 예지, 제2 싱글 작용 예지, 및 상기 1축 방향으로 저변을 가지며 다른 2변을 작용 예지로 하는 삼각형의 더블 작용 예지를 가지고,

상기 제1 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 상기 1축 방향과  $30^\circ$ 를 이루고, 상기 제2 싱글 작용 예지의 법선 단위벡터가 상기 1축 방향과  $-30^\circ$ 를 이루는

것을 특징으로 하는 막 형성 장치용 마스크링 기구.

## 청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 1매의 마스크는 1매의 원판으로 이루어지고,

상기 원판은 제1 및 제2 절결부를 가지고,

상기 제1 절결부는 상기 원판의 원주 방향에 대하여  $30^\circ$ 를 이루는 변과  $-30^\circ$ 를 이루는 변으로 이루어지는 부채형의 절결부이며, 상기 제2 절결부는 상기 원판의 원주 방향에 대하여  $60^\circ$ 를 이루는 변,  $-60^\circ$ 를 이루는 변, 및 상기 원주 방향으로 평행한 변으로 이루어지는 절결부인

것을 특징으로 하는 막 형성 장치용 마스크킹 기구.

## 청구항 6.

1매의 마스크, 및 상기 마스크를 기관에 대하여 1축 방향으로 이동시키는 구동 장치로 이루어지고,

상기 마스크는 최소한 상기 1축 방향으로 저변을 가지는 삼각형의 개구부 및 상기 1축 방향에 대해 직교하는 변을 가지고,

상기 삼각형의 개구부의 저변 이외의 2변과 상기 1축 방향에 대해 직교하는 변을 트리플 작용 에지로 하고,

상기 삼각형의 개구부의 상기 이동 속도 및 상기 1축 방향에 대해 직교하는 변의 상기 이동 속도를 각각 선택함으로써, 이들 이동 속도에 의해 정해지는 소정의 방향으로 막 두께 구배를 형성하는

것을 특징으로 하는 막 형성 장치용 마스크킹 기구.

## 청구항 7.

제6항에 있어서,

상기 1매의 마스크는 1매의 원판으로 이루어지고,

상기 원판은 최소한 제1 절결부, 및 제2 절결부 또는 제1 개구부를 가지고,

상기 제1 절결부는 부채형의 절결부이고, 상기 제2 절결부는 상기 원판의 원주 방향에 대해 직교하는 변을 가지는 절결부이고, 상기 제1 개구부는 상기 원판의 원주 방향으로 평행한 저변을 가지는 삼각형의 개구부이며,

상기 부채형의 절결부의 2변과 상기 원주 방향에 대해 직교하는 제2 절결부의 변을 상기 트리플 작용 에지로 하거나, 상기 삼각형의 개구부의 저변 이외의 2변과 상기 원주 방향에 대해 직교하는 제2 절결부의 변을 상기 트리플 작용 에지로 하는

것을 특징으로 하는 막 형성 장치용 마스크킹 기구.

## 요약

에지 법선벡터가 서로 120°를 이루는, 제1 싱글 작용 에지(11a), 제2 싱글 작용 에지(11b), 및 제3 싱글 작용 에지(11c)를 가지는 마스크(11)와, 마스크(11)를 기관(12)에 대하여 1축 방향(A)으로 이동시키는 구동 장치로 이루어지고, 동일한 기관 영역에 에지마다 증착 물질을 바꾸어, 마스크(11)를 1축 방향(A)으로 일정한 속도로 이동시키면서 증착함으로써, 막 두께 구배 방향이 서로 120°를 이루는 3성분 박막을 중첩하여 삼원계 상태도 박막(13)을 형성한다.

## 대표도

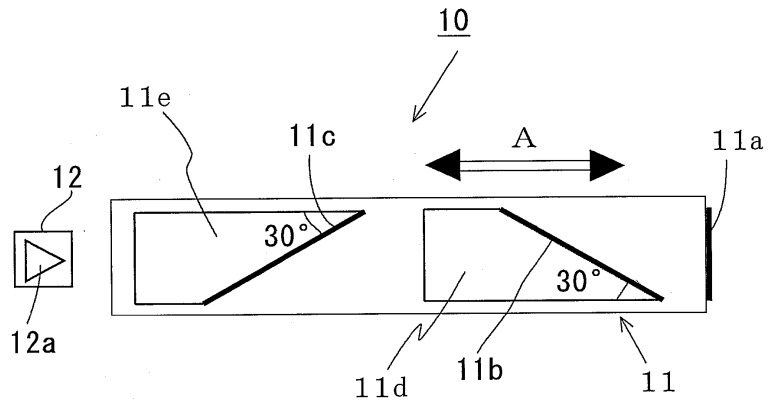
도 1

## 색인어

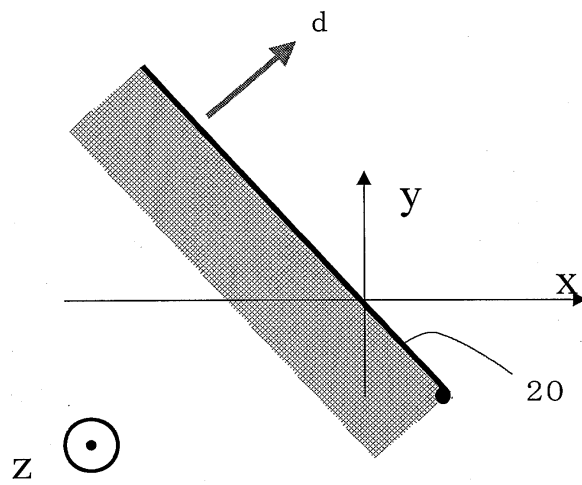
막 형성, 마스크, 에지, 기관, 증착, 구배, 삼원계, 상태도, 박막

## 도면

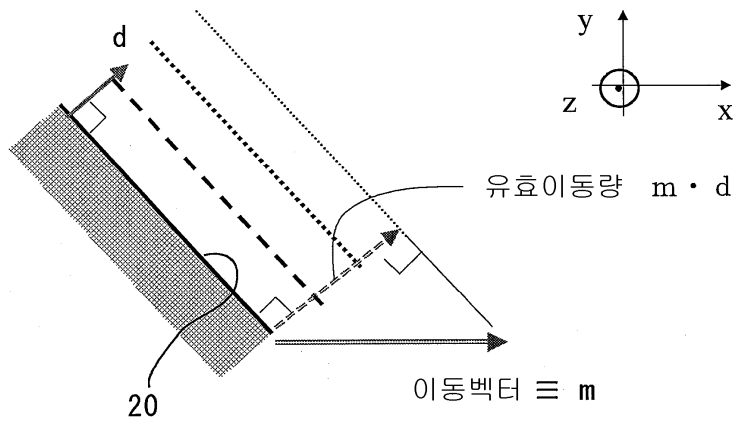
도면1



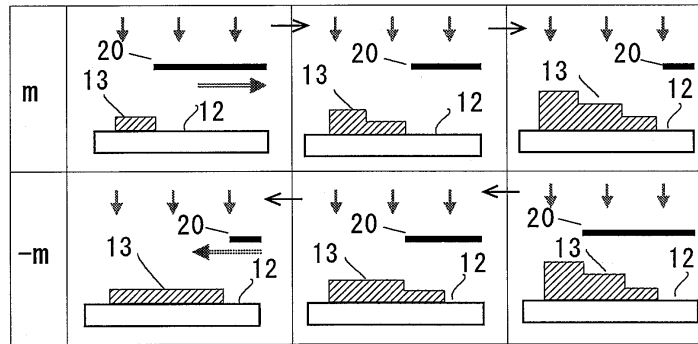
도면2



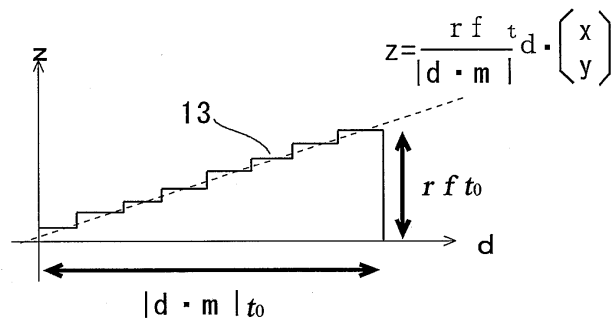
도면3



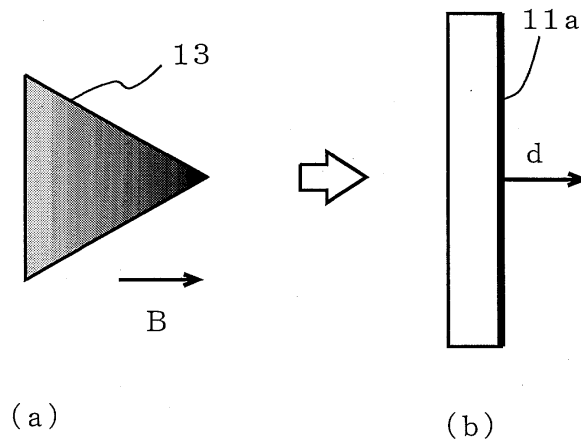
도면4



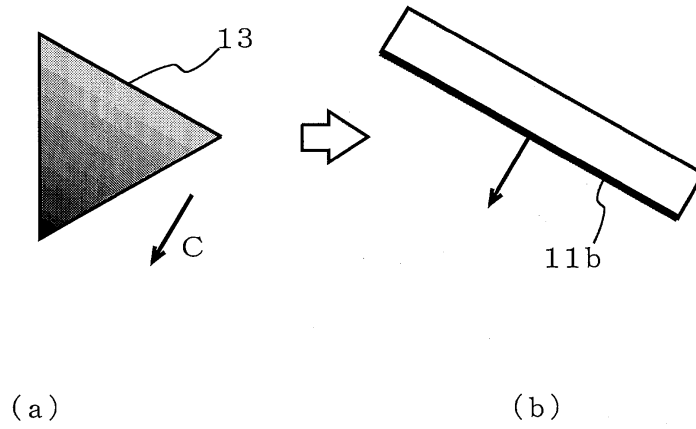
도면5



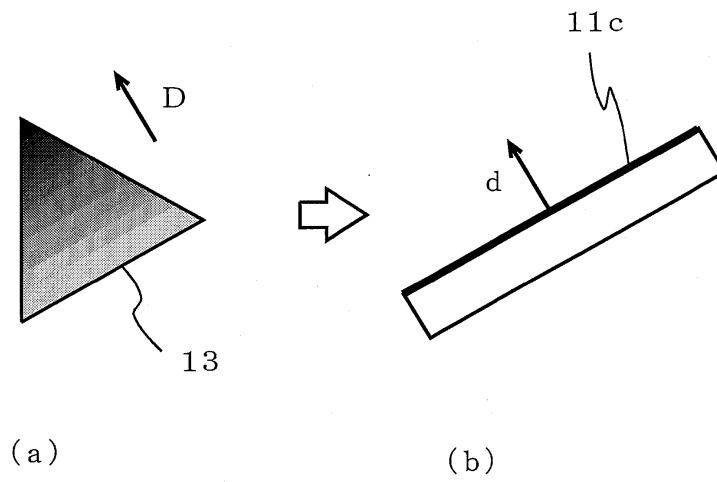
도면6



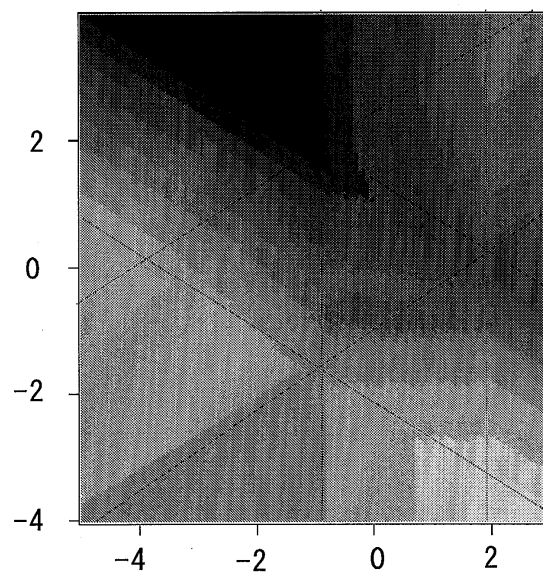
도면7



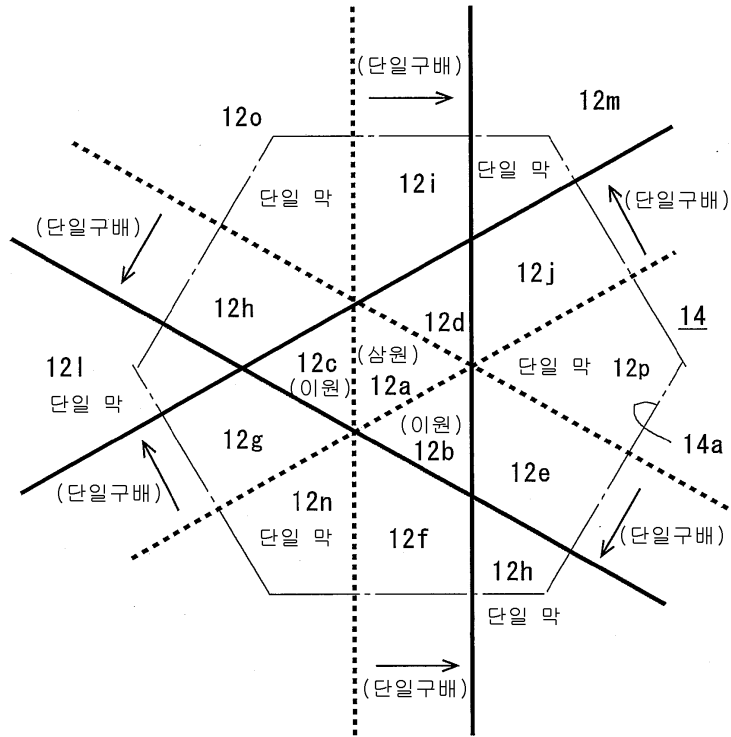
도면8



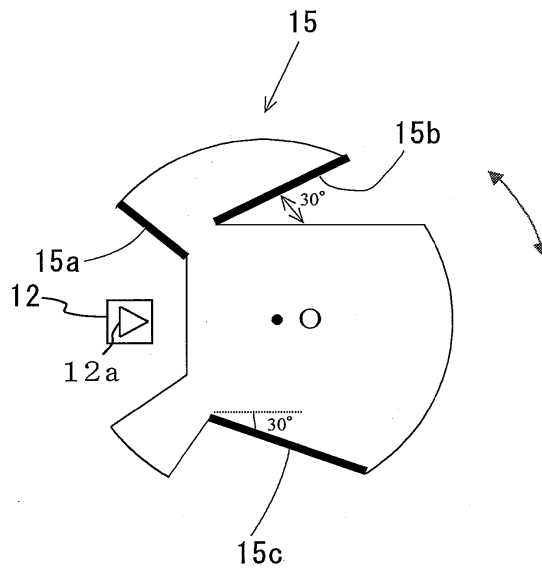
도면9



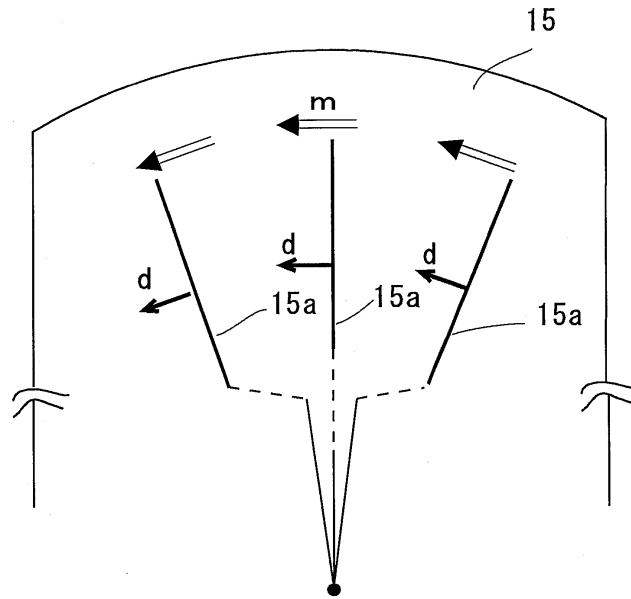
도면10



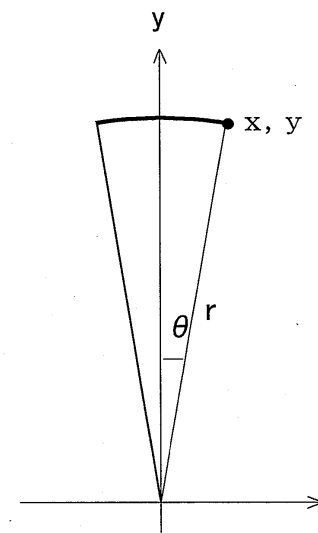
도면11



도면12

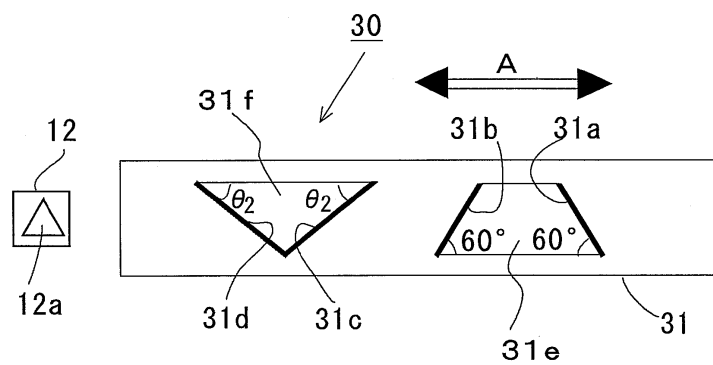


도면13



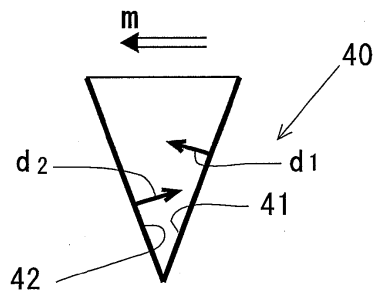
직선좌표 및 극좌표 표시

도면14

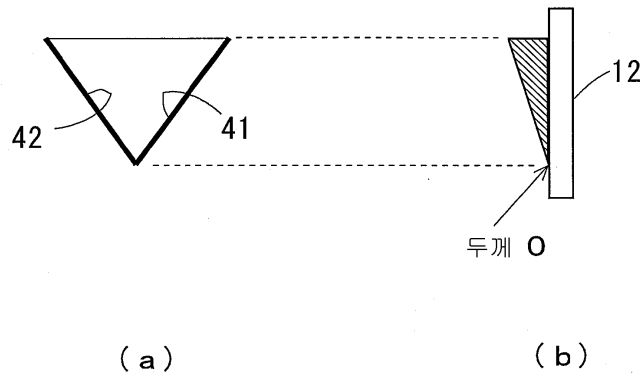




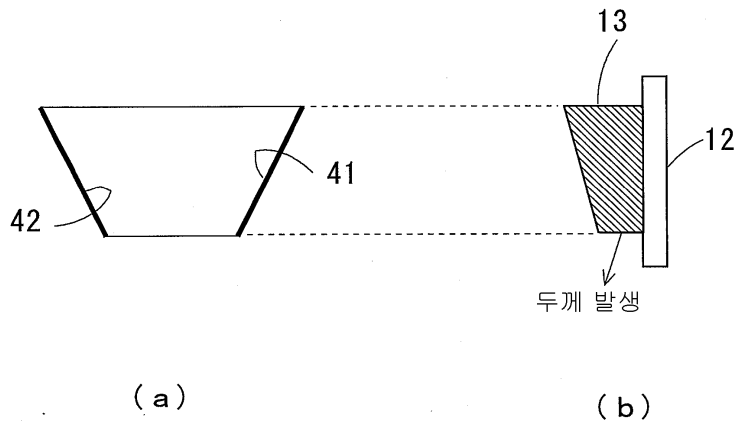
도면15



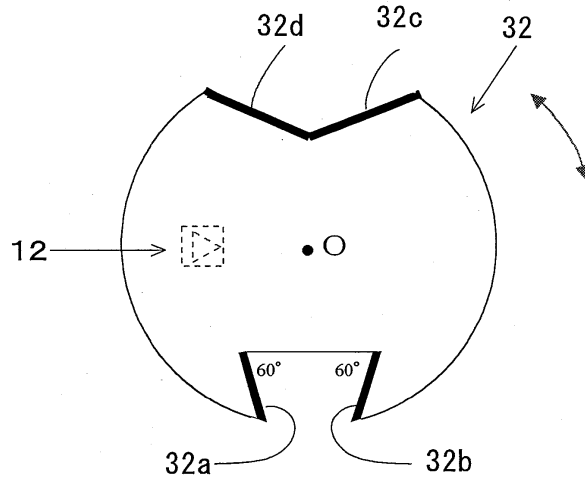
도면16



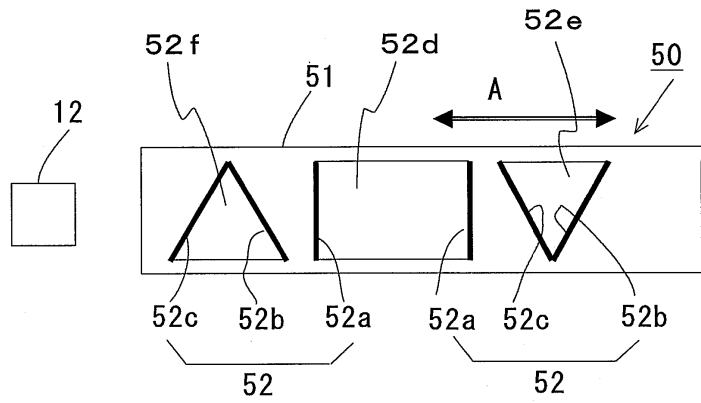
도면17



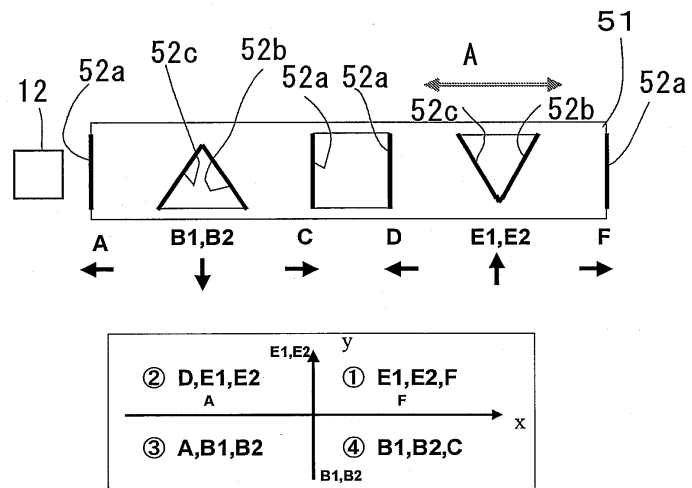
도면18



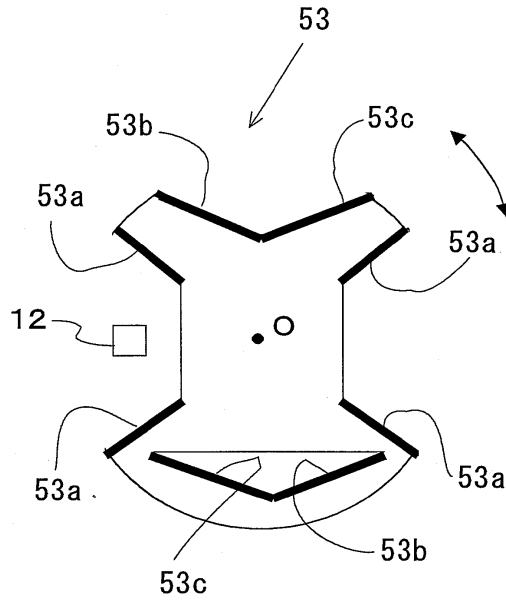
도면19



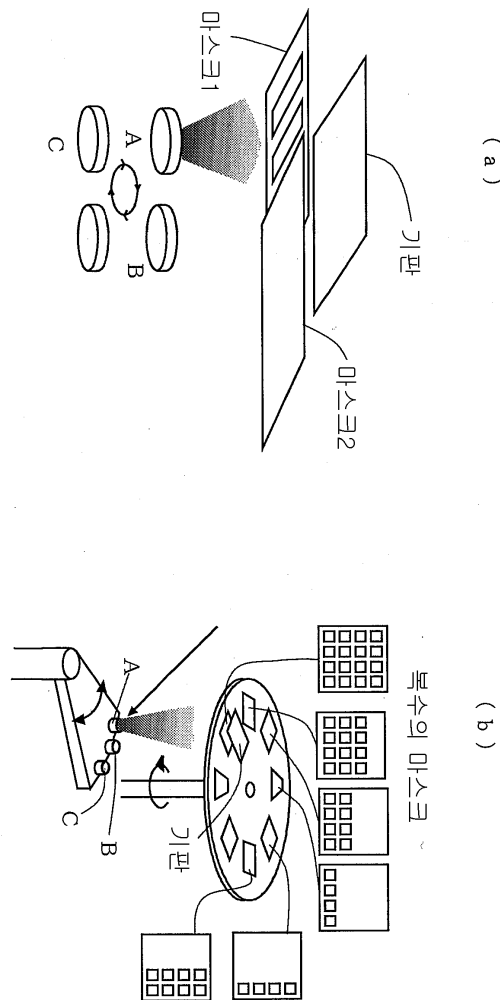
도면20



도면21



도면22



도면23

