(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년08월10일
(11) 등록번호 10-1172931
(24) 등록일자 2012년08월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/448 (2006.01) *C23C 16/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7014437
(22) 출원일자(국제) 2005년10월03일
심사청구일자 2010년08월25일
(85) 번역문제출일자 2007년06월25일
(65) 공개번호 10-2007-0095914
(43) 공개일자 2007년10월01일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/035583
(87) 국제공개번호 WO 2006/057710
국제공개일자 2006년06월01일
(30) 우선권주장
10/998,420 2004년11월29일 미국(US)
11/007,962 2004년12월09일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP 2001-59178 A
WO 2004-010463 A2
JP 2004-156104 A
전체 청구항 수 : 총 22 항

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고
(72) 발명자
수주키 켄지
미국 뉴욕주 12084 길더랜드 26쥐 브루키지
기도티 엠마누엘
미국 뉴욕주 12524 피쉬킬 7 그린힐 드라이브 #3 6씨
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
송승필, 김태홍

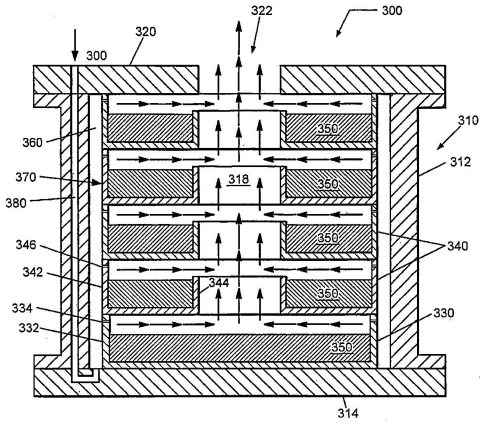
심사관 : 김상준

(54) 발명의 명칭 **교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리**

(57) 요 약

고 전도성을 가지며, 고전도 증기 이송 시스템에 연결되는 멀티 트레이 고상 전구체 증발 시스템(50, 150, 300, 300')에 이용하기 위한 교체 가능한 전구체 트레이가 고상 전구체의 노출 면적을 증가시킴으로써 증착률을 증가시키는 것에 대해 기술되어 있다. 멀티 트레이 고상 전구체 증발 시스템(50, 150, 300, 300')은 박막 증착 시스템(1, 100)의 처리 챔버(10, 110)에 연결되도록 형성되고, 하나 이상의 적층 가능한 상부 트레이(340)와 함께 기반 트레이(330)를 포함한다. 각각의 트레이(330, 340)는 예컨대, 고상 파우더 형태 또는 고상 타블렛 형태의 막 전구체(350)를 지지하고 유지하도록 형성된다. 또한, 각 트레이(330, 340)는 막 전구체(350)가 가열되는 동안 막 전구체(350) 상에 캐리어 가스의 고전도 유동을 제공하도록 형성된다. 예컨대, 캐리어 가스는 내부로 유입되어, 막 전구체(350)의 위를 거쳐, 적층 가능한 트레이(370, 370') 내의 유동 채널(318)을 통해 수직 상방으로 흘러, 고상 전구체 증발 시스템(50, 150, 300, 300')의 출구를 통해 흐른다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

레우신크 게리트 제이

미국 뉴욕주 12578 솔트포인트 1117 니더우드 로드

하라 마사미치

미국 뉴욕주 12065 클리프톤 파크 160에이 이스트 우드 드라이브

쿠로이와 다이수케

미국 뉴욕주 12065 클리프톤 파크 512 런던 스퀘어 드라이브

특허청구의 범위

청구항 1

막 전구체 증발 시스템에 이용하는 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리로서, 상기 막 전구체 증발 시스템은 외부 용기 벽 및 저면을 가지는 용기 및 상기 용기에 밀폐식으로 연결되도록 형성되는 리드를 포함하고, 상기 리드는 기판 상에 박막을 증착하도록 형성된 처리 챔버에 밀폐식으로 연결되도록 형성된 출구를 포함하며,

상기 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리는, 막 전구체를 지지하고 상기 막 전구체 증발 시스템에서 하나 이상의 추가의 적층 가능한 트레이가 적층되도록 형성된 교체 가능한 트레이를 포함하고,

상기 교체 가능한 트레이는, 적층 가능한 외벽 및 내벽을 포함하여 상기 막 전구체를 상기 적층 가능한 외벽 및 내벽 사이에서 유지하고, 상기 적층 가능한 외벽에 하나 이상의 트레이 개구를 포함하여 캐리어 가스를 캐리어 가스 공급 시스템으로부터 상기 막 전구체 및 상기 내벽 위로 상기 용기의 중심을 향하게 흘려 막 전구체 증기와 함께 상기 리드의 상기 출구를 통해 배출시키는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이는 금속 전구체를 지지하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이는 고상 전구체를 지지하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 고상 전구체는 고상 파우더 형태를 포함하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 고상 전구체는 고상 타블렛 형태를 포함하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이는 금속-카르보닐 막 전구체를 지지하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 금속-카르보닐 막 전구체는 $W(CO)_6$, $Mo(CO)_6$, $Co_2(CO)_8$, $Rh_4(CO)_{12}$, $Re_2(CO)_{10}$, $Cr(CO)_6$, $Ru_3(CO)_{12}$ 또는 $Os_3(CO)_{12}$를 포함하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이는 상기 내벽에서 내경을 가지고, 상기 적층 가능한 외벽에서 외경을 가지는 원통형인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 적층 가능한 외벽에서의 외경은 상기 외부 용기 벽의 내경의 75% 내지 99%인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 적층 가능한 외벽의 외경은 상기 외부 용기 벽의 내경의 85% 내지 99%인 것인 교체 가능

한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 내벽에서의 내경은 1 ㎝ 내지 30 ㎝인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 내벽에서의 내경은 5 ㎝ 내지 20 ㎝인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 트레이 개구는 하나 이상의 슬롯을 포함하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 트레이 개구는 하나 이상의 원형 오리피스를 포함하는 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 하나 이상의 원형 오리피스 각각의 직경은 0.4 ㎜ 내지 1 ㎜인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 하나 이상의 원형 오리피스의 개수는 2개 내지 1000개인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 17

제14항에 있어서, 상기 하나 이상의 원형 오리피스의 개수는 50개 내지 100개인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이의 상기 적층 가능한 외벽의 높이는 5 ㎜ 내지 50 ㎜인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이의 상기 내벽의 높이는 상기 적층 가능한 외벽의 높이보다 낮은 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 내벽의 높이는 상기 적층 가능한 외벽의 높이의 10 % 내지 90 %인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 21

제1항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이는 막 전구체를 지지하고, 상기 교체 가능한 트레이에서 상기 막 전구체의 깊이는 40 ㎜ 이하이며 상기 내벽의 높이보다 작은 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 교체 가능한 트레이에서 상기 막 전구체의 깊이는 15 ㎜ 이하인 것인 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 2004년 11월 29일자로 "Multi-Tray Film Precursor Evaporation System And Thin Film Deposition System Incorporating Same"를 발명의 명칭으로 하여 출원되고, 여기에 인용하는 것에 의해 그 내용이 전체적으로 본원에 포함되며, 대리인 문서관리번호가 제TTCA-007호인, 동시 계속 중의 미국 특허 출원 제10/998,420호의 일부계속출원(CIP)이다. 본 출원은 또한 "Method For Preparing Solid Precursor Tray For Use In Solid Precursor Evaporation System"를 발명의 명칭으로 하여 본원과 동일자로 출원되고, 여기에 인용하는 것에 의해 그 내용 전체가 본원에 포함되며, 대리인 문서관리번호가 제TTCA-011호인, 동시 계속 중의 미국 특허 출원 제11/007,961호에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 박막 증착을 위한 시스템에 관한 것이며, 보다 구체적으로는, 박막 증착 시스템의 막 전구체 증발 시스템에서 이용하기 위한 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 집적회로의 제조를 위해 구리(Cu) 금속을 다층 금속배선 방식(multilayer metallization scheme)에 도입하는 경우, Cu 층의 부착과 성장을 촉진하고 Cu가 유전체 재료로 확산되는 것을 방지하기 위한 확산 배리어/라이너(diffusion barriers/liners)의 이용을 필요로 할 수 있다. 유전체 재료 상에 증착되는 배리어/라이너는 Cu와 혼합될 수 없고 비반응성인 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo) 및 탄탈(Ta)과 같은 굴절 재료(refractive material)를 포함할 수 있고, 낮은 전기 저항성을 제공할 수 있다. Cu 금속배선과 유전체 재료를 집적시키는 기존의 집적 방식은 약 400℃ 내지 약 500℃, 또는 이보다 낮은 기판 온도에서 배리어/라이너를 증착하는 공정을 필요로 할 수 있다.

[0004] 예를 들면, 기술 노드(technology nodes)가 130 nm 이하인 경우 사용되는 Cu 집적 방식은 저 유전상수(low-k)의 층간 유전막(inter-level dielcetric)을 이용하는데, 이 층간 유전막 다음에는 물리 증착법(PVD; physical vapor deposition) TaN 층 및 Ta 배리어층이 이어지고, PVD Cu 시드 층(seed layer), 그리고 전기화학 증착법(ECD; electro-chemical deposition) Cu 충전재(fill)가 후속한다. 일반적으로, Ta 층은 부착성(즉, low-k 막에 부착하는 능력)을 위해 선택되고, Ta/TaN 층은 배리어 특성(즉, low-k 막으로 Cu가 확산되는 것을 방지하는 능력)을 위해 선택된다.

[0005] 상술한 바와 같이, Cu 확산 배리어 같은 박형 전이 금속층의 연구 및 구현을 위해 상당한 노력을 기울여 왔고, 이러한 연구에는 크롬, 탄탈, 몰리브덴 및 텅스텐 같은 재료가 포함된다. 이러한 각각의 재료는 Cu에 대해 낮은 혼화성을 나타낸다. 최근 들어, 종래의 내화 금속과 유사하게 반응할 것으로 기대된다는 이유로, 루테늄(Ru) 및 로듐(Rh)과 같은 다른 재료들이 잠재적인 배리어 층으로 간주되고 있다. 그러나, Ru 또는 Rh을 이용하게 되면, Ta/TaN의 경우와 같은 두 개의 층과는 대조적으로, 단 하나의 배리어 층을 이용할 수 있다. 이러한 결과는 이들 재료들의 배리어 특성 및 점착성에 기인한다. 예를 들어, 하나의 Ru 층이 Ta/TaN 배리어 층을 대체할 수 있다. 또한, 최근 연구에 따르면 하나의 Ru 층은 Cu 시드 층도 대체할 수도 있어서, 벌크 Cu의 충전은 Ru 증착에 바로 뒤 이어 진행될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 이러한 결과는 Cu와 Ru 사이의 우수한 부착성에 기인한다.

[0006] 종래에는, Ru 층은 루테늄 카르보닐 전구체와 같은 루테늄 함유 전구체를 열화학 증착(TCVD;thermal chemical vapor deposition) 공정에서 열 분해함으로써 형성될 수 있다. 루테늄-카르보닐 전구체(예컨대, $Ru_3(CO)_{12}$)를 열 분해함으로써 증착되는 Ru 층의 재료 특성은, 기판의 온도가 약 400℃ 밑으로 내려가는 경우 악화될 수 있다. 결과적으로, 낮은 증착 온도에서의 조악한 표면 형상(예컨대, 노듈의 형성) 및 Ru 층의 (전기) 저항성의 증가는 열적으로 증착된 Ru 층 안으로 편입되는 CO 반응 부산물이 증가하는 데에서 기인한 것이다. 이러한 두 가지 효과는 모두 약 400℃ 미만의 기판 온도에서 루테늄-카르보닐 전구체가 열 분해됨으로써 CO 탈착률(desorption rate)이 감소되는 것에 의해 설명될 수 있다.

[0007] 또한, 루테늄 카르보닐과 같은 금속-카르보닐을 이용함으로써 낮은 증기압으로 인해 조악한 증착률을 야기할 수 있고, 이와 관련된 이송의 문제점들이 발생시킬 수 있다. 전반적으로, 발명자는 기존의 증착 시스템들이 금속막의 증착을 비실용적으로 만드는 낮은 증착률로 인한 문제점이 있다는 것을 알아냈다.

발명의 상세한 설명

[0008] 본 발명은 막 전구체의 노출 면적을 증가시켜 증착률을 증가시키기 위한 박막 증착 시스템의 막 전구체 증발 시

스템에 이용하는 교체 가능한 막 전구체 서포트 어셈블리를 제공한다. 이를 위해, 전구체 서포트 어셈블리는 막 전구체를 지지하고, 막 전구체 증발 시스템 내에 하나 이상의 추가의 적층 가능한 트레이가 적층되도록 형성된 교체 가능한 트레이를 포함한다. 교체 가능한 트레이는 그 사이에 막 전구체가 유지되도록 형성된 적층 가능한 외벽 및 내벽을 포함하고, 캐리어 가스가 캐리어 가스 공급 시스템으로부터 막 전구체 및 내벽 위로 용기의 중심을 향하여 흐르도록 형성된 적층 가능한 외벽 내에 하나 이상의 트레이 개구를 포함하며, 박막 증착 시스템의 처리 챔버로 이송하기 위해 막 전구체 증기가 막 전구체 증발 시스템의 리드 내의 출구를 통해 배출된다.

실 시 예

[0018] 다음 설명에 있어서, 본 발명의 전체적인 이해를 용이하게 하고, 제한적이지 않은 설명을 위하여, 증착 시스템의 특정 형상 및 다양한 구성요소의 설명과 같은 특정 세부사항들을 기술한다. 그러나, 본 발명은 이러한 특정 세부사항들로부터 벗어난 다른 실시예들로 실시될 수 있음을 이해하여야 한다.

[0019] 이제 도면을 참조하면, 유사한 참조 번호는 몇몇 도면에 걸쳐 동일하거나 대응되는 부분을 지시하고, 도 1은 하나의 실시예에 따른 기판 상에 루테늄(Ru) 또는 레늄(Re) 금속 막과 같은 박막을 증착하는 증착 시스템(1)을 도시한다. 증착 시스템(1)은 기판(25)을 지지하도록 형성된 기판 홀더(20)를 가지는 처리 챔버(10)를 포함하고, 이 기판(25) 상에 박막이 형성된다. 처리 챔버(10)는 기상 전구체 이송 시스템(40)에 의해 막 전구체 증발 시스템(50)과 연결된다.

[0020] 처리 챔버(10)는 덕트(36)에 의해 진공 펌핑 시스템(38)에도 연결되며, 이 펌핑 시스템(38)은, 기판 상에 박막을 형성하기에 적절하며 막 전구체 증발 시스템(50) 내의 막 전구체(도시되지 않음)의 증발에 적합한 압력으로 처리 챔버(10), 기상 전구체 이송 시스템(40) 및 막 전구체 증발 시스템(50)을 비우도록 형성된다.

[0021] 계속하여 도 1을 참조하면, 막 전구체 증발 시스템(50)은 기상 막 전구체를 기상 전구체 이송 시스템(40)으로 안내하는 동안 막 전구체를 저장하고, 막 전구체를 증발시키기에 충분한 온도로 막 전구체를 가열한다. 도 3 내지 6을 참조하여 이하에서 보다 상세히 기술하는 바와 같이, 예컨대, 막 전구체는 고상 막 전구체를 포함할 수 있다. 덧붙여, 예컨대, 막 전구체는 고상 금속 전구체를 포함할 수도 있고, 예컨대, 막 전구체는 금속-카르보닐을 포함할 수도 있다. 실례로, 금속-카르보닐은 루테늄 카르보닐[$Ru_3(CO)_{12}$] 또는 레늄 카르보닐[$Re_2(CO)_{10}$]을 포함할 수 있다. 예컨대, 금속-카르보닐은 $W(CO)_6$, $Mo(CO)_6$, $Co_2(CO)_8$, $Rh_4(CO)_{12}$, $Cr(CO)_6$ 또는 $Os_3(CO)_{12}$를 포함할 수도 있다.

[0022] 막 전구체를 증발시키거나 고상 금속 전구체를 승화시키기 위해 요구되는 온도를 얻기 위하여, 막 전구체 증발 시스템(50)은 증발 온도를 제어하도록 형성된 증발 온도 제어 시스템(54)에 연결된다. 예컨대, 루테늄 카르보닐을 승화시키기 위해 종래의 시스템에서 막 전구체의 온도는 일반적으로 약 40 내지 45 ℃로 상승한다. 이 온도에서, 예컨대, 루테늄 카르보닐의 증기압은 약 1 내지 약 3 mTorr이다. 막 전구체가 가열되어 증발(또는 승화)되는 동안, 캐리어 가스가 막 전구체 위로 또는 옆으로 통과한다. 캐리어 가스는 금속 카르보닐들 또는 이들의 혼합물에 이용하기 위한, 예컨대, 희귀가스(즉, He, Ne, Ar, Kr, Xe)와 같은 불활성 기체 또는 일산화탄소(CO)와 같은 일산화물을 포함할 수 있다. 예컨대, 캐리어 가스 공급 시스템(60)은 막 전구체 증발 시스템(50)에 연결되고, 캐리어 가스 공급 시스템은 예컨대, 공급 라인(61)을 통해 막 전구체 위에 캐리어 가스를 공급하도록 형성된다. 다른 실시예에서, 캐리어 가스 공급 시스템(60)은 기상 전구체 이송 시스템(40)에 연결되고, 막 전구체의 증기가 기상 전구체 이송 시스템에 진입하는 동안 또는 그 후에 공급 라인(63)을 통해 막 전구체의 증기에 캐리어 가스를 공급하도록 형성된다. 도시하지는 않았으나, 캐리어 가스 공급 시스템(60)은 가스 공급원, 하나 이상의 제어 밸브, 하나 이상의 필터 및 유량 조절기를 포함할 수 있다. 예컨대, 캐리어 가스의 유속은 약 5 sccm(표준 상태에서 분당 1 세제곱 센티미터) 내지 약 1000 sccm일 수 있다. 예컨대, 캐리어 가스의 유속은 약 10 sccm 내지 약 200 sccm일 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 캐리어 가스의 유속은 약 20 sccm 내지 약 100 sccm일 수 있다.

[0023] 막 전구체 증발 시스템(50)의 하류로 막 전구체 증기가 캐리어 가스와 함께 기상 전구체 이송 시스템(40)을 통해 처리 챔버(10)와 연결된 증기 분배 시스템(30)으로 진입한다. 증기 라인의 온도를 제어하고 막 전구체 증기의 분해 및 막 전구체 증기의 응축을 방지하기 위해, 기상 전구체 이송 시스템(40)은 증기 라인 온도 제어 시스템(42)에 연결될 수 있다. 예컨대, 증기 라인 온도는 증발 온도 보다 크거나 거의 같은 온도로 설정될 수 있다. 예컨대, 기상 전구체 이송 시스템(40)은 약 50 리터/초를 초과하는 높은 컨덕턴스를 가질 수도 있다.

[0024] 다시 도 1을 참조하면, 처리 챔버(10)에 연결된 증기 분배 시스템(30)은 플레넘(32)을 포함하며, 증기가 증기

분배판(34)을 통과하여 기판(25) 위의 처리 구역(33)으로 진입하기 전에 플레넘 내에 증기가 분산된다. 또한, 증기 분배판(34)은 증기 분배판(34)의 온도를 제어하도록 형성된 분배판 온도 제어 시스템(35)에 연결될 수 있다. 예컨대, 증기 분배판의 온도는 증기 라인의 온도와 거의 동일한 온도로 설정될 수 있으나, 그보다 작거나 더 큰 온도로 설정될 수도 있다.

[0025] 막 전구체 증기가 처리 구역(33)에 진입하면, 막 전구체 증기는 상승한 기판(25)의 온도로 인해 기판 표면에서 흡착되면 열분해하고, 기판(25) 상에 박막이 형성된다. 기판 홀더(20)는 기판 온도 제어 시스템(22)에 연결됨으로써 기판(25)의 온도를 증가시키도록 형성된다. 예컨대, 기판 온도 제어 시스템(22)은 기판(25)의 온도를 약 500 ℃까지 상승시키도록 형성될 수 있다. 하나의 실시예에서, 기판 온도는 약 100 ℃ 내지 약 500 ℃일 수 있다. 다른 실시예에서, 기판 온도는 약 300 ℃ 내지 약 400 ℃일 수 있다. 또한, 처리 챔버(10)는 챔버 벽의 온도를 제어하도록 형성된 챔버 온도 제어 시스템(12)에 연결될 수 있다.

[0026] 상술한 바와 같이, 예컨대, 종래의 시스템은, 루테늄 카르보닐이 금속 증기 전구체의 분해 및 금속 증기 전구체의 응축을 제한하도록, 약 40 내지 45 ℃의 온도에서 막 전구체 증발 시스템(50) 및 기상 전구체 이송 시스템(40)을 작동시키는 것을 꾀한다. 예컨대, 루테늄 카르보닐 전구체는 상승한 온도에서 분해되어 다음 기술한 것과 같은 부산물을 형성할 수 있다.

[0027] $Ru_3(CO)_{12}$ *(ad) ⇔ $Ru_3(CO)_x$ *(ad) + (12-x)CO(g) (1)

[0028] 또는,

[0029] $Ru_3(CO)_x$ *(ad) ⇔ 3Ru(s) + xCO(g) (2)

[0030] 이들 부산물은 증착 시스템(1)의 내부 표면 상에 흡착, 즉, 응축될 수 있다. 이러한 표면 상에 물질이 축적됨으로써, 하나의 기판으로부터 다음 기판에 이르기까지 공정의 반복 가능성과 같은 문제를 일으킬 수 있다. 또한, 예컨대, 루테늄 카르보닐 전구체는 온도 하강에 따라 응축됨으로써 재결정화, 즉, 다음과 같은 반응을 일으킬 수 있다.

[0031] $Ru_3(CO)_{12}$(g) ⇔ $Ru_3(CO)_{12}$ *(ad) (3)

[0032] 그러나, 작은 공정 윈도우를 가지는 이러한 시스템 내에서, 부분적으로 루테늄 카르보닐의 낮은 증기압으로 인해 증착률이 매우 낮아진다. 예컨대, 증착률은 거의 분당 1 옴스트롱 정도로 낮을 수 있다. 따라서, 하나의 실시예에서는 증발 온도가 약 40 ℃ 이상으로 증가한다. 다르게는, 증발 온도가 약 50 ℃ 이상으로 증가한다. 본 발명의 전형적인 실시예에서는, 증발 온도가 약 60 ℃ 이상으로 증가한다. 다른 전형적인 실시예에서는, 증발 온도가 약 60 내지 100 ℃로 증가하고, 약 60 내지 90 ℃로 증가하기도 한다. 온도 증가는 더욱 높은 증기압(예컨대, 거의 배 이상)으로 인해 증발률을 증가시키고, 따라서, 발명자는 증착률이 증가할 것으로 기대한다. 하나 이상의 기판을 처리한 후에 증착 시스템(1)을 정기적으로 세정하는 것이 바람직할 수도 있다. 예컨대, 세정 방법 및 시스템에 관한 추가적인 세부사항은 본 출원과 동일자로 공동출원된 미국 특허 동시계속출원 제10/998,394호(발명의 명칭 : "Method and System for Performing In-situ Cleaning of a Deposition System")로부터 얻을 수 있으며, 이는 전체로서 본 명세서에 참조로서 통합된다.

[0033] 상술한 바와 같이, 증착률은 분해 및/또는 응축되기 이전에 증발되어 기판으로 이송된 막 전구체의 양에 비례한다. 따라서, 하나의 기판에서부터 다음 기판에 이르기까지 요구되는 증착률을 얻고, 일관된 처리 성능(즉, 증착률, 막 두께, 막 균일성, 막 형태 등)를 유지하기 위하여, 막 전구체 증기의 유속을 모니터, 조절, 또는 제어하는 능력을 제공하는 것이 중요하다. 종래의 시스템에서, 작업자는 증발 온도와 증발 온도 및 유속 사이의 소정의 관계를 이용함으로써 간접적으로 막 전구체 증기의 유속을 결정할 수 있다. 그러나, 공정 및 그 수행에는 시간이 소요되므로, 따라서 유속을 더욱 정확하게 측정하는 것이 필수적이다. 예컨대, 동일자로 출원된 미국 특허 동시계속출원 제10/998,393호(발명의 명칭 : "Method and System for Measuring a Flow Rate in a Solid Precursor Delivery System")로부터 추가적인 세부내용을 얻을 수 있고, 이는 전체로서 본 출원에 참조로서 통합된다.

[0034] 계속하여 도 1을 참조하면, 증착 시스템(1)은 증착 시스템(1)의 작동을 제어하고 작동시키도록 형성된 제어 시스템(80)도 포함한다. 제어 시스템(80)은 처리 챔버(10), 기판 홀더(20), 기판 온도 제어 시스템(22), 챔버 온도 제어 시스템(12), 증기 분배 시스템(30), 기상 전구체 이송 시스템(40), 막 전구체 증발 시스템(50) 및 캐리어 가스 공급 시스템(60)에 연결된다.

[0035] 다른 실시예에 있어서, 도 2는 기판 상에 루테늄(Ru) 또는 레늄(Re) 금속 막과 같은 박막을 증착하기 위한 증착 시스템(100)을 도시한다. 증착 시스템(100)은 박막이 형성되는 기판(125)을 지지하도록 형성되는 기판 홀더(120)를 가진 처리 챔버를 포함한다. 처리 챔버(110)는 막 전구체(도시되지 않음)를 저장하고 증발시키도록 형성된 막 전구체 증발 시스템(150) 및 막 전구체 증기를 이송하도록 형성된 기상 전구체 이송 시스템(140)을 가진 전구체 이송 시스템(105)에 연결된다.

[0036] 처리 챔버(110)는 상부 챔버부(111), 하부 챔버부(112) 및 배출 챔버(113)를 포함한다. 개구(114)는 하부 챔버부(112) 내에 형성되고, 하부 챔버부(112)의 저면부는 배출 챔버(113)에 체결된다.

[0037] 계속하여 도 2를 참조하면, 기판 홀더(120)는 수평면을 제공하여 처리되는 기판(또는 웨이퍼)(125)을 지지한다. 기판 홀더(120)는 배출 챔버(113)의 하부로부터 위로 연장된 원통형 서포트 부재(122)에 의해 지지될 수 있다. 기판 홀더(120) 상에 기판(125)을 배치하기 위한 선택적인 가이드 링(124)이 기판 홀더(120)의 에지 상에 제공된다. 또한, 기판 홀더(120)는 기판 홀더 온도 제어 시스템(128)에 연결된 히터(126)를 포함한다. 예컨대, 히터(126)는 하나 이상의 저항성 가열 요소를 포함할 수 있다. 이와 달리, 예컨대, 히터(126)는 텅스텐-할로겐 램프와 같은 방사 가열 시스템을 포함할 수 있다. 기판 홀더 온도 제어 시스템(128)은, 하나 이상의 가열 요소, 기판 및/또는 기판 홀더 온도를 측정하기 위한 하나 이상의 온도 센서, 기판 또는 기판 홀더의 온도에 대한 모니터, 조절 또는 제어 중 어느 하나를 수행하도록 형성된 제어기에 전력을 제공하는 전원을 포함할 수 있다.

[0038] 처리 과정에서, 가열된 기판(125)은 금속-카르보닐 전구체와 같은 막 전구체의 증기를 열분해하여 기판(125) 상에 금속층과 같은 박막을 증착시킬 수 있다. 하나의 실시예에 따르면, 막 전구체는 고상 전구체를 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 막 전구체는 금속 전구체를 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 막 전구체는 고상 금속 전구체를 포함한다. 또 다른 실시예에 따르면, 막 전구체는 금속-카르보닐 전구체를 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 막 전구체는 루테늄-카르보닐 전구체, 예컨대, $Ru_3(CO)_{12}$일 수 있다. 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 막 전구체는 레늄 카르보닐 전구체, 예컨대 $Re_2(CO)_{10}$일 수 있다. 열화학적 증기 증착 분야의 당업자가 이해하는 바와 같이, 다른 루테늄 카르보닐 전구체 및 레늄 카르보닐 전구체가 본 발명의 범위로부터 벗어남이 없이 이용될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 막 전구체는 $W(CO)_6$, $Mo(CO)_6$, $Co_2(CO)_8$, $Rh_4(CO)_{12}$, $Cr(CO)_6$ 또는 $Os_3(CO)_{12}$일 수 있다. 기판 홀더(120)는 기판(125) 상에, 예컨대, 요구되는 Ru, Re 또는 다른 금속층의 증착에 적합한 소정의 온도로 가열된다. 또한, 챔버 온도 제어 시스템(121)에 연결되는 히터(도시되지 않음)는 처리 챔버(110)의 벽에 매입되어, 챔버 벽을 소정의 온도로 가열할 수 있다. 히터는 처리 챔버(110)의 벽의 온도를 약 40 ℃ 내지 약 100 ℃로, 예컨대, 약 40 ℃ 내지 약 80 ℃로 유지할 수 있다. 압력 게이지(도시되지 않음)를 이용하여 처리 챔버의 압력을 측정한다.

[0039] 또한, 도 2에 도시한 바와 같이, 증기 분배 시스템(130)은 처리 챔버(110)의 상부 챔버부(111)에 연결된다. 증기 분배 시스템(130)은 전구체 증기를 증기 분배 플레넘(132)으로부터 하나 이상의 오리피스(134)를 통해 기판(125) 위의 처리 구역(133)으로 안내하도록 형성된 증기 분배판(131)을 포함한다.

[0040] 또한, 개구(135)가 상부 챔버부(111)에 제공되어, 증기 전구체를 기상 전구체 이송 시스템(140)으로부터 증기 분배 플레넘(132)으로 안내한다. 냉각되거나 가열된 유체가 유동하도록 형성된 동심 유체 채널과 같은 온도 제어 요소(136)가 제공되어 증기 분배 시스템(130)의 온도를 제어하고, 그에 따라 증기 분배 시스템(130) 내측의 막 전구체의 분해를 방지하기도 한다. 예컨대, 물과 같은 유체는 증기 분배 온도 제어 시스템(138)으로부터 유체 채널로 공급될 수 있다. 증기 분배 온도 제어 시스템(138)은 유체 공급원, 열 교환기, 유체 온도 및/또는 증기 분배판의 온도를 측정하기 위한 하나 이상의 온도 센서 및 증기 분배판(131)의 온도를 약 20 ℃ 내지 약 100 ℃로 제어하도록 형성된 제어기를 포함할 수 있다.

[0041] 막 전구체 증발 시스템(150)은 막 전구체를 유지하고, 막 전구체의 온도를 증가시킴으로써 막 전구체를 증발 또는 승화시키도록 형성된다. 전구체 히터(154)는 막 전구체를 가열하기 위해 제공되어, 요구되는 막 전구체의 증기압을 생성하는 온도로 막 전구체의 온도를 유지한다. 전구체 히터(154)는 막 전구체의 온도를 제어하도록 형성된 증발 온도 제어 시스템(156)에 연결된다. 예컨대, 전구체 히터(154)는 막 전구체의 온도(또는 증발 온도)가 약 40 ℃ 이상으로 조절되도록 형성될 수 있다. 또한, 증발 온도는 약 50 ℃ 이상으로 증가한다. 예컨대, 증발 온도는 약 60 ℃ 이상으로 증가한다. 하나의 실시예에서, 증발 온도는 약 60 내지 100 ℃로 증가하고, 다른 실시예에서는, 약 60 내지 90 ℃로 증가한다.

[0042] 막 전구체가 가열되어 증발(또는 승화)하는 동안, 캐리어 가스가 막 전구체 위 또는 옆으로 지나갈 수 있다.

캐리어 가스는 금속-카르보닐들 또는 이들의 혼합물에 이용하기 위하여, 예컨대, 희귀가스(즉, He, Ne, Ar, Kr, Xe)와 같은 불활성 가스 또는 일산화탄소(CO)와 같은 일산화물을 포함할 수 있다. 예컨대, 캐리어 가스 공급 시스템(160)은 막 전구체 증발 시스템(150)에 연결되고, 예컨대, 막 전구체 위에 캐리어 가스를 공급하도록 형성된다. 도 2에 도시하지는 않았으나, 캐리어 가스 공급 시스템(160)은 기상 전구체 이송 시스템(140)에 연결되어, 막 전구체의 증기가 기상 전구체 이송 시스템(140)으로 진입하는 동안 또는 진입한 후에 캐리어 가스를 막 전구체의 증기에 공급할 수도 있다. 캐리어 가스 공급 시스템(160)은 가스 공급원(161), 하나 이상의 제어 밸브(162), 하나 이상의 필터(164) 및 유량 제어기(165)를 포함할 수 있다. 예컨대, 캐리어 가스의 유속은 약 5 sccm(표준 상태에서 분당 1 세제곱센티미터) 내지 약 1000 sccm일 수 있다. 예컨대, 하나의 실시예에서, 캐리어 가스의 유속은 약 10 sccm 내지 약 200 sccm일 수 있다. 예컨대, 다른 실시예에서, 캐리어 가스의 유속은 약 20 sccm 내지 약 100 sccm일 수 있다.

[0043] 또한, 센서(166)가 제공되어, 막 전구체 증발 시스템(150)으로부터 전체 가스 유동을 측정한다. 예컨대, 센서(166)는 유량 제어기를 포함할 수 있고, 센서(166) 및 유량 제어기(165)를 이용하여 처리 챔버(110)에 이송되는 막 전구체의 양을 결정할 수 있다. 대안으로, 센서(166)는 광흡수 센서를 포함하여, 처리 챔버(110)로 흐르는 가스 내의 막 전구체의 농도를 측정할 수 있다.

[0044] 바이패스 라인(167)이 센서(166) 하류에 배치되어, 증기 이송 시스템(140)을 배출 라인(116)에 연결할 수 있다. 바이패스 라인(167)이 제공되어, 기상 전구체 이송 시스템(140)을 비우고, 처리 챔버(110)로의 막 전구체의 공급을 안정화한다. 또한, 바이패스 밸브(168)가 기상 전구체 이송 시스템(140)의 분기된 부분의 하류에 위치하여 바이패스 라인(167) 상에 제공된다.

[0045] 계속하여 도 2를 참조하면, 기상 전구체 이송 시스템(140)은 제1 및 제2 밸브(141, 142)를 가지는 고전도 증기 라인을 포함한다. 또한, 기상 전구체 이송 시스템(140)은 히터(도시되지 않음)에 의해 기상 전구체 이송 시스템(140)을 가열하도록 형성된 증기 라인 온도 제어 시스템(143)을 더 포함한다. 증기 라인의 온도가 제어되어, 증기 라인 내의 막 전구체의 응축을 피할 수 있다. 증기 라인의 온도는 약 20 ℃ 내지 약 100 ℃ 또는 약 40 ℃ 내지 약 90 ℃로 제어될 수 있다. 예컨대, 증기 라인의 온도는 거의 증발 온도 이상으로 설정될 수 있다.

[0046] 또한, 희석 가스가 희석 가스 공급 시스템(190)으로부터 공급될 수 있다. 예컨대, 희석 가스는 금속-카르보닐 또는 이들의 혼합물에 이용하기 위하여 희귀가스(즉, He, Ne, Ar, Kr, Xe)와 같은 불활성 가스 또는 일산화탄소(CO)와 같은 일산화물을 포함할 수 있다. 예컨대, 희석 가스 공급 시스템(190)은 기상 전구체 이송 시스템(140)에 연결되고, 예컨대, 희석 가스를 기상 막 전구체에 공급하도록 형성된다. 희석 가스 공급 시스템(190)은 가스 공급원(191), 하나 이상의 제어 밸브(192), 하나 이상의 필터(194) 및 유량 제어기(195)를 포함할 수 있다. 예컨대, 캐리어 가스의 유속은 약 5 sccm(표준 상태에서 분당 1 세제곱 센티미터) 내지 약 1000 sccm일 수 있다.

[0047] 유량 제어기(165, 195), 밸브(162, 192, 168, 141, 142)는 제어기(196)에 의해 제어되어, 캐리어 가스, 막 전구체 증기 및 희석 가스의 공급, 차단 및 유동을 제어한다. 센서(166)도 제어기(196)에 연결되고, 센서(166)의 출력에 기초하여, 제어기(196)는 유량 제어기(165)를 통과하는 캐리어 가스의 유동을 제어하여 처리 챔버(110)로의 요구되는 막 전구체 유동을 얻을 수 있다.

[0048] 도 2에 도시한 것과 같이, 배출 라인(116)은 배출 챔버(113)를 펌핑 시스템(118)에 연결한다. 진공 펌프(119)가 이용되어 처리 챔버(110)를 요구되는 진공도로 비우고, 처리 과정에서 처리 챔버(110)로부터 기체 화학종들을 제거한다. 자동 압력 제어기(115; APC; Automatic Pressure Controller) 및 트랩(117)이 진공 펌프(119)에 연달아 이용될 수 있다. 진공 펌프(119)는 최대 초당 500 리터 이상으로 기체를 펌핑할 수 있는 터보 분자 펌프(TMP; Turbo-Molecular Pump)를 포함할 수 있다. 이와 달리, 진공 펌프(119)는 건식 기초 펌프(dry roughing pump)를 포함할 수 있다. 처리 과정에서, 캐리어 가스, 희석 가스, 막 전구체 증기 또는 이들의 혼합물이 처리 챔버(110)로 인도될 수 있고, 챔버 압력은 APC(115)에 의해 조절될 수 있다. 예컨대, 챔버 압력은 약 1 mTorr 내지 약 500 mTorr일 수 있고, 다른 예에서, 챔버 압력은 약 5 mTorr 내지 50 mTorr일 수 있다. APC(115)는 나비형 밸브 또는 게이트 밸브를 포함할 수 있다. 트랩(117)은 처리 챔버(110)로부터 반응하지 않은 전구체 물질 및 부산물을 수거할 수 있다.

[0049] 다시 도 2에 도시된 처리 챔버(110) 내의 기판 홀더(120)를 참조하면, 3개의 기판 리프트 핀(127)(2개만 도시됨)이 기판(125)의 유지, 상승 및 하강을 위해 제공된다. 기판 리프트 핀(127)은 플레이트(123)에 연결되고, 기판 홀더(120)의 상면 밑으로 내려갈 수 있다. 예컨대, 공압 실린더를 이용하는 구동 기구(129)가 플레이트(123)를 상승 및 하강시키는 수단을 제공한다. 기판(125)은 로봇식 전달 시스템(robotic transfer system)

(도시되지 않음)에 의해 게이트 밸브(200) 및 챔버 보급 통로(202)를 통하여 처리 챔버 내외로 전달될 수 있고, 기판 리프트 핀(127)에 의해 수용된다. 전달 시스템으로부터 기판(125)이 수용되면, 기판 리프트 핀(127)을 하강시킴으로써 기판(125)이 기판 홀더(120)의 상부 표면으로 내려갈 수 있다.

[0050] 도 2를 다시 참조하면, 제어기(180)는 마이크로프로세서, 메모리 및 처리 시스템(100)으로의 입력뿐만 아니라 처리 시스템(100)으로부터의 모니터 출력을 전달하고 작동시키기에 충분한 제어 전압을 생성할 수 있는 디지털 입출력 포트(digital I/O port)를 포함한다. 또한, 처리 시스템 제어기(180)는 처리 챔버(110); 제어기(196), 증기 라인 온도 제어 시스템(142) 및 증발 온도 제어 시스템(156)을 포함하는 전구체 이송 시스템(105); 증기 분배 온도 제어 시스템(138); 진공 펌핑 시스템(118);및 기판 홀더 온도 제어 시스템(128)에 연결되어 이들과 정보를 교환한다. 진공 펌핑 시스템(118)에서, 제어기(180)는 처리 챔버(110) 내의 압력을 제어하기 위해 자동 압력 제어기(115)에 연결되어 자동 압력 제어기(115)와 정보를 교환한다. 메모리에 저장된 프로그램은 저장된 공정 방식에 따라 증착 시스템(100)의 전술한 구성요소를 제어하기 위해 이용된다. 처리 시스템 제어기(180)의 하나의 실시예로서, 미국 텍사스주 댈러스에 소재한 델 코포레이션(Dell Corporation)으로부터 입수가능한 DELL PRECISION WORKSTATION 610™이 있다. 제어기(180)는 범용 컴퓨터, 디지털 신호 처리기 등으로도 구현될 수 있다.

[0051] 제어기(180)는 증착 시스템(100)에 대해 근거리로 위치할 수 있고, 또는 증착 시스템(100)에 대해 인터넷 또는 인트라넷을 통해 원격으로 위치할 수도 있다. 따라서, 제어기(180)는 직접적인 연결, 인트라넷, 또는 인터넷 중 적어도 하나를 이용하여 증착 시스템(100)과 데이터를 교환할 수 있다. 제어기(180)는 고객측(즉, 장치 제작자 등)의 인트라넷에 연결될 수 있고, 또는 판매자측(즉, 장비 제조업자)의 인트라넷에 연결될 수도 있다. 또한, 또 다른 컴퓨터(즉, 제어기, 서버 등)가 제어기(180)에 접속하여 직접 연결, 인트라넷 또는 인터넷 중 적어도 하나를 통해 데이터를 교환할 수도 있다.

[0052] 이제 도 3을 참조하면, 막 전구체 증발 시스템(300)이 실시예에 따라 횡단면도로 도시되어 있다. 막 전구체 증발 시스템(300)은 외벽(312) 및 저면(314)을 가지는 용기(310)를 포함한다. 막 전구체 증발 시스템(300)은 용기(310)와 밀폐식으로 연결되도록 형성되는 리드(320)를 포함할 수도 있고, 리드(320)는 도 1 또는 2에 도시된 것과 같이 박막 증착 시스템의 처리 챔버에 밀폐식으로 연결되도록 형성된 출구(322)를 포함한다. 용기(310) 및 리드(320)는 박막 증착 시스템에 연결될 때 밀폐된 환경을 형성한다. 예컨대, 용기(310) 및 리드(320)는 A6061 알루미늄으로 제작될 수 있고, 그 위에 코팅이 도포되거나 도포되지 않을 수 있다.

[0053] 또한, 용기(310)는 히터(도시되지 않음)에 연결되도록 형성되어 막 전구체 증발 시스템(300)의 증발 온도를 증가시키고, 온도 제어 시스템(도시되지 않음)에 연결되어 증발 온도의 모니터, 조절 또는 제어 중 적어도 하나를 수행하도록 형성된다. 증발 온도가 상술한 적정 온도로 증가할 때, 막 전구체는 증발(또는 승화)하여, 증기 이송 시스템을 통해 박막 증착 시스템의 처리 챔버로 이송되는 막 전구체 증기를 형성한다. 용기(310)는 캐리어 가스 공급 시스템(도시되지 않음)에도 밀폐식으로 연결되고, 이 용기(310)는 막 전구체 증기를 이송하기 위한 캐리어 가스를 수용하도록 형성된다.

[0054] 도 3 및 도 4를 참조하면, 막 전구체 증발 시스템(300)은 용기(310)의 저면(314) 상에 안착하도록 형성된 기반 트레이(330)를 더 포함하고, 기반 트레이(330)는 그 위에 막 전구체(350)를 유지하도록 형성된 기반 외벽(332)을 가진다. 기반 외벽(332)은 기반 서포트 에지(333)를 포함하여, 이하에서 기술하는 바와 같이, 그 위의 상부 트레이를 지지한다. 기반 외벽(332)은 캐리어 가스가 캐리어 가스 공급 시스템(도시되지 않음)으로부터 막 전구체(350) 위로 용기(310)의 중심을 향하여 흐르게 하고, 중앙 유동 채널(318)을 따라 리드(320)의 출구(322)를 통해 막 전구체 증기와 함께 배출되도록 형성된 하나 이상의 기반 트레이 개구(334)를 포함한다. 결국, 기반 트레이(330) 내의 막 전구체의 위치는 기반 트레이 개구(334)의 위치보다 낮아야 한다.

[0055] 도 3을 계속하여 참조하면서, 도 5a 및 5b를 참조하면, 막 전구체 증발 시스템(300)은 막 전구체(350)를 지지하며 적어도 하나의 기반 트레이(330) 또는 다른 적층 가능한 상부 트레이(340) 상에 위치하거나 적층되도록 형성된 하나 이상의 적층 가능한 상부 트레이(340)를 더 포함한다. 각각의 적층 가능한 상부 트레이(340)는 상부 외벽(342) 및 내벽(344)을 포함하여, 막 전구체(350)가 그 사이에서 유지된다. 내벽(344)은 중앙 유동 채널(318)을 형성한다. 상부 외벽(342)은 추가의 상부 트레이(340)를 지지하는 상부 서포트 에지(343)를 더 포함한다. 따라서, 첫번째 상부 트레이(340)는 기반 트레이(330)의 기반 서포트 에지(33) 상에서 지지되도록 배치되고, 필요시에는, 하나 이상의 추가의 상부 트레이가 선행하는 상부 트레이(340)의 상부 서포트 에지(343) 상에서 지지되도록 배치될 수 있다. 각 상부 트레이(340)의 상부 외벽(342)은, 캐리어 가스가 캐리어 가스 공급 시스템(도시되지 않음)으로부터 막 전구체(350) 위로 용기(310)의 중앙 유동 채널(318)을 향하여 흐르게 하여 막

전구체 증기와 함께 리드(320) 내의 출구(322)를 통해 배출되도록 형성된 하나 이상의 상부 트레이 개구(346)를 포함한다. 결국, 내벽(344)은, 캐리어 가스가 실질적으로 중앙 유동 채널(318)을 향해 반경 방향으로 흐르도록 상부 외벽(342)보다 짧아야 한다. 또한, 각 상부 트레이(340) 내에서 막 전구체 높이는 내벽(344)의 높이 이하여야 하고, 상부 트레이 개구(346)의 위치보다 낮아야 한다.

[0056] 기반 트레이(330) 및 적층 가능한 상부 트레이(340)가 원통형으로 도시되어 있다. 그러나, 그 형상은 다양할 수 있다. 예컨대, 트레이의 형상은 직사각형, 정사각형 또는 타원형일 수 있다. 이와 유사하게, 내벽(344), 따라서 중앙 상부 유동 채널(318)은 상이한 형상을 가질 수 있다.

[0057] 하나 이상의 적층 가능한 상부 트레이(340)가 기반 트레이(330) 위에 적층될 때, 적층체(370)가 형성되어, 기반 트레이(330)의 기반 외벽(332)과 용기 외벽(312) 사이, 및 하나 이상의 적층 가능한 상부 트레이(340)의 상부 외벽(342)과 용기 외벽(312) 사이에 환형 공간(360)을 제공한다. 용기(310)는 용기 외벽(312)으로부터 기반 트레이(330)의 기반 외벽(332) 및 하나 이상의 적층 가능한 상부 트레이(340)의 상부 외벽(342)를 이격시키도록 형성된 하나 이상의 스페이서(도시되지 않음)를 더 포함할 수 있고, 이에 따라 환형 공간(360) 내에서 동등한 이격을 보장할 수 있다. 즉, 하나의 실시예에서, 기반 외벽(332)과 상부 외벽(342)이 수직방향으로 정렬되도록 용기(310)가 형성될 수 있다.

[0058] 기반 트레이 및 적층 가능한 상부 트레이를 모두 포함하는 트레이의 개수는 2 내지 20개일 수 있고, 예컨대, 하나의 실시예에서, 트레이의 개수는 도 3에 도시된 바와 같이 5개일 수 있다. 전형적인 실시예에 있어서, 적층체(370)는 기반 트레이(330) 및 기반 트레이(330)에 의해 지지되는 적어도 하나의 상부 트레이(340)를 포함한다. 기반 트레이(330)는 도 3 및 4에 도시된 것과 동일한 것일 수 있고, 또는 도 3 내지 5b에 도시된 상부 트레이(340)와 같은 구성을 가질 수 있다. 즉, 기반 트레이(330)는 내벽을 가질 수 있다. 도 3 내지 5b에서 적층체(370)는 하나 이상의 분리 및 적층 가능한 상부 트레이(340)와 함께 기반 트레이(330)를 포함하는 것으로 도시되어 있지만, 시스템(300')은, 도 6에 도시된 것처럼 하나 이상의 상부 트레이(340)에 일체화되어 기반 외벽(332) 및 상부 외벽(342)이 일체화된 기반 트레이(330)를 가지는 단일 피스를 포함하는 적층체(370')를 구비하는 용기(310')를 포함할 수 있다. 일체화는, 트레이 사이에 인식 가능한 이음매가 없이 일체적으로 성형된 구조와 같은 단일체 구조 및 트레이 사이에 영구적 결합부가 있는 영구적인 접착 또는 기계적 결합 구조를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0059] 기반 트레이(330) 및 적층 가능하거나 일체화된 각각의 상부 트레이는 막 전구체(350)를 지지하도록 형성된다. 하나의 실시예에 따르면, 막 전구체(350)는 고상 전구체를 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 막 전구체(350)는 액상 전구체를 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 막 전구체(350)는 금속 전구체를 포함한다. 또 다른 실시예에 따르면, 막 전구체(350)는 고상 금속 전구체를 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 막 전구체(350)는 금속-카르보닐 전구체를 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 막 전구체(350)는 루테늄-카르보닐 전구체, 예컨대, $Ru_3(CO)_{12}$ 일 수 있다. 또 다른 본 발명의 실시예에 따르면, 막 전구체(350)는 레늄 카르보닐 전구체, 예컨대 $Re_2(CO)_{10}$일 수 있다. 다른 실시예에서, 막 전구체(350)는 $W(CO)_6$, $Mo(CO)_6$, $Co_2(CO)_8$, $Rh_4(CO)_{12}$, $Cr(CO)_6$ 또는 $Os_3(CO)_{12}$일 수 있다.

[0060] 상술한 바와 같이, 막 전구체(350)는 고상 전구체를 포함할 수 있다. 고상 전구체는 고상 파우더의 형태를 취하거나, 하나 이상의 고상 타블렛(tablet)의 형태를 취할 수 있다. 예컨대, 하나 이상의 고상 타블렛은 소결 공정, 스탬핑 공정, 담금 공정, 스핀 온 공정(spin-on process) 또는 이들의 조합에 의해 마련될 수 있다. 또한, 고상 타블렛 형태의 고상 전구체는 기반 트레이(330) 또는 상부 트레이(340)에 부착되거나 부착되지 않을 수 있다. 예컨대, 내화 금속 카르보닐 파우더는 진공 및/또는 불활성 가스 환경에서, 2000 또는 2500 ℃ 이하의 온도에서 소결로 내에서 소결될 수 있다. 예컨대, 소결 공정은, 전구체 파우더에 대한 연화점을 정하는 단계 및 소결 처리중 연화점에서 또는 연화점 근처에서 작동하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, 또한, 내화 금속 카르보닐 파우더는 트레이와 같은 코팅 기판 상에 제공되는 용제와 같은 유체 매개물 내에 살포되어, 스핀 코팅 공정에 의해 코팅 기판의 표면 상에 균등하게 분배될 수 있다. 그 후 스핀 피막은 베이킹되어 잔여 용제가 증발된다. 대안으로, 예컨대, 내화 금속 카르보닐 파우더는 용제와 같은 유체의 욕조 내에 살포될 수 있고, 코팅 기판은 욕조에 담궈질 수 있다. 코팅 기판은 고상 플레이트, 로드 또는 메쉬와 같은 다공성 플레이트를 포함할 수 있다. 그 후, 코팅 기판은 베이킹되어 잔여 용제가 증발된다. 코팅 기판은 기반 트레이(330) 및/또는 상부 트레이(340), 또는 대안으로, 고상 전구체가 기판 트레이(330) 및/또는 상부 트레이 위에 제공된 후에 기판 트레이(330) 및/또는 상부 트레이에 배치되는 분리된 기판일 수 있다.

[0061] 상술한 바와 같이, 캐리어 가스는 캐리어 가스 공급 시스템(도시되지 않음)으로부터 용기(310)로 제공된다. 도 3 및 6에서 도시한 바와 같이, 캐리어 가스는 리드(320)에 밀폐식으로 연결된 가스 공급 라인(도시되지 않음)을 거쳐 리드(320)를 통해 용기(310)에 연결될 수 있다. 가스 공급 라인은 가스 채널(380)을 제공하고, 가스 채널(38)은 용기(310)의 외벽(312)을 통해 아래로 연장되어, 용기(310)의 저면(314)을 통과하여 환형 공간(360)으로 트여있다.

[0062] 도 3을 다시 참조하면, 용기 외벽(312)의 내경은 예컨대, 약 10 ㎝ 내지 약 100 ㎝일 수 있고, 예컨대, 약 15 ㎝ 내지 약 40 ㎝일 수도 있다. 예컨대, 외벽(312)의 내경은 20 ㎝일 수 있다. 출구(322)의 직경 및 상부 트레이(340)의 내벽(344)의 내경은 예컨대 약 1 ㎝ 내지 30 ㎝일 수 있고, 예컨대, 출구 직경 및 내벽 직경은 약 5 내지 약 20 ㎝일 수도 있다. 예컨대, 출구 직경은 10 ㎝일 수 있다. 또한, 기반 트레이(330) 및 각각의 상부 트레이(340)의 외경은 용기(310)의 외벽(312)의 내경의 약 75% 내지 99%일 수 있고, 예컨대, 트레이 직경은 용기(310)의 외벽(312)의 내경의 약 85% 내지 99%일 수 있다. 예컨대, 트레이 직경은 19.75 ㎝일 수 있다. 또한, 기반 트레이(330)의 기반 외벽(332) 및 각각의 상부 트레이(340)의 상부 외벽(342)의 높이는 약 5 ㎜ 내지 약 50 ㎜일 수 있고, 예컨대, 각각의 높이는 약 30 ㎜일 수 있다. 또한, 각 내벽(344)의 높이는 상부 외벽(342)의 높이의 약 10% 내지 약 90%일 수 있다. 예컨대, 각각의 내벽의 높이는 약 2 ㎜ 내지 약 45 ㎜일 수 있고, 예컨대, 약 20 ㎜일 수 있다.

[0063] 도 3을 다시 참조하면, 하나 이상의 기반 트레이 개구(334) 및 하나 이상의 상부 트레이 개구(346)는 하나 이상의 슬롯을 포함할 수 있다. 하나 이상의 기반 트레이 개구(334) 및 하나 이상의 상부 트레이 개구(346)는 하나 이상의 원형 오리피스를 포함할 수도 있다. 예컨대, 각 오리피스의 직경은 약 0.4 ㎜ 내지 약 2 ㎜일 수 있다. 예컨대, 각 오리피스의 직경은 약 1 ㎜일 수 있다. 하나의 실시예에서, 환형 공간(360)을 통과하는 전도성이 오리피스의 순 전도성 보다 충분히 커서 환형 공간(360)을 통해 캐리어 가스가 실질적으로 균일하게 분배되는 것을 유지하도록 오리피스 직경 및 환형 공간(360)의 너비가 선택된다. 예컨대, 오리피스의 개수는 약 2 내지 약 1000개일 수 있고, 또 다른 예로서 약 50 내지 약 100개일 수 있다. 예컨대, 하나 이상의 기반 트래이 개구(334)는 1 ㎜의 직경을 가지는 오리피스를 72개 포함할 수 있고, 하나 이상의 적층 가능한 트레이 개구(346)는 1 ㎜의 직경을 가지는 오리피스를 72개 포함할 수 있으며, 여기서 환형 공간(360)의 너비는 약 2.65 ㎜이다.

[0064] 막 전구체 증발 시스템(300 또는 300')는 도 1의 막 전구체 증발 시스템(50) 또는 도 2의 막 전구체 증발 시스템(150)으로 이용될 수 있다. 시스템(300 또는 300')은 전구체 증기로부터 기판 상에 박막을 증착하기에 적합한 임의의 막 증착 시스템에 이용될 수도 있다.

[0065] 이제 도 7을 참조하면, 기판 상에 박막을 증착하는 방법이 기술되어 있다. 흐름도(700)는 본 발명의 증착 시스템에서 박막을 증착하는 단계를 나타내도록 이용된다. 박막 증착은, 기판 상에 박막을 형성하기 위해 차례로 박막 시스템에 기판을 배치하는 단계(710)로 시작된다. 예컨대, 증착 시스템은 도 1 및 2에서 상술한 증착 시스템 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 증착 시스템은 증착 공정을 용이하게 하는 처리 챔버, 및 처리 챔버에 연결되어 기판을 지지하도록 형성된 기판 홀더를 포함할 수 있다. 그 후, 720 단계에서, 막 전구체가 증착 시스템으로 안내된다. 예컨대, 막 전구체는, 전구체 증기 이송 시스템을 통해 처리 챔버에 연결된 막 전구체 증발 시스템으로 안내된다. 또한, 예컨대, 전구체 증기 이송 시스템은 가열될 수 있다.

[0066] 730 단계에서, 막 전구체는 가열되어 막 전구체 증기를 형성한다. 그 후 막 전구체 증기는 전구체 증기 이송 시스템을 통해 처리 챔버로 이송될 수 있다. 740 단계에서, 기판은 막 전구체 증기를 분해하기에 충분한 온도로 가열되고, 750 단계에서, 기판은 막 전구체 증기에 노출된다. 710 단계 내지 750 단계는 원하는 개수의 기판 상에 금속 막을 증착하기 위해 원하는 횟수만큼 연속하여 반복할 수 있다.

[0067] 하나 이상의 기판 상에 박막을 증착한 후에, 트레이의 적층체(370 또는 370') 또는 하나 이상의 기반 트레이(330) 또는 상부 트레이(340)를 760 단계에서 정기적으로 교체하여, 각 트레이의 막 전구체(350)의 레벨을 보충할 수 있다.

[0068] 본 발명의 단지 특정한 전형적인 실시예를 기술하였으나, 당업자는 본 발명의 새로운 교시 및 장점들로부터 실질적으로 벗어남이 없이 많은 수정이 전형적인 실시예에 가해질 수 있음을 쉽게 이해할 것이다. 따라서, 그러한 모든 수정은 본 발명의 범위 내에 포함되는 것으로 의도된다.

도면의 간단한 설명

[0009] 첨부된 도면에서:

[0010] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 증착 시스템의 개략도.

[0011] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 증착 시스템의 개략도.

[0012] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 막 전구체 증발 시스템의 횡단면도.

[0013] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 막 전구체 증발 시스템에 이용하는 바닥 트레이의 횡단면도.

[0014] 도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 막 전구체 증발 시스템에 이용하는 적층 가능한 상부 트레이의 횡단면도.

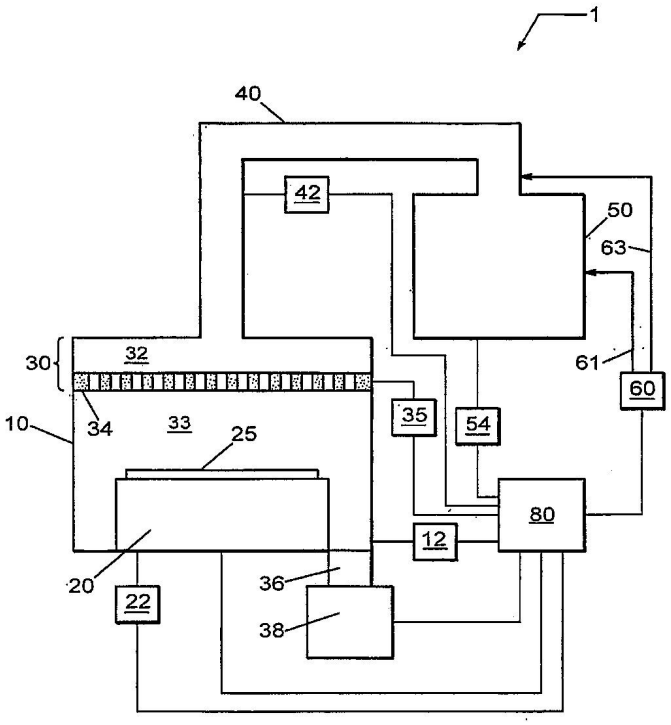
[0015] 도 5b는 도 5a의 트레이의 사시도.

[0016] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 막 전구체 증발 시스템의 사시도.

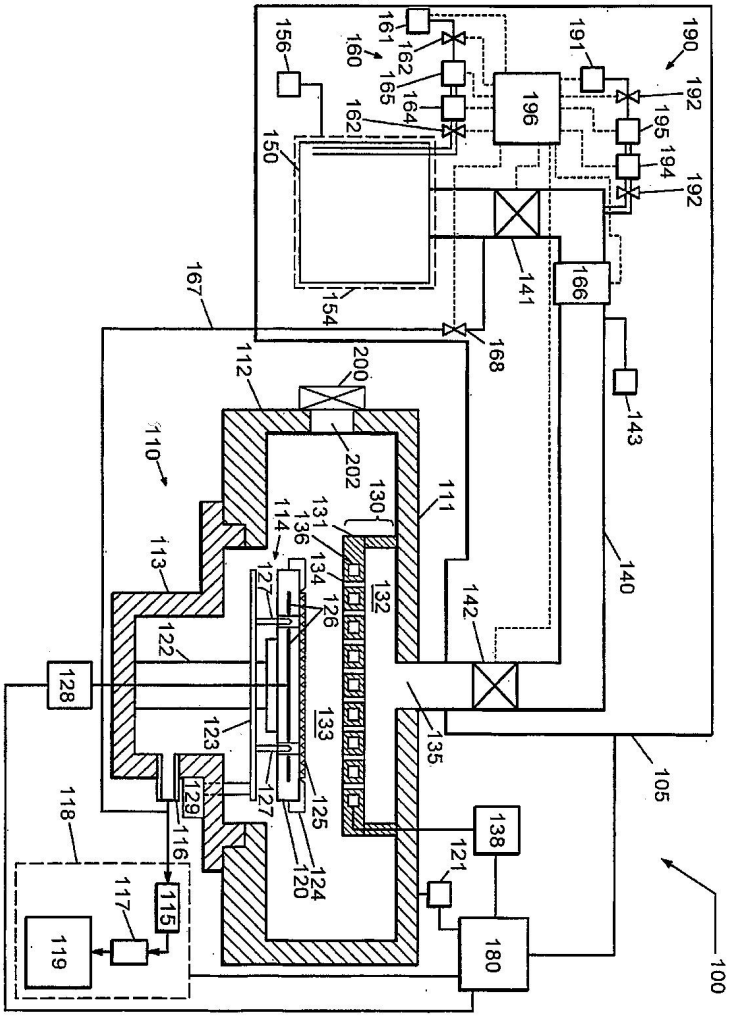
[0017] 도 7은 본 발명의 막 전구체 증발 시스템을 작동하는 방법의 흐름도.

도면

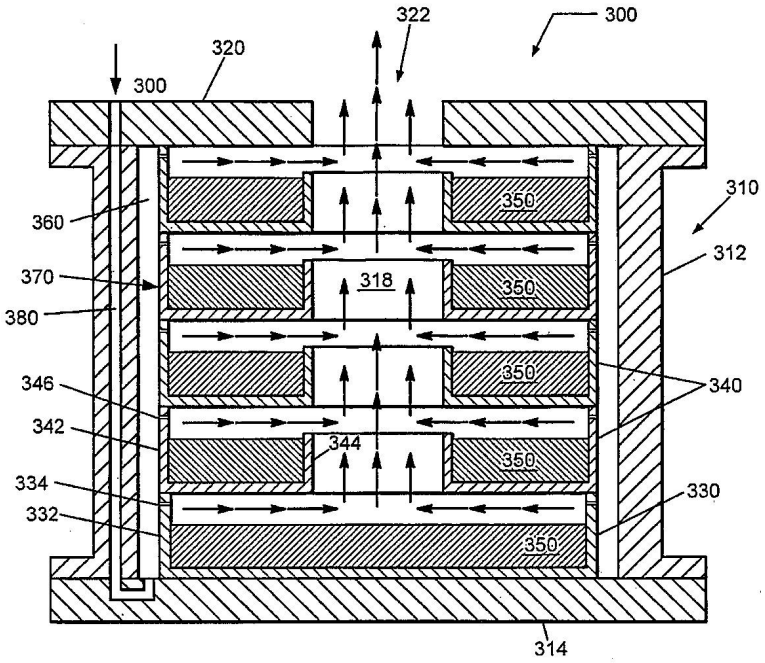
도면1



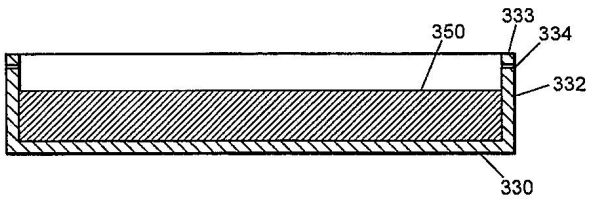
도면2


100
105
110
111
112
113
114
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
138
140
141
142
143
150
154
156
160
161
162
164
165
166
167
168
180
190
191
192
194
195
196
200
202

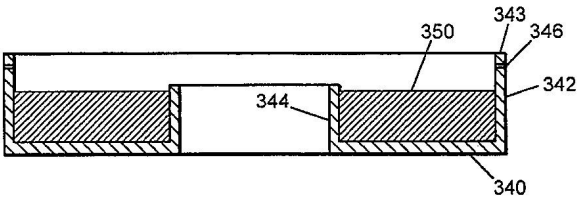
도면3


322
300
320
300
310
360
350
312
370
318
350
380
350
340
346
342
344
350
334
330
332
350
314

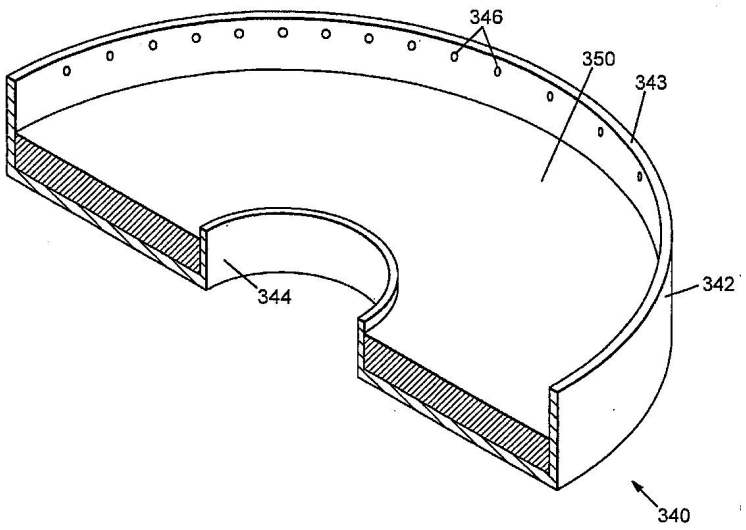
도면4


333
350
334
332
330

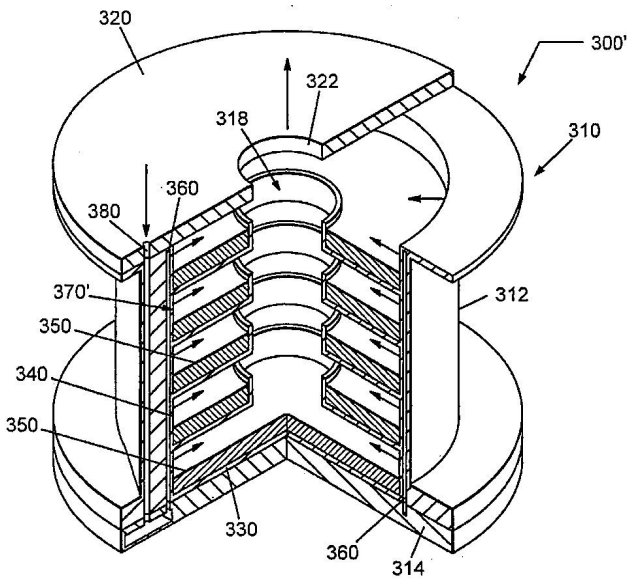
도면5a


343
350
346
342
344
340

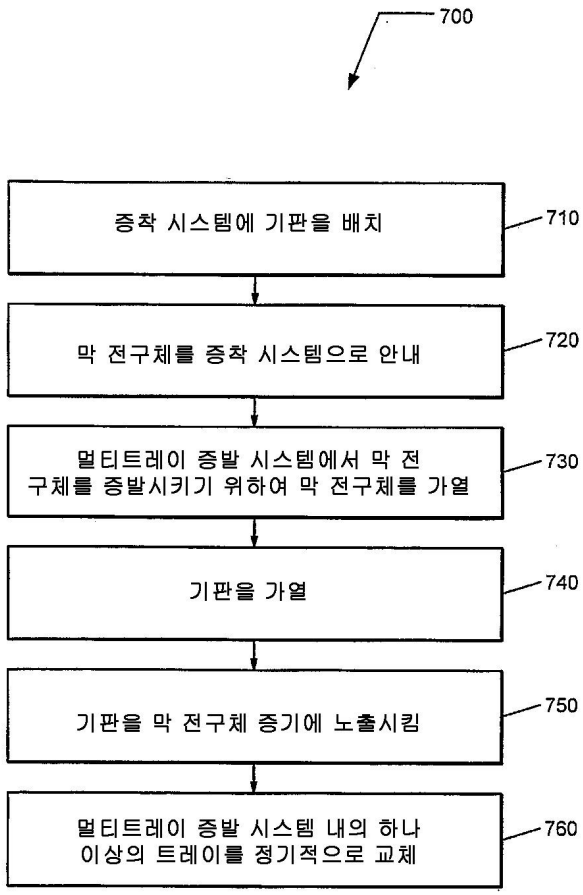
도면5b


346
350
343
342
344
340

도면6


320
300'
322
318
310
360
380
370'
312
350
340
350
330
360
314

도면7


700
증착 시스템에 기판을 배치
710
막 전구체를 증착 시스템으로 안내
720
멀티트레이 증발 시스템에서 막 전구체를 증발시키기 위하여 막 전구체를 가열
730
기판을 가열
740
기판을 막 전구체 증기에 노출시킴
750
멀티트레이 증발 시스템 내의 하나 이상의 트레이를 정기적으로 교체
760