



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0030769
(43) 공개일자 2015년03월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/34 (2006.01) *C23C 14/35* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7003837(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2011년07월22일
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2013-7011057
원출원일자(국제) 2011년07월22일
- (85) 번역문제출일자 2015년02월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2011/062674
- (87) 국제공개번호 WO 2012/041557
국제공개일자 2012년04월05일
- (30) 우선권주장
10184028.8 2010년09월30일
유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인
에플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
- (72) 발명자
벤더, 마르쿠스
독일 63454 하나우 호펜슈트라쎄 43
하니카, 마르쿠스
독일 86899 란츠베르크 라이세타일레 11
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 남엔드남

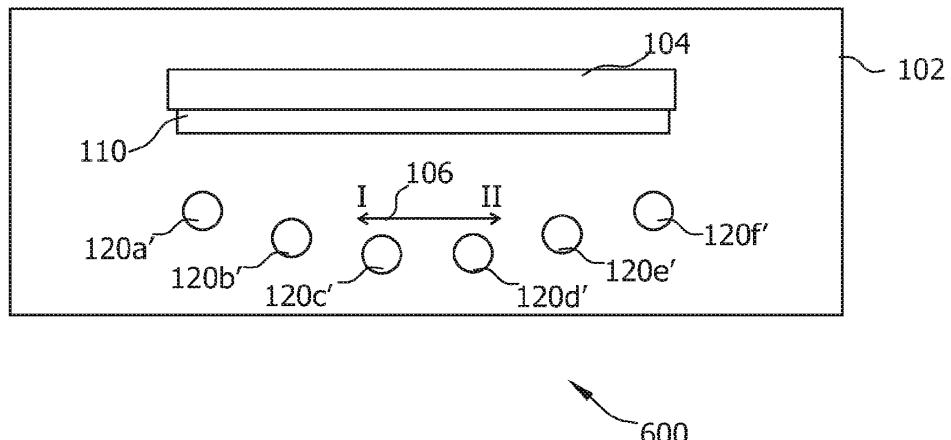
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 스퍼터링된 재료의 층을 형성하기 위한 시스템들 및 방법들

(57) 요약

본 개시는 진공 챔버 내에서 기판(110)을 코팅하는 방법을 설명하며, 그 방법은 기판(110) 상에 스퍼터링된 재료의 층(806)을 형성하는 단계를 포함한다. 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는, 기판(110) 위에 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')으로부터 재료를 스퍼터링하는 단계; 적어도 하나의 타겟(120')과 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 포함할 수 있고, 기판은 층의 형성 동안에 진공 챔버에 관련하여 정지되어 유지된다.

대 표 도 - 도11



(72) 발명자

쉐어, 에벨린

독일 63811 슈토크슈타트 비쉬베르크슈트라쎄 10

피이랄리시, 파비오

독일 63739 아사펜부르크 헌터 데르 아이히 4

마안케, 구이도

독일 63814 마이나샤프 크라니히베크 13

린텐베르크, 릴프

독일 63654 뷔딩엔 - 린데르뷔겐 보른가쎄 8

로프, 안드레아스

독일 63579 프라이게리히트 하나우어슈트라쎄 26

슈바니츠, 콘라트

독일 63743 아샤펜부르크 마릴리이스-슬라이히-슈트라쎄 7

리우, 지안

독일 63538 그로쓰크로첸부르크 바알러제 12

특허청구의 범위

청구항 1

진공 챔버 내에서 기판(110)을 코팅하는 방법으로서,
상기 기판(110) 상에 스퍼터링된 재료의 층(806)을 형성하는 단계를 포함하며,
상기 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는,
 상기 기판(110)에 걸쳐 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')으로부터 재료를 스퍼터링하는 단계; 및
 상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')과 상기 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 포함하고,
 상기 기판은 상기 층의 형성 동안에 상기 진공 챔버에 관련하여 정지되어 유지되는,
진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 평행이동되는,
진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 기판 표면을 따라 평행이동 되는,
진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 중첩되는 방식으로 이동되는,
진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 변화시키는 단계는,
상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')과 상기 기판(110) 사이의 상기 상대적인 위치를 제 1 위치(I)로 변화시키는 단계 – 상기 제 1 위치는 미리 결정된 제 1 시간 간격 동안 유지됨 – ; 및
상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟과 상기 기판 사이의 상기 상대적인 위치를 제 2 위치(II)로 변경하는 단계 – 상기 제 2 위치는 미리 결정된 제 2 시간 간격 동안 유지됨 – 를 포함하며,
상기 미리 결정된 제 1 시간 간격과 상기 미리 결정된 제 2 시간 간격 중 적어도 하나는 적어도 0.1초인,
진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')은 복수의 회전가능한 타겟들 또는 회전가능한 타겟들의 어레이인,

진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 진공 챔버 내에서 상기 회전가능한 타겟들의 어레이의 회전가능한 타겟들의 수는 2 내지 20인,

진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 상대적인 위치는, 상기 스퍼터링된 재료의 층이 적어도 $\pm 10\%$, 적어도 $\pm 5\%$, 또는 적어도 $\pm 1\%$ 의 두께 균일성을 갖도록 형성되는 방식으로 변화되는,

진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 자신의 원통형 대칭축에 대하여 회전가능한 실질적으로 원통형인 타겟($120'$)인,

진공 챔버 내에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 10

진공 챔버에서 기판(110)을 코팅하는 방법으로서,

상기 방법은,

상기 기판(110) 상에 스퍼터링된 재료의 층(806)을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는,

상기 기판(110)에 걸쳐 적어도 하나의 회전가능한 타겟($120'$)으로부터 재료를 스퍼터링하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟($120'$)과 상기 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 포함하고,

상기 상대적인 위치를 변화시키는 단계는, 기판 방향을 따르는 상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟의 평행이동을 포함하는,

진공 챔버에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 중첩되는 방식으로 이동되는,

진공 챔버에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 기판은 상기 층의 형성 동안에 상기 진공 챔버에 관련하여 정지되어 유지되는,

진공 챔버에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 13

제 10 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 변화시키는 단계는,

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')과 상기 기판(110) 사이의 상기 상대적인 위치를 제 1 위치(I)로 변화시키는 단계 – 상기 제 1 위치는 미리 결정된 제 1 시간 간격 동안 유지됨 – ; 및

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟과 상기 기판 사이의 상기 상대적인 위치를 제 2 위치(II)로 변화시키는 단계 – 상기 제 2 위치는 미리 결정된 제 2 시간 간격 동안 유지됨 – 를 포함하며,

상기 미리 결정된 제 1 시간 간격과 상기 미리 결정된 제 2 시간 간격 중 적어도 하나는 적어도 0.1초인,

진공 챔버에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')은 복수의 회전가능한 타겟들 또는 회전가능한 타겟들의 어레이인,
진공 챔버에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 진공 챔버 내에서 상기 회전가능한 타겟들의 어레이의 회전가능한 타겟들의 수는 2 내지 20인,
진공 챔버에서 기판을 코팅하는 방법.

청구항 16

기판을 코팅하기 위한 시스템으로서,

상기 시스템은,

상기 기판(110) 상에 재료를 스퍼터링하기 위한 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')을 포함하며,

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')은, 상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120)과 상기 기판(110) 사이의 상대적인 위치가 변화되는 방식으로, 상기 기판(110)의 코팅 동안에 상기 타겟의 평행이동을 실시하기 위해 이동되도록 구성되는,

기판을 코팅하기 위한 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟(120')은 복수의 회전가능한 타겟들 또는 회전가능한 타겟들(120a', 120b', 120c', 120d', 120e', 120f')의 어레이인,

기판을 코팅하기 위한 시스템.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 자신의 원통형 대칭축에 대하여 회전가능한 실질적으로 원통형인 타겟(120')인,

기판을 코팅하기 위한 시스템.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

기판 표면을 따르는 상기 타겟의 평행이동을 실시하는 타겟 드라이브 시스템을 더 포함하는,
기판을 코팅하기 위한 시스템.

청구항 20

제 16 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 타겟의 길이는 코팅될 상기 기판의 길이보다 길게 연장되는,
기판을 코팅하기 위한 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 개시의 실시예들은 기판 상에 층을 코팅하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것으로, 더 특정하게는, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하기 위한 방법들 및 시스템들에 관한 것이다. 더 구체적으로는, 본 개시의 적어도 몇몇 양상들은 마그네트론 스퍼터링에 관련되고, 여기서, 타겟은, 예를 들어, 회전가능한 원통형 타겟 또는 평면 타겟일 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). 보다 더 구체적으로는, 본 개시의 몇몇 양상들은 정적(static) 스퍼터링 증착에 관련된다. 본 개시의 적어도 몇몇 양상들은 특히, 반도체 및 유전체 재료들 및 디바이스들, 실리콘-계 웨이퍼들, 평판 디스플레이들(예를 들어, TFT들), 마스크들 및 필터들, 에너지 변환 및 스토리지(예를 들어, 광발전 셀들, 연료 셀들, 및 배터리들), 고체 상태 조명(예를 들어, LED들 및 OLED들), 자기 및 광학 스토리지, 마이크로-전기-기계 시스템들(MEMS) 및 나노-전기-기계 시스템들(NEMS), 마이크로-광학 및 광-전기-기계 시스템들(NEMS), 마이크로-광학 및 광전자 디바이스들, 투명 기판들, 건축 및 자동차 유리들, 금속 및 폴리머 포일(foil)들 및 패키징을 위한 금속화 시스템들, 및 마이크로- 및 나노-몰딩을 수반하는 애플리케이션들을 포함하는 (그러나, 이에 제한되지 않는다) 대표적인 예들을 갖는, 코팅들 및 기판들의 처리, 패터닝, 및 증착에서 사용되는, 장비, 프로세스들 및 재료들을 수반하는 기판 코팅 기술 솔루션들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 높은 균일성(즉, 확장된 표면 위의 균일한 두께)으로 기판 상에 층을 형성하는 것은 다수의 기술 분야들에서 중요한 문제이다. 예를 들어, 박막 트랜지스터들(TFT들)의 분야에서, 두께 균일성은 디스플레이 금속 라인들을 신뢰성 있게 제조하기 위한 핵심사항일 수 있다. 게다가, 균일한 층은 전형적으로, 제조 재현성을 용이하게 한다.

[0003] 기판 상에 층을 형성하기 위한 하나의 방법은 스퍼터링이며, 스퍼터링은 다양한 제조 분야들에서, 예를 들어, TFT들의 제작에서, 유익한 방법으로서 개발되어 왔다. 스퍼터링 동안에, 에너제틱(energetic) 입자들(예를 들어, 불활성 또는 반응성 가스의 에너자이징된 이온들)에 의한 타겟 재료의 충격에 의해 타겟 재료로부터 원자들이 방출된다. 그에 의해, 방출된 원자들은 기판 상에 증착될 수 있고, 그에 따라, 스퍼터링된 재료의 층이 형성될 수 있다.

[0004] 그러나, 스퍼터링에 의해 층을 형성하는 것은, 예를 들어, 타겟 및/또는 기판의 기하형상(geometry)으로 인해, 높은 균일성 요구조건들을 양보할 수 있다. 특히, 광범위한 기판들 위의 스퍼터링된 재료의 균일한 층들은 스퍼터링된 재료의 불규칙적인 공간 분포로 인해 달성하기 어려울 수 있다. 기판 위의 다수의 타겟들의 제공은 층 균일성을 개선할 수 있다. 다른 선택은 마그네트론 스퍼터 캐소드의 자석을 제로-위치(zero-position) 주위에서 그리고 특정 외측 위치들 사이에서 일정한 각속도로 회전시키는 것이다. 그러나, 특히, 층 균일성에 대해 높은 요구조건들을 부과하는 몇몇 애플리케이션들에 있어서는, 그렇게 달성된 층 균일성은 충분하지 않을 수 있다.

[0005] 따라서, 스퍼터링된 재료의 매우 균일한 층을 용이하게 하기 위한 추가적인 방법들 및/또는 시스템들이 요구된다.

발명의 내용

[0006] 일 양상에서, 전공 챔버에서 기판을 코팅하는 방법이 제공된다. 그 방법은, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하고, 여기서, 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는, 기판 위에 하나 또는 둘 이상의

회전가능한 타겟들로부터 재료를 스퍼터링하는 단계를 포함한다. 그 방법은, 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 더 포함하고, 기판은 층의 형성 동안에 전공 챔버에 관련하여 정지되어 유지된다.

[0007] 다른 양상에서, 전공 챔버에서 기판을 코팅하기 위한 방법이 제공된다. 그 방법은, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하고, 여기서, 형성하는 단계는, 기판 위에 하나 또는 둘 이상의 타겟들로부터 재료를 스퍼터링하는 단계, 및 상기 적어도 하나의 회전 가능한 타겟과 상기 기판 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 포함하고, 상대적인 위치를 변화시키는 단계는 기판 방향을 따르는 적어도 하나의 회전 가능한 타겟의 평행이동을 포함한다.

[0008] 또 다른 양상에서, 기판을 코팅하기 위한 시스템이 제공된다. 그 시스템은, 상기 기판 상에 재료를 스퍼터링하기 위한 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들을 포함하고, 여기서, 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들은, 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치가 변화되도록 하는 방식으로, 상기 기판의 코팅 동안에 타겟의 평행이동을 실시하기 위해 이동되도록 구성된다.

[0009] 본 발명의 추가적인 양상들, 이점들, 및 피쳐(feature)들은, 종속 청구항들, 상세한 설명, 및 첨부 도면들로부터 명백하다.

도면의 간단한 설명

[0010] 당업자에 대한 완전하고 가능하게 하는(enabling) 개시는, 그 개시의 최상의 모드(best mode)를 포함하여, 첨부 도면들에 대한 참조를 포함하는 명세서의 나머지에서 더 특정하게 설명된다.

도 1, 도 2, 도 3; 도 5 내지 도 7; 및 도 11 내지 도 19는 여기에서 설명된 실시예들에 따른 기판을 코팅하기 위한 예시적인 시스템들의 개략도들이다.

도 4 및 도 10은 여기에서 설명된 실시예들에 따른 캐소드 조립체에 인가되는 전압 파형의 개략도들이다.

도 8 및 도 9는 여기에서의 실시예들에 따른 스퍼터링된 재료의 층의 형성을 예시하는 정성적인(qualitative) 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이제, 다양한 실시예들이 상세히 참조될 것이고, 그 실시예들의 하나 또는 둘 이상의 예들은 각각의 도면에서 예시된다. 각각의 예는 설명으로서 제공되고, 제한으로서 의도되지 않는다. 예를 들어, 일 실시예의 파트로서 설명 또는 예시되는 피쳐들은, 더 추가적인 실시예들을 산출하기 위해 다른 실시예들에 대해 또는 그 다른 실시예들과 함께 사용될 수 있다. 본 개시가 그러한 변형들 및 변화들을 포함하는 것이 의도된다.

[0012] 여기에서 설명된 실시예들은, 층으로 기판을 코팅하기 위한 방법들 및 시스템들을 포함하고, 여기에서, 층을 형성하기 위한 프로세스 동안에, 기판 위의 스퍼터링된 재료의 분포가 변화된다. 특히, 여기에서 설명된 실시예들은, 타겟과 기판 사이의 상대적인 위치(또한, 타겟-기판 상대적인 위치라고 지칭됨)를 변화시키는 것을 포함한다. 전형적으로, 이러한 상대적인 위치는, 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 적어도 2개의 별개의 위치들(이하에서, 제 1 위치 및 제 2 위치라고 지칭됨)에서, 미리 결정된 시간 간격 동안 유지된다.

[0013] 적어도 몇몇 다른 실시예들은, 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 특히 평면 타겟을, 더 특정하게는 그 평면 타겟의 또는 그 평면 타겟에 연관된 평면 캐소드 조립체의 세로축을 중심으로 왕복 방식으로 회전시키는 것을 포함한다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 왕복이라는 용어는, 왔다갔다하는(to-and-fro) 운동을 지칭한다. 여기에서 설명된 실시예들에 따르면, 회전가능한 타겟 또는 회전가능한 타겟들의 어레이는 왕복 방식으로 이동된다.

[0014] 특정 실시예들에 따르면, 적어도 하나의 타겟으로부터 재료를 스퍼터링하는 것은, 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 2개의 실질적으로 상호보완적인(complementary) 막 분포들을 중첩시키는(superposing) 것을 포함한다. 본 개시 내의 "실질적으로"라는 용어는, 예를 들어, 20%, 또는 더 구체적으로는 10%, 또는 보다 더 구체적으로는 5% 미만의 편차를 포함하여, 거의 특정 상태 또는 값인 것, 특정 상태 또는 값에 임박한 것, 또는 정확하게 특정 상태 또는 값인 것을 나타내는 것으로서 이해되어야 한다.

[0015] 그에 의해, 본 개시의 실시예들은, 기판 상의 층들의 형성을 용이하게 하고, 그 층들은 높은 품질을 갖는다. 특히, 기판 상의 증착된 층의 두께는 전체 기판 전반에 걸쳐 매우 균일할 수 있다. 게다가, 그에 의해, (예를

들어, 성장된 결정의 구조, 비저항, 및/또는 충 응력과 같은 특성들에 관하여) 층의 높은 균질성(homogeneity)이 용이하게 된다. 예를 들어, 본 개시의 실시예들은, (예를 들어, TFT-LCD 디스플레이들의 제조에 대해) TFT들의 생산에서, 금속화된 층들을 형성하는 것에 대해 유리할 수 있고, 이는, 그 형성에서, 신호 지연이 층의 두께에 의존하고, 그에 따라, 두께 불균일성이 약간 상이한 시간들에서 에너자이징되는 광센들을 초래할 수 있기 때문이다. 더욱이, 본 개시의 실시예들은, 후속하여(subsequently) 에칭되는 층들을 형성하는 것에 대해 유리할 수 있고, 이는, 층 두께의 균일성이 형성된 층의 상이한 위치들에서 동일한 결과들을 달성하는 것을 용이하게 하기 때문이다.

[0016] 도면들의 다음의 설명 내에서, 동일한 참조 번호들은 동일한 컴포넌트들을 지칭한다. 일반적으로, 개별적인 실시예들에 대한 차이들만이 설명된다.

[0017] 도 1은 기판(110)을 코팅하기 위한 시스템(100)의 개략도이다. 여기에서 설명되는 바와 같이, 스퍼터링된 재료로 기판을 코팅하는 프로세스는 전형적으로, 박막 애플리케이션이라고 지칭된다. "코팅"이라는 용어 및 "증착"이라는 용어는 여기에서 동의어로 사용된다. 여기에서 사용되는 바와 같은 "기판"이라는 용어는 비가요성(inflexible) 기판들(예를 들어, 웨이퍼 또는 유리 플레이트, 그러나, 이에 제한되지 않음) 및 가요성 기판들(예를 들어, 웹(web) 또는 포일, 그러나, 이에 제한되지 않음) 양자 모두를 포함할 것이다.

[0018] 도 1의 예시적인 코팅 시스템은, 타겟(120)으로부터의 스퍼터링된 재료가 기판(110) 상에 증착될 수 있도록, 기판(110) 위에 배치된 타겟(120)을 포함한다. 여기에서 사용되는 바와 같이, "타겟"이라는 용어는 소스 재료의 스퍼터링에 의해 기판 위에 층을 형성하기 위한 소스 재료를 포함하는 솔리드(solid) 바디를 지칭한다. 전형적인 실시예들에 따르면, 타겟(120)은 실질적으로 원통형으로 형성된다. 대안적으로, 타겟(120)은, 코팅 시스템(100)으로 하여금 여기에서 설명되는 바와 같이 층을 형성할 수 있게 하는 임의의 기하형상을 가질 수 있다. 더욱이, 타겟(120)은 도 6 및 도 7에서 예시된 바와 같이 복수의 타겟 엘리먼트들로 구성될 수 있다. "위(over)"라는 용어는 단지, 스퍼터링된 재료가 기판(110) 상에 증착되는 것을 용이하게 하는, 기판(110)에 관련된 타겟(120)의 상대적인 위치를 지칭한다는 것이 주의되어야 한다. 특히, "위"라는 용어는 상하 수직 배향에 제한되는 것으로 이해되지 않아야 하며, 코팅 시스템(100)으로 하여금 여기에서 설명된 바와 같이 기능할 수 있게 하는, 기판(110)에 관련된 타겟(120)의 임의의 적합한 상대적인 위치를 지칭할 수 있다. 특히, 타겟(120) 및 기판 양자 모두가 수직으로 배향될 수 있다.

[0019] 타겟(120)은 일반적으로, 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 타겟(120)에 연관된 캐소드 조립체(미도시)와 같은, 스퍼터링을 수행하기 위한 스퍼터링 시스템과 연관되거나 또는 그 스퍼터링 시스템의 파트를 형성한다. 예시적인 시스템(100)과 같은, 여기에서의 전형적인 실시예들에 따른 코팅 시스템은 스퍼터링 장치를 구성한다. 전형적인 실시예들에 따르면, 스퍼터링은 마그네트론 스퍼터링으로서 착수될 수 있다. 대안적으로, 그러나 이에 제한되지 않게, 스퍼터링은 다이오드 스퍼터링으로 구성될 수 있다.

[0020] 마그네트론 스퍼터링은 마그네트론 스퍼터링의 증착 레이트들이 상대적으로 높다는 것에서 특히 유리할 수 있다. 여기에서 설명된 임의의 실시예와 조합될 수 있는 전형적인 실시예들에 따르면(도 3을 참조하는 아래의 구절들을 참조), 자석은, 코팅될 기판 표면에 대향하는 타겟 표면 근처에 자계가 생성될 수 있도록 하는 방식으로, 타겟(120)에 연관된다. 그에 의해, 자유 전자들이 생성된 자계 내에 포획(trap)될 수 있고, 그에 따라, 자유 전자들은 다이오드 스퍼터링에서와 동일한 정도로 자유롭게 기판에 충격을 주지 못한다. 동시에, 자유 전자들은, 자계에 포획되는 경우에, 다이오드 스퍼터링과 비교하여 수 자릿수만큼, 그 자유 전자들이 중성의 가스 분자를 이온화시킬 확률을 향상시킨다. 이러한 효과는 이용가능한 이온들을 증가시킬 수 있고, 그에 의해, 타겟 재료가 침식(erode)되고, 후속하여, 기판 상에 증착되는 레이트를 상당히 증가시킬 수 있다.

[0021] 전형적인 실시예들에 따르면, 코팅 시스템(100)은 스퍼터링 프로세스가 내부에서 수행되는 진공 챔버(102)를 포함한다. 본 출원 내에서 "진공"이라는 용어는 10^{-2} mbar 미만의 압력(예를 들어, 프로세싱 가스가 진공 챔버(102) 내에서 유동할 때에, 경우에 따라, 대략 10^{-2} mbar, 그러나, 이에 제한되지 않음), 또는 더 구체적으로는, 10^{-3} mbar 미만의 압력(예를 들어, 프로세싱 가스가 진공 챔버(102) 내에서 유동하지 않을 때에, 경우에 따라, 대략 10^{-5} mbar, 그러나, 이에 제한되지 않음)을 지칭한다. 코팅 시스템(100)은 제조 시스템(미도시)의 파트를 형성하는 프로세스 모듈을 형성할 수 있다. 예를 들어, 코팅 시스템(100)은, TFT 제조를 위한 시스템, 또는 더 구체적으로는, AKT-Pivot PVD 시스템(Applied Materials, Santa Clara, CA)과 같은 (그러나, 이에 제한되지 않음) TFT-LCD 제조를 위한 시스템으로 구현될 수 있다.

[0022] 전형적인 실시예들에 따르면, 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치는 변화될 수 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 타겟과 기판 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 것은, 기판(110) 위에 증착된 스퍼터링 재료의 분포가, 이전의 상대적인 위치로부터, 변화 후의 상대적인 위치로, 실질적으로 변화되도록 하는 방식으로, 타겟 또는 기판의 배치 및/또는 배향을 변형시키는 것으로 이해되어야 한다.

[0023] 즉, 상대적인 위치를 변화시키는 것은 특히, 전후(back and forth) 이동, 상하 이동, 또는 이들의 조합을 포함한다. 본 개시는 전형적으로 소위 "정적 스퍼터링"에 관한 것이다. 상대적인 위치를 변화시키는 것, 및 하나 또는 둘 이상의 타겟들 또는 기판 중 적어도 하나를 이동시키는 것이, 타겟의 전방에서 운송 방향으로 기판이 차례로 지속적으로 이동되는 경우인 동적 스퍼터링으로서 오해되지 않아야 한다. 본 개시는 특히, 기판의 운송 방향과 상이한 방향으로의 기판 및 하나 또는 둘 이상의 타겟들의 상대적인 이동에 관한 것이다. 이러한 맥락에서, 다르게는, 운송 방향을 (예를 들어, 90°의 각도로) 교차하는 임의의 방향 및 운송 방향에 대향하는 방향이 포함될 수 있다. 본 개시는 특히, 선택된 시간 기간 동안 정지되는, 하나 또는 둘 이상의 타겟들 및 기판의 상대적인 이동에 관한 것이다.

[0024] 예를 들어, 기판(110)은, 증착되는 스퍼터링된 재료의 분포가 실질적으로 변화되도록 하는 방식으로, 타겟(120)에 관련하여 변위될(displaced) 수 있다(즉, 평행이동(translate) 또는 회전될 수 있다). 특히, 여기에서의 특정 실시예들에 따르면, 상대적인 위치를 변화시키는 것은, 스퍼터링된 재료의 상기 층이 위에 형성된 기판의 표면에 실질적으로 평행한 평면을 따라, (도 1에서 기판 위블(wobble) 방향(106)에 의해 예시된 바와 같이) 타겟(120)에 관련하여 기판(110)을 변위시키는 것을 포함한다.

[0025] *예를 들어, 기판(110)은 위블 이동의 외측 위치에 도달하기 위해 220mm 미만, 또는, 더 구체적으로는, 180mm 미만, 또는 보다 더 구체적으로는, 150mm 미만 만큼 변위될 수 있다. 대안적으로, 기판(110)은 위블 이동의 외측 위치에 도달하기 위해 기판 길이의 10% 미만, 또는 더 구체적으로는, 7.5% 미만, 또는 보다 더 구체적으로는, 5% 미만 만큼 변위될 수 있다. 특히, 이들 퍼센티지들은 평면 치수 2500mm×2200mm를 갖는 Gen 8.5 기판에 적용될 수 있다.

[0026] 대안적으로, 타겟(120)은, 기판(110) 위에 증착된 스퍼터링된 재료의 분포가 실질적으로 변화되도록 하는 방식으로, 타겟(120)에 관련하여 변위될 수 있다(즉, 평행이동 또는 회전될 수 있다). 특히, 아래에서 추가로 논의되는 특정한 실시예들에 따르면, 타겟(120)은 왕복 방식으로 회전되는 평면 타겟이다. 회전식 캐소드에 대하여, 경우에 따라, (예를 들어, 회전식 캐소드에서 발견되는 바와 같은) 실질적으로 원통형인 타겟의 그 실질적으로 원통형인 타겟의 대칭축을 중심으로 하는 회전은, 기판(110) 위에 증착되는 스퍼터링된 재료의 분포에서의 실질적인 변화로 이끌지 않는다는 것이 주의되어야 한다. 따라서, 원통형 타겟의 그러한 회전은, 본 개시내에서 이해되는 바와 같은, 타겟과 기판 사이의 상대적인 위치의 변화로 이끌지 않는다. 회전식 캐소드는 실질적으로 원통형인 형태를 갖는 타겟을 포함하거나 또는 그 타겟에 연관된 캐소드 조립체로서 이해되며, 여기에서, 적어도 타겟은, 예를 들어 AKT-PiVot PVD 시스템에서 사용되는 바와 같이, 그 타겟의 원통형 대칭축을 중심으로 회전가능하다. 따라서, 여기에서 이해되는 바와 같은 "회전가능한 타겟을 회전시킴"이라는 문구는 회전가능한 타겟을 혼드는 것, 즉, 타겟의 중심이 일정하지 않은 위치를 갖도록 하는 방식의 회전가능한 타겟의 이동을 지칭한다.

[0027] 특히, 전형적인 실시예들에 따르면, 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치는 웨블링(wobbling)이 수행되도록 하는 방식으로 변화될 수 있다. "웨블링"이라는 용어는 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 제로 위치 주위에서 변화시키는 것으로서 이해되어야 한다. 예를 들어, 기판(110) 및/또는 타겟(120)은 좌우로 (즉, 왕복 방식으로 2개의 외측 위치를 사이에서) 변위 또는 회전될 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치는, 아래에서 추가로 예시되는 바와 같이, 여기에서의 실시예들에 따른 기판 상의 층의 형성을 가능하게 하는 임의의 적합한 이동 패턴을 따라 변화될 수 있다.

[0028] 여기에서의 임의의 실시예와 조합될 수 있는 전형적인 실시예들에 따르면, 코팅 시스템(100)은 이동가능할 수 있는 기판 캐리어(104) 상에 배치된 기판(110)과 타겟(120) 사이의 상대적인 위치를 변화시키도록 구성된 구동 시스템을 포함한다. 코팅 시스템(100)은, 기판(110)의 평행이동 또는 회전에 의해 상대적인 위치를 변화시키기 위한 이동가능한 기판 캐리어(104)에 연관된 (도 1에 도시된 바와 같은) 기판 위블 구동 시스템(108)을 포함할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 기판 위블 구동 시스템(108)은 기판 위블 방향(106)을 따라 기판(110)의 평행 이동을 수행한다. 대안적으로, 기판 위블 구동 시스템(108)은 기판(110)의 코팅된 표면에 수직한 방향과 같은 임의의 다른 방향을 따라 평행이동을 수행할 수 있다. 일반적으로, 스퍼터링된 입자들의 주된 이동 방향(즉,

예를 들어, 도 1에서의 수직 방향)에 수직한 평면에 평행한 기판(110)의 평행이동이 유리하다. 대안적으로, 위를 구동 시스템(108)은 평면 대칭축과 같은(그러나 이에 제한되지 않는) 기판(110)의 세로축을 중심으로 하는 그 기판(110)의 회전을 수행할 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다).

[0029] 기판 워블 구동 시스템(108)은 여기에서의 실시예들에 따른 기판 캐리어(104)를 이동시키기에(특히, 기판 캐리어(104)의 워블링을 실시하기에) 적합한 임의의 이동 메커니즘일 수 있다. 예를 들어, 기판 워블 구동 시스템(108)은 구동 디바이스(미도시)에 의해 생성되는 구동력을 커플링시키기 위한 커플링 엘리먼트(미도시)를 포함할 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). 커플링 엘리먼트는 구동 샤프트 등일 수 있다. 기판 캐리어(104)는 그 기판 캐리어(104)의 수평(즉, 코팅될 기판의 표면에 평행한) 평행이동을 용이하게 하기 위한 가이드 시스템(예를 들어, 레일 배열) 상에 장착될 수 있다. 구동 디바이스는 모터 및 모터의 토크를 선형 구동력으로 변환하기 위한 수단을 포함할 수 있고, 그에 따라, 기판 캐리어(104) 그리고 따라서 기판(110)이 수평으로 평행이동될 수 있다. 유사한 구동 시스템들이, 다른 방향들을 따라 기판(110)을 이동시키거나, 또는 더 특정하게는, 워블링시키기 위해, 예를 들어, 기판 표면에 수직한 축을 중심으로 하는 기판(110)의 회전 또는 그려한 축을 따른 평행이동을 위해, 제공될 수 있다.

[0030] 대안적으로, 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치가 타겟(120)의 평행이동 또는 적절한 회전을 실시함으로써 변화되는 코팅 시스템들에 있어서, 타겟(120)에 대해 작용하는 구동 시스템이 제공될 수 있다. 도 2는 코팅 시스템(100)에 대한 그러한 대안을 개략적으로 도시한다. 코팅 시스템(200)에서, 타겟(120)은 타겟 워블 방향(206)을 따른 총 형성 동안에 이동가능하도록 구성된다. 그러한 실시예들에서, 기판(110)은 전체 총 형성 프로세스 동안에 진공 챔버(102)에 관련하여 정지되어 유지될 수 있다. 게다가, 코팅 시스템(200)은 여기에서의 실시예들에 따른 타겟(120)을 이동시키도록(특히 워블링시키도록) 적응된 타겟 워블 구동 시스템(208)을 포함한다. 예시적인 시스템에서, 타겟 워블 구동 시스템(208)은 기판 워블 방향(106)을 따른 타겟(120)의 평행이동을 실시한다. 대안적으로, 타겟 워블 구동 시스템(208)은, 평면 타겟에 대해 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 타겟(120)의 세로축을 중심으로 하는 타겟(120)의 회전을 실시할 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). (기판 워블 구동 시스템(108)과 유사한) 타겟 워블 구동 시스템(208)은 타겟(120)의 이동을 발생시킴으로써 타겟-기판 상대적인 위치를 적합하게 변화시키기 위한 적절한 구동 시스템(미도시)을 포함할 수 있다.

[0031] 특정 실시예들에 따르면, 기판(110) 위에 타겟으로부터 재료를 스퍼터링하는 것은, (a) 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 제 1 위치(I)로 변화시키는 것 – 상대적인 위치는 제 1 위치(I)에서 유지됨 –; 및 (b) 타겟(120)과 기판(220) 사이의 상대적인 위치를 제 2 위치(II)로 변화시키는 것을 포함한다. 전형적인 실시예들에 따르면, 상대적인 위치들은 선택된 시간 간격 동안 유지되고, 즉, 제 1 위치는 미리 결정된 제 1 시간 간격 동안 유지되며, 제 2 위치(II)는 미리 결정된 제 2 시간 간격 동안 유지된다. 제 1 위치(I) 및 제 2 위치(II)는, 기판(110) 및/또는 타겟(120) 사이의 상대적인 위치를 변화시키는, 워블 변위의 외측 위치들에 각각 대응할 수 있다.

[0032] 여기에서의 임의의 실시예와 조합될 수 있는 특정 실시예들에 따르면, 미리 결정된 제 1 시간 간격은 적어도 0.1초, 바람직하게는 적어도 0.5초, 보다 더 바람직하게는 적어도 1초이다. 시간 간격들에 대해, 적어도 10초와 같은, 또는, 보다 더 많게는, 적어도 30초와 같은 더 큰 미리 결정된 시간들이 또한 가능하다. 특히, 상대적인 위치는, 총체적인 총 형성 프로세스 또는 스퍼터링 시간의 미리 결정된 퍼센티지, 예를 들어, 그 총체적인 총 형성 프로세스 또는 스퍼터링 시간의 적어도 40%, 또는 더 구체적으로, 그 총체적인 총 형성 프로세스 또는 스퍼터링 시간의 적어도 20%, 또는 보다 더 구체적으로는, 그 총체적인 총 형성 프로세스 또는 스퍼터링 시간의 적어도 10%, 또는 40 내지 10%, 또는 40 내지 20%, 또는 20 내지 10%와 같은 이를 퍼센티지들 사이의 시간 간격들 동안, 외측 위치들(즉, 제 1 및 제 2 위치)에서 체류될 수 있다.

[0033] 총 형성 프로세스는 재료가 스퍼터링되고 있는 프로세싱 시간 및 재료가 스퍼터링되고 있지 않은 프로세싱 시간(예를 들어, 하나의 총의 형성 동안의 2개의 스퍼터링 간격들 사이, 경우에 따라, 타겟으로부터 재료가 스퍼터링되지 않는, 타겟-기판 상대적인 위치의 최종적인(eventual) 변화 동안)을 포함한다는 것이 주의되어야 한다. 스퍼터링은, 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치가 총 형성 프로세스 동안에 정지되어 유지되는, 제 1 및 제 2 위치와 같은 그 위치들에서만 수행될 수 있다. 그 경우에서, 전체 스퍼터링 시간에 관련된, 상대적인 위치가 외측 위치들에서 체류될 수 있는 시간의 미리 결정된 퍼센티지는 대략 100%이다. 그에 의해, 특히 높은 균일성이 달성될 수 있다.

[0034] 본 개시의 실시예들에 따르면, 총 형성 프로세스 동안에, 기판(110) 및/또는 타겟(120)은 미리 결정된 제 1 시간 동안 제 1 상대적인 위치로 변위된다. 이러한 제 1 상대적인 위치는 도 1 및 도 2에서의 위치(I)에 대응한

다. 그 후에, 기판(110) 및/또는 타겟(120)은 미리 결정된 제 2 시간 동안 제 2 상대적인 위치(도 1 및 도 2에서의 위치(II))로 변위된다. 상대적인 위치의 그러한 변위는 스퍼터링된 재료가 기판(110) 위에 비대칭적으로 분포되게 할 수 있다. 그러한 비대칭적인 분포는, 코팅 룸 내의 기판 홀더 또는 벽들과 같은, 코팅을 요구하지 않는 영역들의 코팅 레이트를 더 높게 할 수 있고, 그에 의해, 프로세스 효율을 감소시킬 수 있다. 그러나, 이러한 상황에도 불구하고, 놀랍게도, 기판 상의 그렇게 중착된 층의 균질성이 기판과 타겟 사이의 상대적인 위치가 프로세스 동안에 변화되지 않으면서 유지되는 층 형성 프로세스에 비하여 증가될 수 있다는 것이 본 개시의 발명자들에 의해 발견되었다. 이러한 맥락 내에서, 층의 균질성은 일반적으로, 기판 상의 코팅된 영역 전반에 걸친 층 두께, 결정 구조, 비저항, 및/또는 층 응력의 균일성을 지칭한다는 것이 주의되어야 한다.

[0035] 실시예들에 따르면, 타겟(120)은 회전가능한 타겟, 또는 더 특정하게는, 실질적으로 원통형인 타겟의 원통형 대칭축을 중심으로 회전가능한 실질적으로 원통형인 타겟이다. 대안적인 실시예들에 따르면, 타겟(120)은 평면 타겟(즉, 스퍼터링되도록 적응된 타겟 표면을 갖고 그 표면이 실질적으로 평면인 타겟)이다. 전형적으로, 그러한 평면 기판은, 도 5에 관하여 아래에서 추가로 예시되는 바와 같이, 평면 캐소드 조립체와 연관된다(즉, 평면 캐소드 조립체의 파트를 형성한다). 그러한 대안적인 실시예들에서, 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치는 왕복 방식으로 평면 타겟(120)을 회전시킴으로써 변화될 수 있다. 특히, 평면 타겟(120)은 그 평면 타겟(120)의 세로축을 중심으로, 즉, 스퍼터링될 타겟 표면에 실질적으로 평행하고 타겟 바디를 교차하는 축을 중심으로 회전될 수 있다. 평면 타겟을 참조하는 실시예들의 추가적인 세부사항들은 아래에서 추가로 논의된다(도 5 및 도 7을 참조하는 구절들을 참조).

[0036] 도 3은 여기에서 설명된 실시예들에서 사용되는 바와 같은 캐소드 조립체(310)를 더 상세히 예시적으로 도시한다. 도 3에서 도시된 모든 엘리먼트들은 또한, 여기에서 설명된 실시예들 중 적어도 몇몇, 특히, 도 1 및 도 2에 대하여 설명된 그 실시예들과 조합될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 도 3은 배킹튜브(backing tube)(330) 상에 배치된 회전가능한 원통형 타겟(120')을 예시한다. 특히, 회전가능한 원통형 타겟(120')은 배킹튜브(330)에 본딩(bond)될 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). 전형적으로, 타겟(120')의 재료는 타겟(120')이 그 타겟(120')의 원통형 대칭축을 중심으로 회전되고 있으면서 스퍼터링 동안에 제거된다(cleared away). 특정 실시예들에 따르면, 캐소드 조립체(310)는, 스퍼터링 프로세스로부터 기인할 수 있는 타겟 상의 높은 온도들을 감소시키기 위해 냉각 시스템(340)을 포함한다. 예를 들어, 냉각 시스템(340)은 물 또는 임의의 다른 적합한 냉각 재료와 같은 냉각 재료를 포함하는 튜브로 구성될 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). 스퍼터링 프로세스에 투입되는 에너지의 주요 파트 – 전형적으로 대략 몇몇 킬로와트의 크기 – 가 타겟에 전달되는 열로 전환될 수 있기 때문에, 냉각이 유리할 수 있다. 특정 상황들에서, 그러한 열은 타겟을 순상시킬 수 있다. 다른 실시예들에 따르면, 캐소드 조립체(310)의 내측 파트 전부는 적절한 냉각 재료로 충진(fill)된다.

[0037] 도 3의 개략도에서 도시된 바와 같이, 캐소드 조립체(310)는 자석 조립체(325)를 포함할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 자석 조립체(325)는 배킹튜브(330) 내에 위치된다. 여기에서의 실시예들에 따르면, 캐소드 조립체는 배킹튜브(330) 내에, 예를 들어 2개, 3개 또는 보다 더 많은 임의의 적합한 수의 자석 조립체들을 포함할 수 있다. 캐소드 조립체(310)는 적어도 배킹튜브(330), 그리고 따라서, 타겟(120)의 회전을 수행하기 위한 구동 시스템(미도시)에 연관된 샤프트(321)를 포함할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 샤프트(321)의 위치는 타겟(120')의 원통형 대칭축에 대응한다. 그에 의해, 여기에서의 실시예들에 따른 코팅 시스템에서 회전식 타겟이 구현될 수 있으며, 이는, 타겟 재료의 더 높은 활용을 용이하게 할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 스퍼터링 타겟(120)의 이러한 회전은, 기판(110) 상의 스퍼터링된 재료의 매우 균일한 층의 형성을 용이하게 하기 위해 기판(110)의 수평 평행이동과 조합된다. 대안적으로, 스퍼터링 타겟(120)의 회전은, 전체 캐소드 조립체(310)의 위블링과 같은(그러나, 이에 제한되지 않는) 여기에서의 실시예들에 따른, 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 변화시키기에 적합한 임의의 다른 방법과 조합될 수 있다.

[0038] 본 개시의 양상에 따르면, 타겟에 연관된 캐소드 조립체에 인가되는 전압은 기판 위의 스퍼터링된 재료의 층의 형성 동안에 시간에 걸쳐 변화된다. 즉, 일정하지 않은 전압이 스퍼터링 동안에 캐소드 조립체에 인가될 수 있다. 특히, 스퍼터 전력은 보통, 캐소드 조립체에 인가되는 전압에 직접적으로 대응한다. 0V에 가까운 값들을 제외하고는, 인가된 전압과 스퍼터 전력 사이의 관계는 대략 선형적이다. 따라서, 특정 실시예들에 따르면, 스퍼터 전력을 기판(110)과 타겟(120) 사이의 상대적인 위치에 따라 변화될 수 있다.

[0039] 도 3에서 도시된 예시적인 실시예에서, 전압은 전압 공급기(312)에 의해 (타겟(120')에 연관된) 캐소드 조립체(310)에 인가된다. 특히, 전압 공급기(312)는 배킹튜브(330)에 네거티브 전위를 인가하기 위해 전기 연결(314)을 통하여 배킹튜브(330)에 전기적으로 연결될 수 있다. 배킹튜브(330)는, 배킹튜브(330)가 전극으로

서 동작될 수 있도록 적합한 재료로 구성된다. 그러한 적합한 재료는 구리와 같은(그러나, 이에 제한되지 않는) 금속일 수 있다. 특정 실시예들에 따르면, 포지티브 전극(즉, 스퍼터링 동안에 포지티브 전위를 가질 수 있고 또한 애노드라고 지칭되는 전극)은 스퍼터 프로세스를 용이하게 하기 위해 타겟(120") 가까이에 위치된다.

[0040] 따라서, 여기에서의 실시예들에 따르면, 전계는 캐소드 조립체(310)에 인가되는 전압을 통해 예시적인 타겟들(120 및 120')과 같은(그러나, 이에 제한되지 않는) 타겟에 연관될 수 있다.

[0041] 본 발명자들은, 타겟-기판 상대적인 위치가 위에 언급된 제 1 및 제 2 위치들에서 얼마나 오래 채류하는지에 따라, 여기에서의 실시예들에 따라 형성된 층의 균일성이 추가로 개선될 수 있다는 것을 관찰하였다. 특히, 타겟-기판 상대적인 위치가 제 1 및 제 2 위치들에서 전체적인 프로세스 시간에 관하여 더 오래 채류될 수록, 더 우수한 균질성, 그리고 특히, 균일성이 획득된다. 따라서, 최대 균질성은 그 위치들에서의 스퍼터링에 의해 달성될 수 있다. 이동 시에(즉, 타겟-기판 상대적인 위치가 변화되고 있는 경우에) 스퍼터링 전계를 스위치 오프시키는 것이 추가로 가능하며, 이는 균일성을 추가로 증가시킬 수 있다.

[0042] 특히, 본 개시의 발명자들은, 상대적인 위치가 변화되는 시간들에서 전계가 감소 또는 스위치 오프되는 경우에, 층 균질성이 추가로 증가될 수 있다는 것을 발견하였다. 더 특정하게는, 기판과 타겟 사이의 상대적인 위치가 워블링 외측 위치들에 대응하지 않는 그 시간들에서, 스퍼터링이 중지되는 경우에, 균질성이 증가될 수 있다. 스퍼터링은 타겟에 연관된 캐소드 조립체와 연관된 애노드 사이의 전위 차이를 제로에 가깝게 또는 제로로 설정함으로써 중지될 수 있다.

[0043] 따라서, 특정 실시예들에 따르면, 상기 상대적인 위치를 변화시키는 것은, 위에 언급된 상대적인 위치를 제 1 위치로부터 제 2 위치로 변화시키는 것을 포함하고, 여기서, 타겟(120)에 연관된 캐소드 조립체(310)에 제공되는 전압은, 상대적인 위치가 상기 제 1 위치와 상기 제 2 위치 사이의 위치에 대응하는 경우보다, 상대적인 위치가 제 1 또는 제 2 위치에 대응하는 경우에 더 높다. 특히, 전압은 상기 상대적인 위치가 제 1 및 제 2 위치 사이의 위치에 대응하는 경우에 실질적으로 제로일 수 있다. 더 특정하게는, 전압은 상기 상대적인 위치의 변화 동안에 구형파형에 따라 시간에 걸쳐 변화될 수 있다.

[0044] 도 4는, 전압이 시간에서 일정하지 않지만 구형파의 형상을 갖는 그 실시예들에 대한, 애노드와 캐소드 조립체 사이에 인가된 전압(V)을 도시한다. 도면에서 볼 수 있는 바와 같이, 전압은 약간의 시간 동안 특정 일정한 비-제로 레벨에서 유지되고, 그 시간은 전형적으로 제 1 또는 제 2 시간 스퍼터링 간격이다(즉, 상대적인 위치가 변화되지 않으면서 유지되는 경우). 전압은 그 후에, 특정 시간 간격들에서 실질적으로 감소된다. 그 시간 간격들은 전형적으로, 상대적인 위치가 변화되고 있는 그 시간들, 예를 들어, 위에서 언급된, 상대적인 위치를 제 1 위치로부터 제 2 위치로 변화시키는 그 시간들에 대응한다.

[0045] 특정 실시예들에 따르면, 전압은 그 전압이 실질적으로 감소되는 그 시간들에서 0V일 수 있다. 그에 의해, 스퍼터링은 거의 즉시 정지된다. 대안적인 실시예들에 따르면, 전압은, 스퍼터링 프로세스에 대한 초기 전압으로서 적합할 수 있는 특정 임계값으로 감소될 수 있다. 예를 들어, 그러한 임계 전압은 스퍼터링을 정지시킬 수 있지만, 스퍼터 프로세스의 더 용이한 재시작을 허용할 수 있다. 그러나, 기판(110)과 타겟(120) 사이의 상대적인 위치가 변화되고 있는 그 시간들에서, 전압은 스퍼터 전압의 10% 미만(더 전형적으로는, 스퍼터 전압의 5% 미만)의 값으로 감소될 수 있다.

[0046] 위에서 설명된 바와 같이, 일정하지 않은 전압이 스퍼터링 동안에 캐소드 조립체(310)에 인가될 수 있다. 전형적인 실시예들에 따르면, 전압은 타겟(120)과 기판(110) 사이의 상대적인 위치와 동기화된다(synchronized). 예를 들어, 전압은, 자석 조립체의 이동 동안에, 캐소드 조립체(310)에 인가되는 최대 전압 값의 35% 미만, 또는 더 특정하게는, 20% 미만의 값으로 설정될 수 있다. 도 10은 사인곡선적인(sinusoidal) 형상을 따르는 시간 t에 걸쳐 변화하는 전압 V를 예시적으로 도시한다. 상대적인 위치는 사인곡선적인 전압 V와 동기화될 수 있다. 예를 들어, 상대적인 위치는, 전압 V가 도 10에서 도시된 점선보다 더 큰(즉, 위에 있는) 그 시간들에서 변화되지 않으면서 유지될 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). 전압 V가 점선보다 더 작은(즉, 아래에 있는) 그 시간들 동안에, 상대적인 위치는 제 1 위치로부터 제 2 위치로 변화될 수 있고, 교번하는 방식에서, 그 역으로 변화될 수 있다.

[0047] 여기에서의 다른 실시예들과 조합될 수 있는 특정 실시예들에 따르면, 상대적인 위치는 전체 형성 프로세스 동안에 1회만 제 1 위치로부터 제 2 위치로 변화된다. 대안적인 실시예들에 따르면, 상대적인 위치는 제 1 위치로부터 제 2 위치로 그리고 그 역으로 변화된다. 이동들의 그러한 시퀀스는 전체 형성 프로세스 동안에 복수

회 반복될 수 있다. 예를 들어, 기판을 코팅하는 경우에, 상대적인 위치가 2회 또는 그 초과로 제 1 및 제 2 위치에 각각 대응하도록, 상대적인 위치가 3회 또는 그 초과로 변화될 수 있다. 이동들의 시퀀스를 달성하기 위해 요구되는 시간, 그리고 결국, 사이에서 스퍼터링 전력을 변화시키기 위해 요구되는 시간 때문에, 그러한 이동 패턴이 전체적인 프로세스 시간을 증가시킬 수 있지만, 이는, 총 균질성을 추가로 증가시킬 수 있다.

[0048] 특정 실시예들에 따르면, 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 것은, (i) 스퍼터링을 위한 전계가 스위치 온되어 있으면서, 제 1 시간 간격 동안에 제 1 위치에서 기판(110)과 타겟(120) 사이의 상대적인 위치를 유지하는 단계; (ii) 제 1 시간 간격이 경과된 후에, 기판(110)과 타겟(120) 사이의 상대적인 위치를 (예를 들어, 도 1에서 도시된 바와 같이 기판(110)의 변위에 의해, 또는 도 2에서 도시된 바와 같이 타겟(120)의 변위에 의해) 제 2 위치로 설정하는 단계 – 전계는 제 1 위치로부터 제 2 위치로의 상대적인 위치의 변화 동안에 스위치 오프되어 있음 –; 및 (iii) 전계가 스위치 온되어 있으면서, 제 2 시간 간격 동안에 제 2 위치에서 기판(110)과 타겟(120) 사이의 상대적인 위치를 유지하는 단계를 포함한다. 그 다음에, 단계들 (ii) 및 (i)은 그 후에, 상대적인 위치를 제 2 위치로부터 제 1 위치로 변화시키기 위해 이러한 순서로 유사하게 수행될 수 있다. "전계가 스위치 온되어 있음"이라는 문구는, 전압이 타겟(120)에 연관된 캐소드 조립체 및 그에 연관된 애노드에 인가되고 있는 것으로서 이해된다. 전형적인 실시예들에 따르면, 인가된 전압은 제 1 시간 간격 및/또는 제 2 시간 간격 동안에 일정하다. 인가된 전압은, 상대적인 위치가 제 1 위치에 대응하는 그 시간들에서 그리고 상대적인 위치가 제 2 위치에 대응하는 그 시간들에서 동등할 수 있다.

[0049] 도 5 및 도 7에서 예시된 특정 실시예들에 따르면, 기판을 코팅하기 위한 시스템이 제공되고, 여기서, 코팅 시스템들은 기판 상에 재료를 스퍼터링하기 위한 하나 또는 둘 이상의 평면 타겟들을 포함한다. 이를 실시예들에 서의 적어도 하나의 평면 타겟은 상기 기판의 코팅 동안에 왕복 방식으로 회전가능하다. 여기에서 사용되는 바와 같이, "왕복 방식으로 회전가능함"이라는 용어는 웃다갔다하는 운동을 따라 회전가능한 것으로서, 즉, 평면 타겟을 제 1 위치로 회전시키고, 평면 타겟을 제 1 위치로부터 제 2 위치로 회전시켜서 되돌리는 것으로서 이해되어야 한다. 제 1 위치 및 제 2 위치는 또한, 평면 타겟의 회전의 외측 위치들이라고 지칭된다. 특정 실시예들에 따르면, 평면 타겟은 스퍼터링을 용이하게 하기 위해 평면 캐소드 조립체에 연관된다. 평면 타겟의 회전은 전체 캐소드 조립체의 회전에 의해 달성될 수 있다. 특정한 실시예들에 따르면, 평면 타겟은, 기판 표면에 평행한 축을 중심으로, 특히 평면 타겟의 (또는 그와 연관된 평면 캐소드의) 세로축을 중심으로, 더 특정하게는, 평면 타겟의 (또는 그와 연관된 평면 캐소드의) 중심축을 중심으로 회전가능하다.

[0050] 도 5는 평면 타겟(120")에 연관된 평면 캐소드 조립체(502)를 포함하는 다른 예시적인 코팅 시스템(500)을 예시 한다. 도 3에서 도시된 모든 엘리먼트들은 또한, 여기에서 설명된 실시예들 중 적어도 몇몇, 특히, 도 1 및 도 2에 대하여 설명된 그 실시예와 조합될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 평면 캐소드 조립체(502)는 평면 타겟(120")에 지지체를 제공하는 평면 배킹 바디(530)를 포함한다. 특히, 평면 타겟(120")은 평면 배킹 바디(530)에 본딩될 수 있다. 평면 배킹 바디(530)는 전압 소스(본 도면에서는 미도시)에 연결될 수 있고, 그에 따라, 배킹 바디(530)가 전극으로서 (배킹 튜브(330)에 관하여 위에서 설명된 바와 유사한 방식으로) 기능한다. 캐소드 조립체(502)는 여기에서 설명된 바와 같이 타겟(120")으로부터의 스퍼터링을 생성하기에 적합한 전계를 제공하기 위한 애노드(미도시)와 연관될 수 있다. 평면 캐소드 조립체(502)는 여기에서 설명된 바와 같은 냉각 시스템 및/또는 마그네트론 스퍼터링을 위한 자석 조립체와 같은(그러나, 이에 제한되지 않는) 도 5에서 도시되지 않은 다른 엘리먼트들을 포함할 수 있다.

[0051] 평면 타겟(120")은, 평면 타겟(120")과 기판(110) 사이의 상대적인 위치가 변화되도록, 기판(110)의 코팅 동안에 왕복 방식으로 회전가능하다. 특히, 평면 타겟(120")은 피벗축(504)을 중심으로 변화될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 피벗축(504)은 평면 캐소드 조립체(502)의 중심축에 대응한다. 여기에서의 실시예들에 따르면, 피벗축(504)은 코팅될 기판(110)의 표면에 평행한 축, 예를 들어, 타겟(120")의 세로축(그러나, 이에 제한되지 않음)에 대응할 수 있다. 특히, 피벗축(504)은 타겟 조립체(120")의 또는 캐소드 조립체(502)의 정중선의 축에서 벗어날 수 있다(off-axis). 일반적으로, 피벗축(504)은, 대응하는 회전이 타겟(120")과 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 한 임의의 축에 대응할 수 있다.

[0052] 도 5는 평면 타겟(120")이 상대적인 위치를 변화시키기 위해 회전될 수 있는 각도들 β 및 $-\beta$ 를 예시한다. 각도 β 는 평면 타겟(120")에 수직한 축 및 기판(110)에 수직한 축(512)에 의해 형성된 각도이다. 선들(508 및 510)은 평면 타겟(120")의 외측 위치들에서 그 평면 타겟(120")에 수직한 축들을 예시한다. 각도의 값은 타겟(120")의 시계 방향 회전에 대해 포지티브이고, 반시계 방향 회전에 대해 네거티브이다. 각도들의 값들은, 평면 타겟(120")이 코팅될 기판(110)의 표면에 관련하여 평행하게 위치되는 경우에 제로에 대응한다. 따라서, 타겟(120")의 외측 위치들(즉, 위에 언급된 제 1 및 제 2 위치)에서, 평면 각도 β 는 비-제로 값에 대응한다. 예

시적인 실시예에서, 각도의 절대값은 타겟의 외측 위치들 양자 모두(즉, 위에 언급된 제 1 및 제 2 위치들)에 대해 동일하다. 대안적으로, 각도의 절대값은 외측 위치마다 상이할 수 있다. 전형적인 실시예들에 따르면, 각도의 절대값은 50도 미만, 또는 더 구체적으로는, 45도 미만, 또는 보다 더 구체적으로는, 심지어 30도 미만이다.

[0053] 전형적인 실시예들에 따르면, 타겟(120")의 회전은 피벗축(504)에 배치된 샤프트(미도시)에 의해 달성될 수 있다. 그러한 샤프트는 타겟(120")의 왕복 회전을 생성하기 위해 타겟 위를 구동 시스템(208)에 커플링될 수 있다. 예를 들어, 타겟 위를 구동 시스템(208")은 모터에 의해 생성된 토크를 피벗축(504)에 커플링시키기 위해 전기-기계식 모터(미도시) 및 샤프트(미도시)를 포함할 수 있고, 그에 따라, 타겟(120")의 왕복 회전이 발생된다(그러나, 이에 제한되지 않는다).

[0054] 코팅 시스템(500)에 관련된 특정 실시예들에 따르면(그러나, 이에 제한되지 않음), 기판(110)을 코팅하기 위한 방법이 제공되며, 그 방법은, 상기 기판(110) 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하고, 여기서, 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는, 기판(110) 위에 평면 타겟(120")으로부터 재료를 스퍼터링하는 단계; 및 평면 타겟(120")을 왕복 방식으로 회전시킴으로써 타겟(120")과 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 포함한다.

[0055] 이들 뒤쪽의(latter) 실시예들은 임의의 적합한 회전 패턴을 따라 타겟(120")과 기판(110) 사이의 상대적인 위치를 변화시킬 수 있다. 예를 들어, 평면 타겟은 일정한 각속도로 회전될 수 있다. 대안적으로, 회전은 일정하지 않은 각속도로 달성될 수 있다. 게다가, 왕복 회전은 외측 위치에서 실질적으로 부동 시간(dead time) 없이 달성될 수 있다. 대안적인 실시예들에 따르면, 평면 타겟(120")을 회전시키는 것은, 위에서 설명된 바와 유사한 방식으로, 타겟(120")을 제 1 위치로 회전시키는 것, 및 상기 적어도 하나의 타겟을 제 2 위치로 회전시키는 것을 포함하며, 그 제 1 위치는 미리 결정된 제 1 시간 간격 동안 유지되고, 그 제 2 위치는 미리 결정된 제 2 시간 간격 동안 유지된다. 일반적으로, 제 1 및 제 2 위치는 평면 타겟(120")의 왕복 회전에서 외측 위치들에 대응할 수 있다.

[0056] 코팅 시스템(500)에 관련된 특정 실시예들에 따르면(그러나, 이에 제한되지 않음), 코팅하는 것은, 평면 타겟(120")에 전압을 제공하는 것을 더 포함할 수 있으며, 그 전압은 코팅 동안에 시간에 걸쳐 변화된다. 더 특정하게는, 코팅 시스템(500)에서 상대적인 위치를 변화시키는 것은, 위에서 설명된 바와 같은 전압 변화와 조합될 수 있다.

[0057] 여기에서의 임의의 실시예와 조합될 수 있는 전형적인 실시예들에 따르면, 타겟(120, 120', 또는 120")은, 공간적으로 분리되고 기판(110)의 전방에 배치된 복수의 타겟 엘리먼트들(즉, 타겟 어레이)로 구성될 수 있으며, 그에 따라, 타겟 엘리먼트들로부터의 스퍼터링된 재료가 기판(110) 상에 증착될 수 있다. 특히, 타겟 엘리먼트들 각각은 캐소드 조립체에 연관될 수 있거나, 또는 그 캐소드 조립체의 과트를 형성할 수 있다. 더 구체적으로는, 복수의 캐소드 조립체들은 캐소드 조립체들의 어레이로 배열될 수 있다. 특히, 정적 대면적 기판 증착에 있어서, 규칙적으로 배열된 캐소드 조립체들의 일차원 어레이를 제공하는 것이 전형적이다. 전형적으로, 프로세싱 챔버 내의 캐소드 조립체들(및 연관된 타겟들)의 수는 2개 내지 20개이고, 더 전형적으로는 9개 내지 16개이다.

[0058] 어레이 실시예들에 따르면, 타겟 엘리먼트들과 기판(110) 사이의 상대적인 위치는 타겟 엘리먼트들을 동기적으로 평행이동시키는 것 또는 적합하게 회전시키는 것에 의해 변화될 수 있다. 대안적으로, 상대적인 위치는 타겟 어레이에 관련하여 기판(110)을 변위시킴으로써 변화될 수 있다. 일반적으로, 복수의 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치는, 코팅 시스템이 여기에서의 실시예들에 따라 기능하게 허용하는 임의의 적합한 방식으로 변화될 수 있다. 일반적으로, 타겟 엘리먼트들의 동기적인 변위는 증착된 층의 균질성을 추가로 증가시킨다.

[0059] 일반적으로, 그리고 임의의 실시예에 제한되지 않게, 캐소드 조립체들은 서로 등거리로 이격될 수 있다. 특히, 타겟은 타겟 엘리먼트들의 어레이를 포함할 수 있다. 게다가, 타겟의 길이는 코팅될 기판의 길이보다 약간 더 길 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 캐소드 어레이는 기판의 폭보다 약간 더 넓은 거리에 걸쳐 연장된다. "약간(slightly)"은 전형적으로, 100% 내지 110%의 범위를 포함한다. 약간 더 긴 코팅 길이/폭의 제공은 코팅 동안에 경계 효과들(boundary effects)을 피하는 것을 용이하게 한다. 캐소드 조립체들은 기판(110)으로부터 등거리로 떨어져서 위치될 수 있다.

[0060] 특정 실시예들에 따르면, 복수의 캐소드 조립체들은 기판(110)에 관련하여 등거리로 배열되지 않지만, 아크(arc) 형상을 따라 배열된다. 아크 형상은, 도 6에서 개략적으로 도시된 바와 같이, 내측 캐소드 조립체들이

외측 캐소드 조립체들보다 기판(110)에 더 가까이 위치되도록 하는 것일 수 있다. 대안적으로, 아크 형상은, 외측 캐소드 조립체들이 내측 캐소드 조립체들보다 기판에 더 가까이 위치되도록 하는 것일 수 있다. 산란 거동은 일반적으로, 스퍼터링될 재료에 의존한다. 따라서, 애플리케이션에 따라, 즉, 스퍼터링될 재료에 따라, 아크 형상으로 캐소드 조립체들을 제공하는 것은, 형성된 층의 균질성을 추가로 증가시킬 것이다. 아크의 배향은 일반적으로, 특정한 애플리케이션에 의존한다.

[0061] 도 6은 타겟 엘리먼트들(120a' 내지 120f')을 포함하는 타겟 어레이와 기판(110) 사이의 상대적인 위치의 변화가 기판 위를 방향(106)을 따른 기판(110)의 수평 평행이동(특히, 기판(110)의 워블링)에 의해 달성되는 예시적인 코팅 시스템(600)을 도시한다. 예시적인 실시예에서, 타겟 엘리먼트들(120a' 내지 120f')은 회전가능한 원통형 타겟들이다. 대안적인 실시예들에서, 타겟 엘리먼트들은 임의의 적합한 형상을 가질 수 있다.

[0062] 도 7은 평면 타겟들(120a" 내지 120d")의 어레이(120")를 포함하는 다른 예시적인 코팅 시스템(700)을 도시한다. 평면 타겟들(120a" 내지 120d") 각각은 도 5에서 예시된 평면 타겟(120")과 유사하게 구성될 수 있다. 따라서, 예시적인 코팅 시스템(700)에서, 평면 타겟들(120a" 내지 120d")의 어레이 사이의 상대적인 위치의 변화는 피벗 방향(506)으로의 각각의 피벗축(504)을 중심으로 하는 타겟들의 동기적인 왕복 회전에 의해 달성된다. 평면 타겟들(120a" 내지 120d") 각각은 도 5에 관하여 위에서 설명된 바와 유사하게 각도 β 만큼 회전될 수 있다. 도면에서, 평면 타겟들(120a" 내지 120d") 각각의 하나의 외측 위치는 두꺼운 선들의 엘리먼트들에 의해 예시되고, 그 평면 타겟들(120a" 내지 120d") 각각의 다른 외측 위치는 얇은 선들의 엘리먼트들에 의해 예시된다. 도 7에서 도시된 바와 같이, 기판 워블링 및 타겟 워블링은 타겟-기판 상대적인 변위를 수행하기 위해 조합될 수 있다.

[0063] 본 개시의 다른 실시예들(특히, 도 6 및 도 7에 도시된 것들과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 다수의 캐소드 조립체들을 제공하는 것들)과 조합될 수 있는 특정한 실시예에 따르면, 적어도 하나의 타겟으로부터 재료를 스퍼터링하는 것은 적어도 2개의 실질적으로 상호보완적인 막 분포들을 중첩시키는 것을 포함할 수 있다. 특히, 여기에서 설명된 실시예들은, 2개의 실질적으로 상호보완적인 막 분포들이 스퍼터링된 재료의 층의 형성에 의해 중첩되도록 하는 방식으로, 제 1 위치 및 제 2 위치를 선택하는 것을 포함한다. "상호보완적인 막 분포"는, 상대적인 타겟-기판 위치에서 스퍼터링된 재료의 최대 두께 구역들(제 1 최대치들)이, 그 구역들이 다른 상대적인 타겟-기판 위치에서 스퍼터링된 재료의 2개의 최대 두께 구역들(제 2 최대치들) 사이에 배치되도록, 분포되는 것을 의미한다. 더 구체적으로는, 제 1 및 제 2 최대치들은 최대 두께로 증착된 층의 구역들이 동등하게 이격되도록 분포될 수 있다. 그에 의해, 매우 균일한 층의 형성이 용이하게 된다.

[0064] 특히, 여기에서의 실시예들에 따르면, 적어도 하나의 타겟으로부터 재료를 스퍼터링하는 것은, 주기성 길이 λ 로 기판의 길이를 따라 주기적으로 변화하는 두께를 갖는 적어도 2개의 막 분포들을 중첩시키는 것(도 8에 도시됨)을 포함할 수 있다. 특정 실시예들에 따르면, 타겟-기판 상대적인 위치를 변화시키는 것은, 적어도 2개의 막 분포들이 서로 위상이 다르도록(out of phase) 하는 방식으로 수행된다. 예를 들어, 적어도 2개의 막 분포들의 주기성의 위상은 $\pi/2$ 또는 그 미만으로 상이할 수 있다.

[0065] 도 8은 2개의 실질적으로 상호보완적인 막 분포들이 중첩되는 실시예를 예시한다. y-축은 막의 높이에 대한 측량 단위를 표현하는 한편, x-축은 기판의 길이에 대한 측량 단위를 표현한다. 증착은, 각각의 증착 설정이 실질적으로 사인곡선적인 막 분포들을 초래하도록, 캐소드 조립체들의 어레이에 의해 발생한다. 2개의 증착 프로파일들은 2개의 상이한 위치들에서의 스퍼터링으로부터의 결과적인 프로파일들이다. 예에서, 제 1 막 분포(802)는 제 1 타겟-기판 상대적인 위치에서 형성된다. 예에서, 타겟과 기판 사이의 상대적인 위치는 제 2 타겟-기판 상대적인 위치로 변화된다.

[0066] 상대적인 위치는 여기에서의 실시예들 중 임의의 것에 따라 변화될 수 있다. 예를 들어, 기판은 수평 방향을 따라 평행이동될 수 있거나, 또는 타겟(또는 타겟 어레이)은 위에서 설명된 바와 같이 평행이동 또는 적합하게 회전될 수 있다. 제 2 타겟-기판 위치에서, 제 2 막 분포(804)가 여기에서의 실시예들에 따라 형성된다. 양자 모두의 막 분포들의 중첩으로부터, 제 1 및 제 2 막 분포들보다 더 높은 균일성을 갖는 층(806)이 발생된다. 도 8에서 도시된 개략도에서, 막 두께 및 기판 길이(X)가 임의의 단위(a.u.)로 예시된다는 것이 주의되어야 한다.

[0067] 특정 실시예들에 따르면, 타겟과 기판 사이의 상대적인 위치는, 층 형성 동안에, 위에 언급된 제 1 및 제 2 위치 이외의 추가적인 위치들에서 미리 결정된 시간들 동안에 정지되어 위치될 수 있다. 그에 의해, 층의 균일성이 추가로 향상될 수 있다. 그러한 추가적인 위치들은 제 1 및 제 2 위치들 사이에 배치된다. 예를 들어, 상대적인 위치는 시간의 제 3 미리 결정된 기간(즉, 제 3 시간 간격) 동안 제 3 위치에서, 또는 결국에는, 시간의

제 4 미리 결정된 기간(즉, 제 4 시간 간격) 동안 제 4 위치에서 위치될 수 있다. 상대적인 위치는 층 형성 동안에 또한 추가적인 위치들에서 정지되어 유지될 수 있다.

[0068] 본 출원의 발명자들은 그러한 추가적인 위치들이 중착된 층의 더 높은 정도의 균질성을 용이하게 한다는 것을 발견하였다. 특히, 스퍼터링된 재료의 층의 형성은, 복수의 서브-층들을 중첩시키는 것을 포함할 수 있고, 각각의 서브-층은 미리 결정된 스퍼터링 전압에서 그리고 미리 결정된 상대적인 타겟-기판 위치에서 중착된다. 예를 들어, 각각의 서브-층은 (도 8에서 도시된 바와 같이) 평면 타겟 엘리먼트들의 어레이에 의해 중착될 수 있고, 각각의 타겟 엘리먼트는, 코팅될 기판의 표면에 수직한 축에 관련하여 각도 β 를 형성한다.

[0069] 이러한 뒤쪽의 실시예에 있어서, 본 발명자들은 아킹(arcing)이 평면 타겟들의 각도들 및 프로세스 전력들을 증가시킴에 따라 비-선형적으로 증가한다는 것을 관찰하였다. 본 발명자들은 그러한 실시예들에 있어서, 높은 정도의 균일성이 수개의 서브-층들(예를 들어, 4개의 서브-층들)의 중첩에 의해 획득될 수 있다는 것을 발견하였으며, 여기서, 각각의 서브-층은 특정 전압에서 그리고 특정 각도로 중착된다. 예를 들어, 높은 균일성은 수개의 서브-층들을 중첩시킴으로써 획득될 수 있고, 높은 각도들로 스퍼터링된 서브-층들은 낮은 스퍼터링 전압들에 대응하며, 낮은 각도들로 스퍼터링된 서브-층들은 높은 스퍼터링 전압들에 대응한다. 그에 의해, 높은 처리량 시간 및 층 균일성이 최적화될 수 있다.

[0070] 일 실시예에 따르면, 제 1 중착 단계는 (예를 들어, 도 7의 타겟 엘리먼트들이 각도 β_1 을 형성하면서) 제 1 타겟-기판 상대적인 위치에서 착수되고, 스퍼터링 전압은 미리 결정된 제 1 시간 간격 동안 제 1 전압값으로 설정된다. 그에 이어서 제 2 중착 단계가 후속되고, 제 2 중착 단계에서, (예를 들어, 도 7의 타겟 엘리먼트들이 $-\beta_1$ 과 동등한 각도 β_2 를 형성하면서) 타겟-기판 상대적인 위치가 제 2 위치로 변화되고, 전압은 미리 결정된 제 1 시간 간격 동안 제 1 전압값으로 설정된다. 제 2 위치는 타겟-기판 상호연결 평면(즉, 타겟-기판 조립체의 대칭 배열에 전형적으로 대응하는 제로 위치에 상대적인 위치가 있는 경우에, 코팅될 기판 표면에 수직한 평면)을 중심으로 미러링된(mirrored) 제 1 위치에 대응할 수 있다. 예를 들어, 4개의 서브-층들은 값들 35° , 15° , -15° , 및 -35° 를 갖는 각도들 β 에서 형성될 수 있다.

[0071] 이러한 실시예에 따르면, 추가적인 중착 단계가 (예를 들어, 도 7의 타겟 엘리먼트들이 각도 β_3 을 형성하면서) 제 3 타겟-기판 상대적인 위치에서 착수되고, 전압은 미리 결정된 제 2 시간 간격 동안 제 2 전압값으로 설정된다. 그에 이어서, (예를 들어, 도 7의 타겟 엘리먼트들이 $-\beta_3$ 과 동등한 각도 β_4 를 형성하면서) 제 4 타겟-기판 상대적인 위치에서 제 4 중착이 후속되고, 전압은 미리 결정된 제 2 시간 간격 동안 제 2 전압값으로 설정된다. 제 4 위치는 타겟-기판 상호연결 평면을 중심으로 미러링된 제 3 위치에 대응할 수 있다.

[0072] 미리 결정된 제 1 시간 간격과 미리 결정된 제 2 시간 간격은 똑같을 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 위에 언급된, 미리 결정된 제 3 시간 간격 및 미리 결정된 제 4 시간 간격들은 똑같을 수 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이 "똑같은(identical)"이라는 용어는 최대 15%의 편차를 포함하는 것으로서 이해되어야 한다. 특정 실시예들에 따르면, 제 1 시간 간격은 제 2 시간 간격보다 더 크다. 예를 들어, 제 1 시간 간격은 20초 내지 1분, 예를 들어, 약 30초일 수 있다. 일반적으로, 제 2 시간 간격은 최대 균일성과 수용 가능한 전체적인 중착 시간 사이의 절충이다. 전형적으로, 제 2 시간 간격은 30초 미만 또는 심지어 15초 미만이다.

[0073] 이러한 실시예에서, 제 1 전압값은 제 2 전압값보다 더 크다. 코팅 시스템(500) 또는 코팅 시스템(700)에 대한 이러한 실시예의 애플리케이션에 관하여, 각도들 β_1 및 β_2 의 절대값은 각도들 β_3 및 β_4 의 절대값보다 더 작을 수 있다. 재료의 대부분은 중착 동안에 제 1 전압에서 중착될 수 있다. 전형적인 값들 중 하나 또는 둘 이상은 다음과 같이 선택될 수 있다. 제 1 전압은 적어도 40kW일 수 있다. 제 2 전압은 30kW보다 더 작을 수 있다. 각도 β_1 은 15 내지 35도일 수 있다. 각도 β_2 는 -15 내지 -35도일 수 있다. 각도 β_3 은 5 내지 15도일 수 있다. 각도 β_4 는 -5 내지 -15도일 수 있다. 타겟-기판 상대적인 위치가 제 1 및 제 2 위치 이외의 추가적인 위치들에서 체류되는 시간 간격들 동안의 스퍼터링이 또한, 여기에서의 실시예들에서 설명된 바와 같이 기판의 적절한 변위에 의해 구현될 수 있다는 것이 주의되어야 한다.

[0074] 특정 실시예들에 따르면, 스퍼터링 전압은, 미리 결정된 시간 간격 동안, 제 1 위치에서 위치하는 동안에 그리고 제 2 위치에서 위치하는 동안에, 제 1 비-제로 값으로 유지된다. 부가적으로 또는 대안적으로, 전압은, 다른 미리 결정된 시간 간격 동안, 제 3 위치에서 위치하는 동안에 그리고 제 4 위치에서 위치하는 동안에, 제 2 비-제로 값으로 유지된다. 제 1 비-제로 값은 제 2 비-제로 값보다 더 클 수 있다. 즉, 전압은, 타겟-기판 상대적인 위치가 제 1, 제 2, 제 3, 또는 제 4 위치들 중 하나 또는 모두에서 체류하는 그 시간들에서 비-제로일 수 있다. 특히, 전압은, 타겟-기판 상대적인 위치의 변화 동안에, 제 1 비-제로 값 또는 제 2 비-제로 값의 10% 미만, 또는 더 전형적으로 5% 미만의 값으로 감소될 수 있다.

[0075] 선택된 시간 기간 동안, 하나 또는 둘 이상의 위치들에서, 기관과 타겟 사이의 상대적인 위치를 일정하게 유지하는 것에 대안적으로, 상대적인 위치를 일정하게 변화시키는 것이 또한 가능하다. 예를 들어, 기관은 타겟 또는 타겟들의 어레이에 관련하여 일정하게 이동될 수 있다. 전형적인 이동 속력들은 0.5 내지 5 m/분, 전형적으로 1 내지 3 m/분이다. 유사하게, 타겟 또는 타겟들의 어레이는 기관에 관하여 일정하게 이동될 수 있다. 상대적인 이동은 모든 가능한 차원들, 특히 기관과 타겟 또는 타겟들의 어레이 사이의 거리를 변화시키는 이동을 포함할 수 있다.

[0076] 일반적으로, 그리고 임의의 특정한 실시예에 제한되지 않게, 하나보다 더 많은 타겟 엘리먼트의 경우에, 상대적인 위치 변화는 최대, 2개의 타겟 엘리먼트들 사이의 거리만큼 크다. 전형적으로, 상대적인 위치 변화는 최대, 2개의 타겟 엘리먼트들 사이의 거리의 절반만큼 크다. 즉, 예를 들어, 기관 및/또는 타겟들은 최대로, 타겟 엘리먼트들 사이의 거리에 대응하는 거리, 또는 몇몇 실시예들에 따르면, 타겟 엘리먼트들 사이의 거리의 절반에 대응하는 거리 만큼 이동된다.

[0077] 도 9는 수개의 막 프로파일들, 즉, 캐소드 조립체들의 어레이를 사용하여 총 형성 프로세스 후에 측정된 상이한 타겟-기관 상대적인 위치들에 대응하는 스퍼터링된 재료의 분포들을 개략적으로 도시한다. 막 프로파일들은 도 8에서와 유사한 방식으로 도시된다.

[0078] 제 1 타겟-기관 위치에서의 증착은 막 프로파일(1011)을 초래하고, 제 2 위치에서의 증착은 막 프로파일(1012)을 초래한다. 그러한 막 프로파일들은 제로 위치에 관련된, 타겟-기관 위치의 상대적으로 작은 변위에서의 상대적으로 높은 스퍼터링 전압의 결과일 수 있다. 상대적으로 작은 변위는, 타겟 어레이가 기관의 수직한 중간-평면(mid-plane)에 대하여 대칭이고 그리고/또는, 평면 타겟들의 경우에, 평면 타겟들이 기관에 평행하게 배치되는 위치를 지칭한다. 용어들 높은(high) 및 작은(small)은 아래에서 설명되는 제 3 및 제 4 증착 단계들에 관련된다. 제 3 위치에서의 증착은 막 프로파일(1013)을 초래하고, 제 4 위치에서의 증착은 막 프로파일(1014)을 초래한다. 막 프로파일들(1013 및 1014)은 (제 1 및 제 2 위치에서의 증착들에 비한) 상대적으로 높은 각도와 상대적으로 작은 전압의 결과일 수 있다.

[0079] 결과적인 전체적인 막 프로파일이 프로파일(1020)로서 도시된다. 이는, 막 프로파일들(1011, 1012, 1013 및 1014)을 갖는 4개의 증착들의 종첩이다. 개략적인 도면으로부터 자명한 바와 같이, 결과적인 프로파일은 높은 정도의 균일성을 갖는다. 추가로, 주된 재료 증착이 제 1 및 제 2 증착 단계 동안에 발생하기 때문에, 프로세스 시간이 수용 가능하다. 그 제 1 및 제 2 증착 단계가 높은 증착 전력, 즉, 높은 전압을 요구하기 때문에, 제로 상대적인 위치로부터의 변위는 제 3 및 제 4 증착 단계들과 비교하여 상대적으로 작다. 그에 의해, 아킹 효과들이 감소될 수 있거나 또는 심지어 회피될 수 있다. 그러나, 도 9의 예에서 볼 수 있는 바와 같이, 증착된 층들(1011 및 1012) 사이의 위상 차이는 180° 보다 더 작고, 그에 따라, 리플(ripple)이 부분적으로만 보상된다.

[0080] 도 9가 예시하는 바와 같이, 실질적으로 상호보완적인 막 분포들에 의해 형성된 총의 결과적인 균일성 부족은 제 3 및 제 4 증착 단계들을 수행함으로써 보상될 수 있다. 즉, 이들 단계들은 주로 제 1 및 제 2 증착 단계에 의해 생성된 막 프로파일의 과 형상에 대해 보상하는 것을 목적으로 한다. 제 3 및 제 4 프로세스 단계에서의 제로 상대적인 위치로부터의 변위는 비교적(comparably) 크다. 증착 전력, 즉 전압이 아킹을 회피하기 위해 비교적 작은 값으로 유지되기 때문에, 제 3 및 제 4 프로세스 단계의 전체적인 재료 증착은 작다. 도 9에서 예시된 예에서 볼 수 있는 바와 같이, 증착된 층들(1013 및 1014)의 위상 차이는 180° 보다 더 크다. 따라서, 전형적으로, 결과적인 사인곡선적인 프로파일은, 제 1 및 제 2 증착의 총 프로파일들 및/또는 캐소드 어레이 주기성과 위상이 다르고, 그에 따라, 남아있는 리플이 보상된다.

[0081] 단계들의 설명된 시퀀스에 대안적인 임의의 적합한 시퀀스가 가능하다. 특히, 타겟-기관 상대적인 위치의 변화에 대해 요구되는 시간을 감소시키기 위해, 먼저, 제 1 및 제 3 단계들을 차수하고, 다음에, 제 2 및 제 4 단계들을 차수하는 것이 가능하다. 일반적으로, 4개의 증착 단계들의 특정한 순서는 프로세스 싸이클-시간 및 형태학적인(morphological) 막 특성들에 의해 결정된다.

[0082] 도 11은 기관(110)과 회전가능한 타겟 엘리먼트들(120a' 내지 120f')을 포함하는 회전가능한 타겟 어레이 사이의 상대적인 위치의 변화가 기관 워블 방향(106)을 따른 기관(110)의 평행이동(특히, 기관(110)의 워블링)에 의해 달성되는 예시적인 코팅 시스템(600)을 도시한다. 예시적인 실시예에서, 타겟 엘리먼트들(120a' 내지 120f')은 회전가능한 원통형 타겟들이다.

[0083] 따라서, 일반적으로, 그리고 도면들에서 도시된 실시예들에 제한되지 않게, 타겟 엘리먼트들(또는 타겟 엘리먼

트들의 어레이)에 관련된 기판의 이동 방향은 기판과 타겟 엘리먼트들 사이의 거리가 일정하게 유지되도록 하는 것일 수 있다. 이러한 맥락에서의 "기판과 타겟 사이의 거리가 일정함"이라는 문구는, 기판의 표면 상의 모든 포인트가 하나 또는 둘 이상의 타겟들의 평면에 일정한 거리로 유지되는 것으로 이해되어야 한다. 즉, 전형적으로, 타겟 엘리먼트와 기판 사이의 상대적인 위치는 기판의 표면에 평행한 방향으로 변화된다.

[0084] 더 특정하게는, 도 3, 도 6, 및 도 11에서 도시된 실시예들에서 특히 예시적으로 예시되는 바와 같이, 기판과 하나 또는 둘 이상의 타겟들 사이의 상대적인 이동은, 회전가능한 타겟들의 회전축에 수직으로, 그러나, 실시예들에 따르면, 기판과 하나 또는 둘 이상의 타겟들 사이의 일정한 거리에서 발생할 수 있다. 이러한 방향은 또한, "X-방향"이라고 호칭될 수 있다.

[0085] 추가적인, 그러나, 여기에서 설명된 다른 실시예들과 조합가능한 실시예들에 따르면, 기판과 타겟 중 하나가 회전된다. 예를 들어, 회전은 왕복 방식으로 발생할 수 있고, 그에 의해, 기판은 기판과 하나 또는 둘 이상의 타겟 엘리먼트들 사이의 상대적인 위치를 변화시킬 수 있다. 도 12는 기판을 회전시키도록 적응된 코팅 시스템의 예시적인 실시예를 도시한다. 예시적인 목적들을 위해, 각도 β 가 도 11에서 도시된다. 예시적인 실시예에서, 각도의 절대값은 기판의 외측 위치들(I 및 II) 양자 모두에 대해 동일하다. 대안적으로, 각도의 절대값은 외측 위치마다 상이할 수 있다. 전형적인 실시예들에 따르면, 각도의 절대값은 50도 미만, 또는 더 구체적으로는, 45도 미만, 또는 보다 더 구체적으로는 심지어 30도 미만이다. 몇몇 실시예들에서, 기판은 외측 위치들(I 및 II)에서 훌덩되고, 다른 실시예들에 따르면, 기판은 일정하게 이동된다.

[0086] 지금까지 예시된 상대적인 위치들의 변화는, 전형적으로 기판 표면에 평행한, 기판 및/또는 타겟 엘리먼트들의 이동을 설명한다. 다음의 도면들을 고려하여 예시되는 바와 같이, 적어도 하나의 타겟과 기판 사이의 거리가 변화되도록, 적어도 하나의 타겟과 기판 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 것이 또한 가능하다. 즉, 상대적인 위치는, 기판 및 하나 또는 둘 이상의 타겟들이 서로를 향하여 그리고/또는 서로로부터 멀어지게 이동하도록 변화된다. 예를 들어, 거리는 처음에는 감소될 수 있고, 거리는 그 후에, 예를 들어 위치에서의 정지(rest) 후에, 다시 증가될 수 있다.

[0087] 도 13은 기판(110)이 원통형 타겟(310)의 전방에 위치되는 실시예들을 예시하고, 도 14는 기판(110)이 평면 타겟(530)의 전방에 위치되는 실시예들을 도시한다. 기판 및 타겟들의 배향은 수평 또는 수직일 수 있다. 예시적인 목적들을 위해, 다수의 타겟들의 제공이 또한 가능하지만, 도 13 및 도 14는 하나의 타겟만을 예시한다. 화살표(106)에 의해 표시되는 바와 같이, 기판(110) 및 평면 캐소드 조립체(502)의 상대적인 위치는 기판 캐리어(104)의 위치를 변화시킴으로써 변화된다. 예를 들어, 기판의 배향이 수평인 경우에, 기판은 상승 및 하강될 수 있다. 기판의 배향이 수직인 경우에, 기판은 전후로(타겟으로의 방향으로) 이동될 수 있다. 어느 쪽이든, 기판과 타겟 사이의 전체적인 거리는 변화되고, 그리고 기판 상의 코팅 분포도 마찬가지로 변화되어, 설명된 바와 같은 개선된 코팅 결과로 이끈다.

[0088] "타겟과 기판 사이의 전체적인 거리가 변화됨"이라는 문구는, 기판이, 전체로서, 타겟을 향하여 그리고/또는 타겟으로부터 멀어지게 이동하는 것으로 이해되어야 한다. 대안적으로 또는 부가적으로, 타겟은, 전체로서, 기판을 향하여 그리고/또는 기판으로부터 멀어지게 이동한다. 이에 반대로, "회전하는"이라는 용어는 기판 표면들 및 타겟의 몇몇 포인트들이 더 가깝게 되는 반면, 동시에, 기판 및 타겟의 다른 포인트들은 서로로부터 더 멀어지게 되는 것을 암시한다. 기판 또는 하나 또는 둘 이상의 타겟들을 "회전시키는 것"은 전형적으로, (전형적으로 타겟 또는 기판 내에 또는 상에 놓인) 적어도 회전축이 하나 또는 둘 이상의 타겟들 또는 기판에 대해 일정한 거리로 유지되는 것을 포함한다.

[0089] 일반적으로, 기판과 타겟 사이의 거리가 일정하지 않도록 하는 상대적인 위치의 변화는 또한, 타겟들의 어레이의 경우에 가능하다. 전형적으로, 기판과 타겟 사이의 상대적인 이동 방향은 기판의 표면의 수직선을 따라 발생한다. 이는 여기에서 "Z-방향"이라고 호칭될 것이다. 예를 들어, 도 15는 회전가능한 타겟들('120a' 내지 '120f')의 어레이를 도시하며, 그 타겟들의 어레이에 관련하여 기판이 전후로(또는 기판 배향이 수평인 경우에, 상하로), 예를 들어, 왕복 방식으로 이동된다. 예시되지는 않았지만 유사하게, 회전가능한 타겟들의 어레이 대신에 평면 캐소드 조립체들의 어레이의 배열이 가능하다.

[0090] 몇몇 실시예들에 따르면, 기판의 이동 대신에 또는 그에 부가적으로, 타겟 또는 타겟 엘리먼트들의 어레이를 이동시키는 것이 가능하다.

[0091] 본 개시는 적어도 하나의 타겟에 관한 기판의 위치의 상대적인 변화에 관한 것이다. 기판 및/또는 타겟 중 어느 하나 또는 양자 모두의 일차원 이동을 제공하는 것이 가능한 반면에, 도 5, 도 7, 및 도 11에 대하여 예시된

바와 같이 회전 이동을 제공하는 것이 또한 가능하다. 따라서, 이러한 실시예들에서, 타겟 및/또는 기판은, 보통 적어도 하나의 타겟 또는 기판의 무게 중심 축이 되는 축을 중심으로 회전된다.

[0092] 도 16 및 도 17은 기판과 타겟 사이의 원형의 상대적인 이동을 예시한다. 이는 도 16 및 도 17에서 단일 회전 가능한 캐소드 조립체에 대하여 예시되지만, 동일한 상대적인 이동이, 회전가능한 캐소드 조립체들의 어레이의 경우에, 또는 하나 또는 둘 이상의 평면 캐소드들의 경우에 제공될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0093] 도 16 및 도 17에서 예시된 실시예들에 따르면, 기판은 원형 방식으로 이동된다. 이러한 맥락에서의 "원형"이라는 용어는 또한, 완전한 또는 부분적인 타원 형상을 갖는 이동 경로들을 포함한다. 일반적으로, 이러한 맥락에서의 "원형"은 특히, 기판 및/또는 타겟들의 이동이, 예를 들어 이차원과 같이 일차원 초파인 것을 표시할 것이다. 거의 완전한 원이 도 16 및 도 17에 도시되지만, 이동은 최대 90° 또는 심지어 60°의 섹터(sector)와 같이 타원형 또는 원형의 파트만을 커버할 수 있다.

[0094] 도 18 및 도 19는 하나 또는 둘 이상의 타겟 엘리먼트들과 기판 사이의 상대적인 위치가 하나 또는 둘 이상의 타겟 엘리먼트들에 평행한 방향으로 변화되는 본 개시의 실시예들을 예시한다. 도시된 바와 같이, 타겟 엘리먼트들은 회전가능한 타겟들일 수 있고, 여기에서, 그 회전가능한 타겟들의 회전축은 상대적인 위치 변화가 발생하는 방향을 정의한다. 회전가능한 타겟들의 회전축에 의해 정의된 방향은 "Y-방향"이라고 호칭될 것이다. 도 18에서 예시된 바와 같이, 하나 또는 둘 이상의 타겟들은 Y-방향으로 이동될 수 있다. 도 19에서 예시된 바와 같이, 기판은 Y-방향으로 이동될 수 있다. 또한, 기판 및 하나 또는 둘 이상의 타겟들 양자 모두가, 예를 들어, Y-방향으로 이동되는 것이 가능하다.

[0095] 스퍼터링된 재료의 분포가 Y-방향으로의 상대적인 이동의 경우에서 똑같이 유지되는 것이 기대될 수 있지만, 실험들은, Y-방향을 따른 상대적인 위치 변화에 의해 전체적인 총 균일성이 또한 개선될 수 있다는 것을 나타내었다.

[0096] 일반적으로, 그리고 이러한 실시예에 제한되지 않게, 여기에서 설명된 실시예들은 X-방향, Y-방향, 또는 Z-방향 중 어느 하나의 일차원 이동, 또는 이들 방향들의 중첩에서의 일차원 이동을 포함한다. 다른 실시예들은, 예를 들어, 기판의 표면에 평행한 이차원 평면에서(예를 들어, X-Y 평면에서), 기판의 표면을 (예를 들어, 90°의 각도로) 교차하는 이차원 평면에서(예를 들어, X-Z 평면에서 또는 X-Y 평면에서), 또는 심지어 삼차원 방식으로 (따라서, 모든 3개의 방향들(X, Y, 및 Z)을 포함함), 하나보다 더 많은 차원의 이동을 제공한다.

[0097] 여기에서 설명된 실시예들은, 기판의 프로세싱 동안에, 예를 들어, 기판 표면 상에 재료를 증착하면서, 마스크 및 기판을 홀딩하도록 적응된 홀딩 디바이스를 추가로 제공할 수 있거나 또는 사용할 수 있다. 기판이 프로세싱 동안에 이동되는 경우에, 홀딩 디바이스가 또한 이동된다. 홀딩 디바이스는 전형적으로, 스퍼터링 동안에 기판에 지속적으로 연결된다. 특히, 홀딩 디바이스는, 기판을 운반하도록 적응된 기판 캐리어; 및 기판을 마스킹하기 위한 마스크를 포함할 수 있고, 여기서, 마스크는 기판 캐리어에 해제가능하게 연결된다. 기판 캐리어 또는 마스크는 전형적으로, 증착 동안에 기판 캐리어를 커버하기 위한 커버를 수용하도록 적응된 적어도 하나의 리세스(recess)를 갖는다.

[0098] 전형적인 실시예들에 따르면, 마스크는, 전형적으로 기판의 에지들 주위에서 기판 상의 코팅되지 않은 영역을 유지하기 위해 사용된다. 이는, 수개의 정적 어레이 애플리케이션들에 대해 필요하게 될 수 있다.

[0099] 마스킹, 특히, 기판의 에지들의 마스킹의 추가적인 세부사항들에 있어서, 이는, 출원 번호 제10177419호를 갖는 유럽 특허 출원(Applied Materials, Inc.의 명의로 2010년 9월 17일자로 출원됨), 및 출원 번호 제12/890,194 호를 갖는 미국 특허 출원(Applied Materials, Inc.의 명의로 2010년 9월 24일자로 출원됨)에서 언급되며, 그 특허 출원들은, 이들 문헌이 본 개시와 불일치하지 않는 범위까지, 그리고 특히, 기판의 에지들의 마스킹을 설명하는 그 문서의 파트들까지 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0100] 본 개시의 실시예들은 기판을 코팅하는 방법을 더 포함하고, 그 방법은, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하고, 여기서, 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는, 적어도 2개의 상이한 막 분포들을 중첩시키는 단계를 포함한다. 이들 막 분포들 각각은, 위의 실시예들 중 임의의 것에 따라, 즉, 상대적인 타겟-기판 위치를 변화시키고, 미리 결정된 시간 간격들 동안에 스퍼터링을 수행함으로써, 형성될 수 있다. 대안적으로, 이들 막 분포들은, Applied Materials에 의해 유럽 특허청에 2010년 9월 30일자로 출원된 "Method For Coating A Substrate And Coater"라는 명칭의 PCT 출원에서 설명된 바와 같이, 자석 워블링에 의해 형성될 수 있으며, 그 PCT 출원은, 그 출원이 본 개시와 불일치하지 않는 범위까지, 그리고 특히, 상이한 자석 조립체 위치들에서의 상이한 재료 분포들의 형성을 설명하는 그 출원의 파트들까지 인용에 의해 본원에 포함된다.

- [0101] 뒤쪽의 실시예들 중 적어도 몇몇에 따르면, 적어도 2개의 막 분포들은 실질적으로 상호보완적이다. 게다가, 스퍼터링 재료는, 적어도 2개의 막 분포들이 실질적으로 사인곡선적인 형태로 성형되도록 배치된 복수의 타겟들로부터 수행될 수 있다.
- [0102] 전형적인 실시예들에 따르면, 상대적인 위치는, 스퍼터링된 재료의 층이 적어도 $\pm 10\%$, 바람직하게는 적어도 $\pm 5\%$, 보다 더 바람직하게는 적어도 $\pm 1\%$ 의 두께 균일성을 갖게 형성되도록 하는 방식으로, 층 형성 동안에 변화된다.
- [0103] 여기에서 개시된 임의의 실시예와 조합될 수 있는 특정 실시예들에 따르면, 기판의 최종적인 위를 부가하여, 기판이 코팅 동안에 일 방향으로 연속적으로 이동될 수 있다(예를 들어, 기판 컨베이어에 의해, 그러나, 이에 제한되지 않음)(즉, "동적 코팅(dynamic coating)"). 대안적인 실시예들에 따르면, 코팅될 기판은 제로 위치에 위치되거나, 또는 제로 위치를 중심으로 움직이며, 제로 위치는 코팅 동안에 정적으로 유지된다("정적 코팅") (그러나, 이에 제한되지 않는다). 일반적으로, 동적 코팅 동안에 기판 컨베이어가 또한 코팅될 수 있기 때문에, 정적 코팅은, 동적 코팅과 비교하여 더 높은 효율을 용이하게 한다. 정적 코팅은 특히, 대면적 기판들의 코팅을 용이하게 한다. 전형적인 실시예들에 따르면, 정적 코팅에 의해, 기판은, 층 형성이 수행되는 코팅 영역 내로 진입되고, 코팅이 수행되며, 기판은 다시 코팅 영역 외부로 운송된다.
- [0104] 특정 실시예에 따르면, 전도성 층 제조 프로세스 및/또는 시스템이 제공되고, 그 제조 프로세스 및/또는 시스템은, (특히, TFT에서의) 버스 또는 전극의 제작을 위한 것일 수 있고, 제조 프로세스 및/또는 시스템은 각각, 여기에서의 실시예들에 따른 기판을 코팅하기 위한 방법 및/또는 시스템을 포함한다. 예를 들어, 그러한 전도성 층은, ITO(indium tin oxide) 층과 같은(그러나, 이에 제한되지 않는다) 투명 전도성 층 또는 금속 층일 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다).
- [0105] 본 개시의 적어도 몇몇 실시예들은 특히, 대면적 기판들의 코팅에 관한 것이다. 일반적으로, "대면적 기판들"이라는 용어는 적어도 $1500\text{mm} \times 1800\text{mm}$ 의 사이즈를 갖는 기판들을 포함한다. 특정 실시예들에 따르면, TFT-LCD 디스플레이 제조 프로세스 및/또는 시스템이 제공되고, TFT-LCD 디스플레이 제조 프로세스 및/또는 시스템은 각각, 여기에서의 실시예들에 따른 기판을 코팅하기 위한 방법 및/또는 시스템을 포함한다.
- [0106] 다른 실시예들에 따르면, 박막 솔라셀 제조 프로세스 및/또는 시스템이 제공되고, 그 박막 솔라셀 제조 프로세스 및/또는 시스템은 각각, 여기에서의 실시예들에 따른 기판을 코팅하기 위한 방법 및/또는 시스템을 포함한다. 특정한 실시예에 따르면, 박막 솔라셀 제조 프로세스는 TCO 층 및/또는 후면 컨택 층의 스퍼터링을 포함한다. 선택적으로, 박막 솔라셀 제조 프로세스는 화학 기상 증착에 의한 흡수 층의 증착을 포함한다.
- [0107] 예를 들어, 본 개시의 적어도 몇몇 실시예들은 유리 기판 상에 형성된 알루미늄 층의 저항률에 대한 높은 균일성을 산출할 수 있다. 예를 들어, $406\text{mm} \times 355\text{mm}$ 의 기판 면적에 걸친 $\pm 1\%$ 내지 $\pm 4\%$, 또는 심지어 $\pm 0.5\%$ 내지 $\pm 3\%$ 의 시트 저항 Rs 균일성이 달성될 수 있다.
- [0108] 특정 실시예들에 따르면, 회전가능한 원통형 타겟 또는 평면 타겟과 같은 타겟을 각각 포함하는 복수의 캐소드 조립체들이 대면적 기판들을 코팅하기 위해 제공된다. 기판을 코팅하도록 적응된 룸은 "코팅 룸"이라고 호칭될 것이다. 복수의 코팅 룸들이 제공될 수 있고, 각각의 코팅 룸은 하나의 시점에서 하나의 기판을 코팅하도록 적응된다. 다수의 기판들이 차례로 코팅될 수 있다.
- [0109] 코팅 시스템들을 위한 시스템들 및 방법들의 예시적인 실시예들이 위에서 상세하게 설명된다. 시스템들 및 방법들은 여기에서 설명된 특정 실시예들에 제한되지 않고, 그 보다는, 시스템들의 컴포넌트들 및/또는 방법들의 단계들은 여기에서 설명된 다른 컴포넌트들 및/또는 단계들과 독립적으로 그리고 별도로 활용될 수 있다.
- [0110] 도면들에서 도시된 실시예들이, 수평으로 배열된 기판 위에 배열된 것으로 타겟을 예시하지만, 공간에서의 기판의 배향이 또한 수직일 수 있다는 것이 언급될 것이다. 특히, 대면적 코팅을 고려하면, 기판이 수직으로 배향되는 경우에, 기판의 운송 및 핸들링을 단순화 그리고 용이하게 할 수 있다. 다른 실시예들에서, 기판을 수평과 수직 배향 사이의 임의의 배향으로 배열하는 것도 가능하다.
- [0111] 본 개시 내에서, 적어도 몇몇 도면들은 코팅 시스템들 및 기판들의 개략적인 단면도들을 예시한다. 예시된 타겟들 중 적어도 몇몇은 원통(cylinder)으로서 성형된다. 이러한 도면들에서, 도면들을 볼 때, 타겟이 종이 안으로 그리고 종이 밖으로 연장한다는 것이 주의되어야 한다. 이는, 단면 엘리먼트로서 또한 단지 개략적으로 도시된 자석 조립체들에 대해서도 마찬가지이다. 자석 조립체들은 원통형 타겟에 의해 정의된 원통의 전체 길이를 따라 연장할 수 있다. 기술적인 이유들로, 그 자석 조립체들이 원통 길이의 적어도 80%, 더 전형적으로는

원통 길이의 적어도 90% 만큼 연장하는 것이 전형적이다.

[0112] 여기에서 사용되는 바와 같이, 단수 표현("a", "an"), "적어도 하나(at least one)", 및 "하나 또는 둘 이상(one or more)"은 교환가능하게 사용된다. 또한, 여기에서, 종점들에 의한 수치 범위들의 열거들은 그 범위 내에 포함되는 모든 수들을 포함한다(예를 들어, 1 내지 5는 1, 1.5, 2, 2.75, 3, 3.80, 4, 5 등을 포함한다).

[0113] 본 발명의 다양한 실시예들의 특정 피쳐들이 몇몇 도면들에서 도시될 수 있고 다른 도면들에서는 도시되지 않을 수 있지만, 이는 단지 편의를 위한 것이다. 본 발명의 원리들에 따르면, 도면의 임의의 피쳐는 임의의 다른 도면의 임의의 피쳐와 조합하여 참조 및/또는 주장될 수 있다.

[0114] 일 양상에서, 기판을 코팅하는 방법이 제공된다. 그 방법은, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하고, 여기서, 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는, 기판 위에 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들로부터 재료를 스퍼터링하는 단계를 포함한다. 그 방법은, 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 더 포함한다.

[0115] 다른 양상에서, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하는, 기판을 코팅하는 방법이 제공된다. 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는, 기판 위에 하나 또는 둘 이상의 타겟들로부터 재료를 스퍼터링하는 단계; 하나 또는 둘 이상의 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치를 제 1 위치로 변화시키는 단계; 및 하나 또는 둘 이상의 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치를 제 2 위치로 변화시키는 단계를 포함하고, 여기서 제 1 위치는 미리 결정된 제 1 시간 간격 동안 유지되고, 제 2 위치는 미리 결정된 제 2 시간 간격 동안 유지된다. 예를 들면, 미리 결정된 제 1 시간 간격 및 미리 결정된 제 2 시간 간격 중 적어도 하나는 선택적으로 적어도 0.1초, 바람직하게는 적어도 0.5초, 보다 더 바람직하게는 적어도 1초이다.

[0116] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 회전가능한 타겟들의 어레이이다.

[0117] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 상기 방법은 상기 회전가능한 타겟에 연관되는 캐소드 조립체에 전압을 제공하는 단계를 더 포함하며, 상기 상대적인 위치를 변화시키는 단계는, 상기 상대적인 위치를 상기 제 1 위치로부터 상기 제 2 위치로 변화시키는 것을 포함하고, 상기 전압은 상기 상대적인 위치가 상기 제 1 위치와 상기 제 2 위치 사이의 위치에 대응하는 경우보다, 상기 상대적인 위치가 상기 제 1 또는 제 2 위치에 대응하는 경우에 더 높다.

[0118] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 상기 전압은 상기 상대적인 위치가 상기 제 1 위치와 제 2 위치 사이의 위치에 대응하는 경우 실질적으로 제로(zero)이고, 그리고/또는 상기 전압은 상기 상대적인 위치의 변화 동안 구형파형에 따라 시간에 걸쳐 변화된다.

[0119] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 상기 상대적인 위치는 상기 스퍼터링된 재료의 층이 적어도 $\pm 10\%$, 바람직하게는 적어도 $\pm 5\%$, 더욱 바람직하게는 적어도 $\pm 1\%$ 의 두께 균일성을 갖도록 형성되는 방식으로 변화된다.

[0120] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 상기 상대적인 위치를 변화시키는 단계는, 상기 스퍼터링된 재료의 층이 위에 형성된 기판의 표면에 실질적으로 평행한 평면을 따라, 상기 적어도 하나의 회전가능한 타겟에 대하여 상기 기판을 변위시키는 단계를 포함한다.

[0121] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 상기 회전가능한 타겟은 자신의 원통형 대칭축에 대하여 회전가능한 실질적으로 원통형인 타겟이다.

[0122] 다른 양상에서, 기판을 코팅하기 위한 방법이 제공된다. 그 방법은, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하고, 여기서, 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는, 기판 위에 하나 또는 둘 이상의 타겟들로부터 재료를 스퍼터링하는 단계 및 하나 또는 둘 이상의 타겟들과 기판 사이의 거리를 변화시킴으로써 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 포함한다.

[0123] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 적어도 하나의 타겟으로부터 재료를 스퍼터링하는 단계는, 적어도 두 개의 막 분포들을 중첩시키는 단계를 포함하며, 선택적으로 상기 적어도 두 개의 막 분포들은 실질적으로 상호보완적이다.

[0124] 여기에 기재된 다른 양상들과 조합될 수 있는 일 양상에 따르면, 재료를 스퍼터링 하는 단계는, 회전 가능한 타겟, 또는 상기 적어도 두개의 막 분포들이 실질적으로 사인곡선적인 형태로 성형되도록 배치된 복수의 바람직하

게 회전가능한 타겟들로부터 수행된다.

[0125] 다른 양상에서, 기판 상에 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계를 포함하는, 기판을 코팅하기 위한 다른 방법이 제공된다. 스퍼터링된 재료의 층을 형성하는 단계는: 기판 위에 하나 또는 둘 이상의 타겟들로부터 재료를 스퍼터링하는 단계; 및 하나 또는 둘 이상의 타겟들을 왕복방식으로 회전시킴으로써 하나 또는 둘 이상의 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치를 변화시키는 단계를 포함하고, 여기서 하나 또는 둘 이상의 타겟들은 평면 타겟이다.

[0126] 또 다른 양상에서, 기판을 코팅하기 위한 시스템이 제공된다. 그 시스템은 상기 기판 상에 재료를 스퍼터링하기 위한 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들을 포함하고, 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들은 하나 또는 둘 이상의 회전가능한 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치가 변화되도록 하는 방식으로 상기 기판의 코팅 동안 이동되도록 구성된다.

[0127] 일 예로서, 적어도 하나의 회전가능한 타겟은 회전가능한 타겟들의 어레이이다.

[0128] 또 다른 양상에서, 기판을 코팅하기 위한 시스템이 제공된다. 그 시스템은 상기 기판 상에 재료를 스퍼터링하기 위한 하나 또는 둘 이상의 타겟들을 포함하고, 하나 또는 둘 이상의 타겟들은 하나 또는 둘 이상의 타겟들과 기판 사이의 거리가 변화되도록 하는 방식으로 상기 기판의 코팅 동안 이동되도록 구성된다.

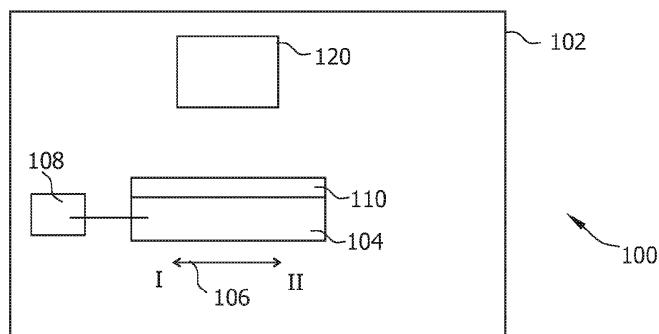
[0129] 일 예로서, 상기 적어도 하나의 타겟은 회전가능한 타겟 또는 회전가능한 타겟들의 어레이이다.

[0130] 또 다른 양상에서, 기판을 코팅하기 위한 시스템이 제공된다. 그 시스템은 기판 상에 재료를 스퍼터링하기 위한 하나 또는 둘 이상의 평면 타겟들을 포함한다. 하나 또는 둘 이상의 평면 타겟들은, 하나 또는 둘 이상의 타겟들과 기판 사이의 상대적인 위치가 변화되도록 하는 방식으로 기판의 코팅 동안에, 왕복 방식으로 회전가능하다.

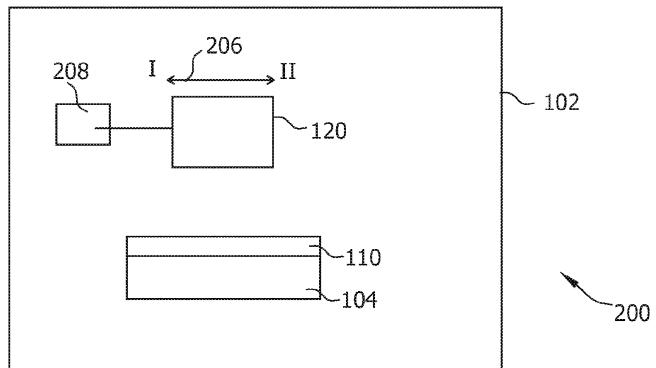
[0131] 이 기재된 설명은 최상의 모드를 포함하여 본 발명을 개시하기 위해, 그리고 또한, 당업자로 하여금, 임의의 디바이스들 또는 시스템들을 제조 및 사용하는 것 및 임의의 통합된 방법들을 수행하는 것을 포함하여 본 발명을 실시할 수 있게 하기 위해, 예들을 사용한다. 다양한 특정 실시예들이 앞서 개시되었지만, 당업자는 청구항들의 사상 및 범위가 동등하게 유효한 변형들을 허용한다는 것을 인식할 것이다. 특히, 위에서 설명된 실시예들의 상호 비-비타적인 꾸쳐들은 서로 조합될 수 있다. 본 발명의 특허가능한 범위는 청구항들에 의해 정의되고, 당업자에게 떠오르는 다른 예들을 포함할 수 있다. 그러한 다른 예들은, 그 다른 예들이 청구항들의 문자 표현과 상이하지 않은 구조적인 엘리먼트들을 갖는 경우에, 또는 그 다른 예들이 청구항들의 문자 표현과 실질적이지 않은(insubstantial) 차이들을 갖는 동등한 구조적인 엘리먼트들을 포함하는 경우에, 청구항들의 범위 내에 있도록 의도된다.

도면

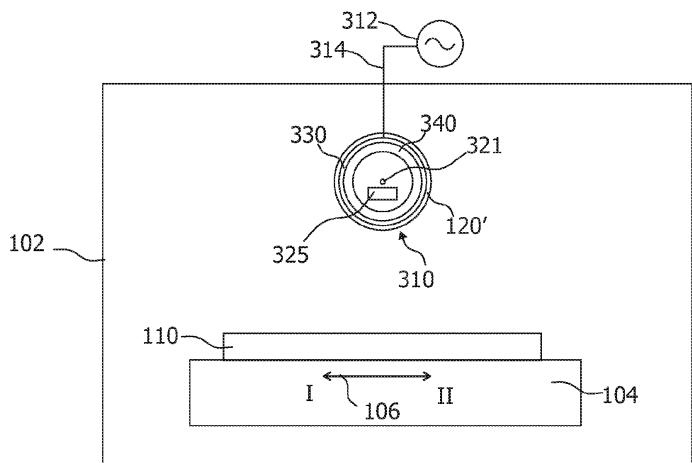
도면1



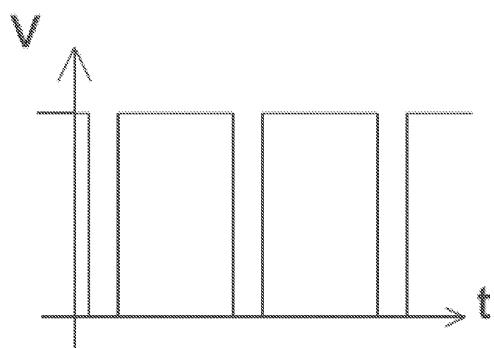
도면2



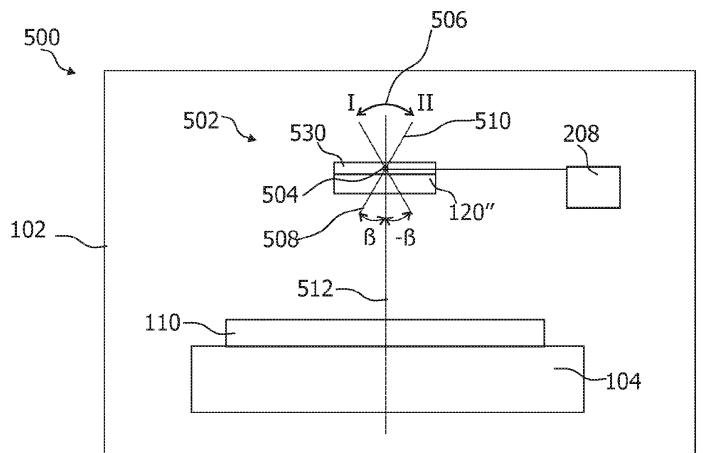
도면3



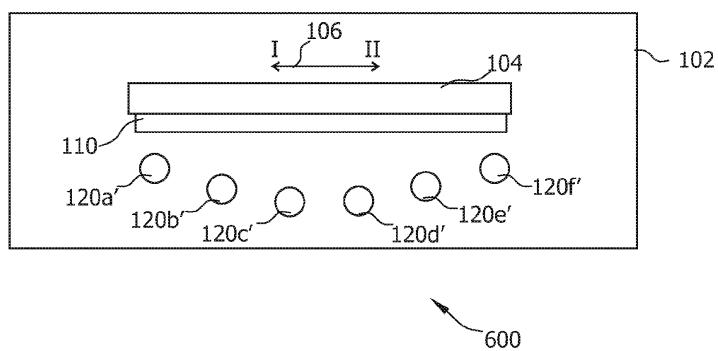
도면4



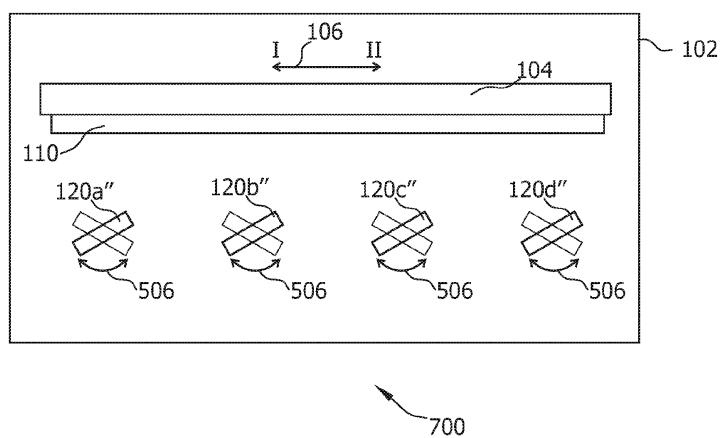
도면5



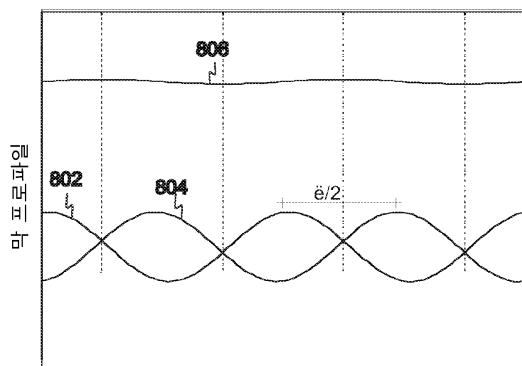
도면6



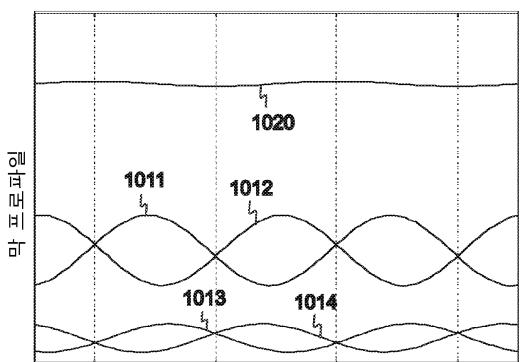
도면7



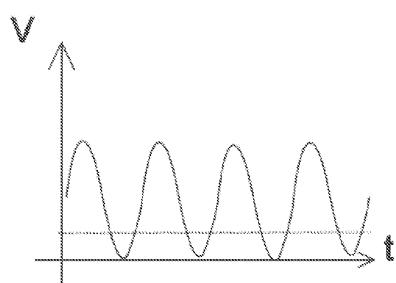
도면8



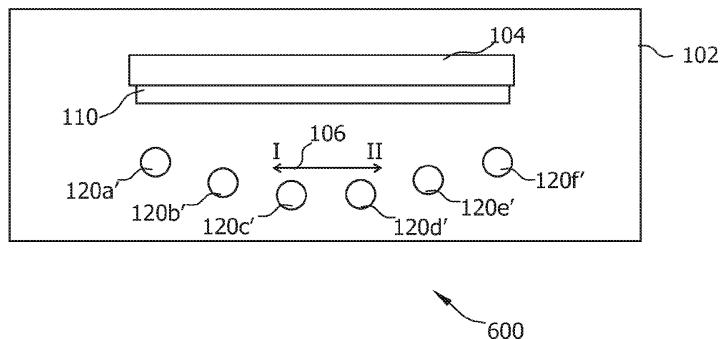
도면9



도면10

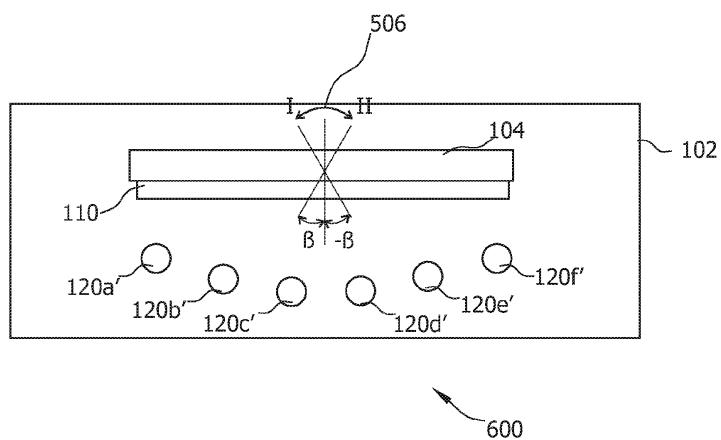


도면11



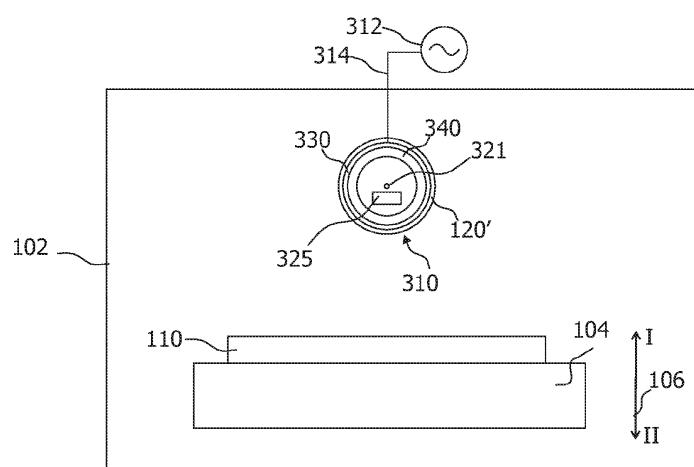
600

도면12

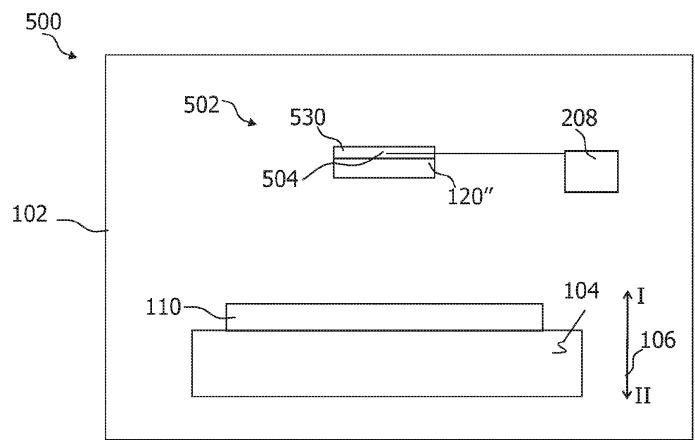


600

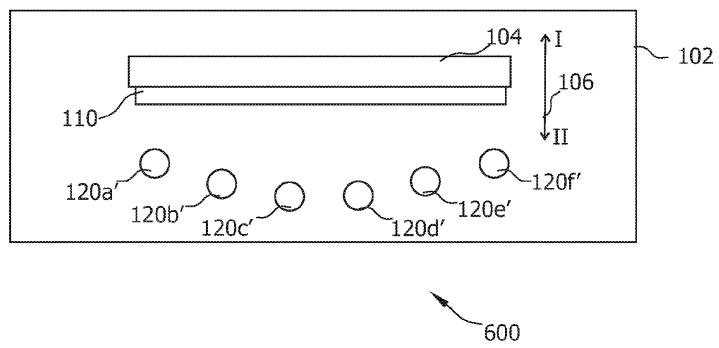
도면13



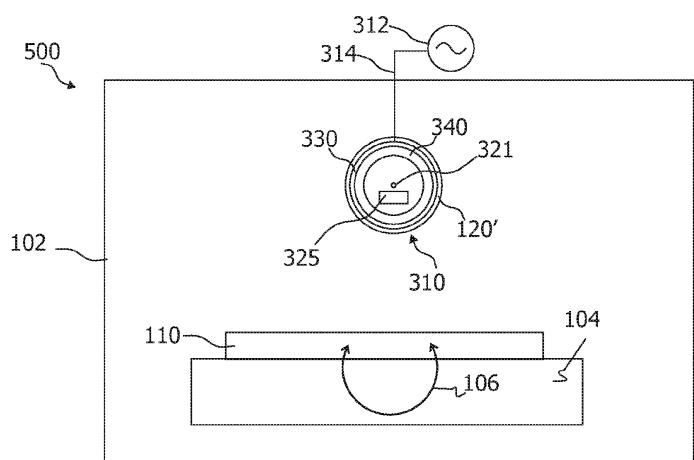
도면14



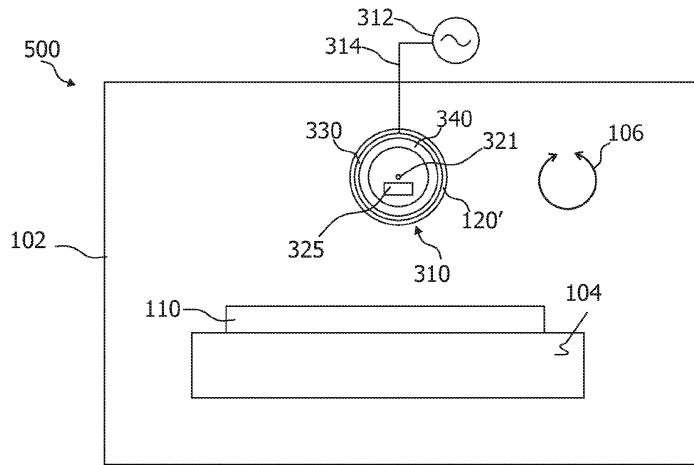
도면15



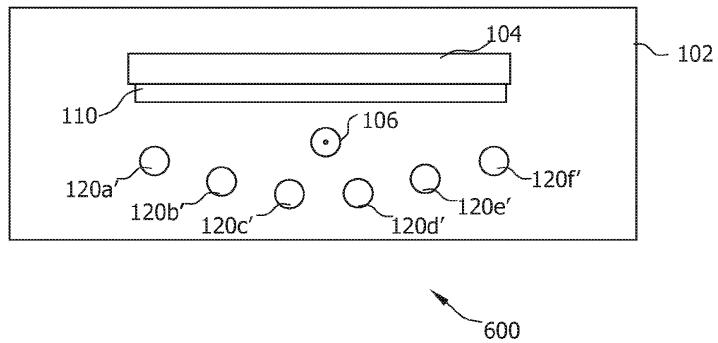
도면16



도면17



도면18



도면19

