



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0087752
(43) 공개일자 2024년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C09G 1/02 (2006.01) H01L 21/321 (2006.01)	(71) 출원인 도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
(52) CPC특허분류 C09G 1/02 (2013.01) H01L 21/3212 (2013.01)	(72) 발명자 아벨 케이트
(21) 출원번호 10-2024-7010014	미국 텍사스주 78741 오스틴 그로브 블러바드 2400
(22) 출원일자(국제) 2022년08월29일 심사청구일자 없음	(74) 대리인 김태홍, 김진희
(85) 번역문제출일자 2024년03월26일	
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/041873	
(87) 국제공개번호 WO 2023/069198 국제공개일자 2023년04월27일	
(30) 우선권주장 63/257,214 2021년10월19일 미국(US) (뒷면에 계속)	

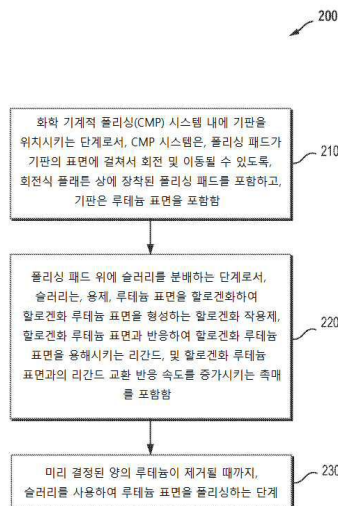
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **할로겐화에 기초하는 루테늄 CMP 화학 물질**

(57) 요약

본 개시물은 루테늄(Ru) 화학 기계적 폴리싱(CMP) 공정에 사용하기 위한 새로운 부식 제어 화학 물질을 제공한다. 보다 구체적으로는, 본 개시물은 루테늄 표면을 평탄화하기 위한 개선된 CMP 슬러리 화학 물질 및 CMP 공정을 제공한다. 본원에 개시된 CMP 공정에서, 루테늄 표면(에칭후 루테늄 표면)은, 루테늄 표면과 반응하여 할로겐화 루테늄 표면을 생성하는 할로겐화 시약, 및 할로겐화 루테늄 표면의 리간드 보조 반응성 용해를 위한 리간드를 포함하는 CMP 슬러리에 노출된다. CMP 슬러리 내에서 리간드 및 할로겐화 작용제의 상대적인 양이 제어될 수 있으므로, 높은 재료 제거율을 제공하면서, 에칭후 표면 형태를 개선하는 확산 제한적 에칭 공정을 제공할 수 있다.

대표도 - 도2



(30) 우선권주장

17/674,579 2022년02월17일 미국(US)

17/674,593 2022년02월17일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

조성물로서,
화학 기계적 폴리싱(CMP) 슬러리를 포함하며,
상기 화학 기계적 폴리싱(CMP) 슬러리는,
용제;
루테늄 표면을 할로겐화하여 할로겐화 루테늄 표면을 형성하는 할로겐화 작용제;
상기 할로겐화 루테늄 표면과 반응하여 상기 할로겐화 루테늄 표면을 용해시키는 리간드; 및
상기 할로겐화 루테늄 표면과의 리간드 교환 반응 속도를 증가시키는 촉매를 포함하는,
조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 CMP 슬러리는 비수성인, 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 CMP 슬러리는 연마제 입자를 포함하는, 조성물.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 CMP 슬러리 내의 상기 리간드 및 상기 할로겐화 작용제의 상대적인 양은, 상기 할로겐화 루테늄 표면의 용해 속도보다 더 빠른 상기 루테늄 표면의 할로겐화 속도를 제공하는, 조성물.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 CMP 슬러리는 산화물 형성 산화제를 포함하지 않는, 조성물.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 CMP 슬러리는 미리 결정된 양의 물 또는 용존 산소를 포함하는, 조성물.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 할로겐화 작용제는 상기 루테늄 표면과 반응하여 자체 제어식 삼염화루테늄(RuCl_3) 패시베이션 층을 형성하는, 조성물.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 할로겐화 작용제는 트리클로로이소시아누르산(TCCA), 염화옥살릴, 염화티오닐, 또는 N-클로로숙신이미드를 포함하는, 조성물.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 할로겐화 작용제는 에틸 아세테이트, 아세톤, 아세토니트릴, 또는 클로로카본 내에 용해되는, 조성물.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 할로겐화 작용제는 염소화 작용제이며,

상기 염소화 작용제는 상기 루테늄 표면과 반응하여 염소화 루테늄 표면을 형성하고,

상기 리간드는 상기 염소화 루테늄 표면과 반응성인, 조성물.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 할로겐화 작용제는 불소화 작용제이며,

상기 불소화 작용제는 상기 루테늄 표면과 반응하여 불소화 루테늄 표면을 형성하고,

상기 리간드는 상기 불소화 루테늄 표면과 반응성인, 조성물.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 할로겐화 작용제는 브롬화 작용제이며,

상기 브롬화 작용제는 상기 루테늄 표면과 반응하여 브롬화 루테늄 표면을 형성하고,

상기 리간드는 상기 브롬화 루테늄 표면과 반응성인, 조성물.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 리간드는 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA), 아세틸아세톤(ACAC), 이미노디아세트산(IDA), 또는 디에틸렌 트리아민펜타아세트산(DTPA)을 포함하는, 조성물.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 촉매는 염기인, 조성물.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 염기는 수산화칼륨(KOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화암모늄(NH₄OH), 또는 수산화테트라메틸암모늄((CH₃)₄NOH)을 포함하는, 조성물.

청구항 16

루테늄을 제거하는 방법으로서,

상기 방법은,

화학 기계적 폴리싱(CMP) 시스템 내에 기관을 위치시키는 단계로서, 상기 CMP 시스템은, 폴리싱 패드가 상기 기

판의 표면에 걸쳐서 회전 및 이동될 수 있도록, 회전식 플레이트 상에 장착된 상기 폴리싱 패드를 포함하고, 상기 기판은 루테튬 표면을 포함하는, 단계;

상기 폴리싱 패드 위에 슬러리를 분배하는 단계로서, 상기 슬러리는, 용제, 상기 루테튬 표면을 할로겐화하여 할로겐화 루테튬 표면을 형성하는 할로겐화 작용제, 상기 할로겐화 루테튬 표면과 반응하여 상기 할로겐화 루테튬 표면을 용해시키는 리간드, 및 상기 할로겐화 루테튬 표면과의 리간드 교환 반응 속도를 증가시키는 촉매를 포함하는, 단계; 및

미리 결정된 양의 루테튬이 제거될 때까지, 상기 슬러리를 사용하여 상기 루테튬 표면을 폴리싱하는 단계를 포함하는,

루테튬을 제거하는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 루테튬 표면의 할로겐화 속도가 상기 할로겐화 루테튬 표면의 용해 속도보다 더 빠르도록, 상기 슬러리 내의 상기 리간드 및 상기 할로겐화 작용제의 상대적인 양을 제어하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 폴리싱 패드 위에 슬러리를 분배하는 단계는, 산화물 형성 산화제를 포함하지 않는 슬러리를 분배하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 할로겐화 작용제는, 상기 루테튬 표면과 반응하여 염소화 루테튬 표면을 형성하는 염소화 작용제를 포함하며,

상기 리간드는 상기 염소화 루테튬 표면과 반응하여 상기 염소화 루테튬 표면을 용해시키는, 방법.

청구항 20

제16항에 있어서,

상기 촉매는 염기인, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 "할로겐화에 기초하는 루테튬 CMP 화학 물질"이라는 명칭으로 2021년 10월 19일자로 출원된 미국 가 특허출원 일련번호 제63/257,214호에 대한 우선권을 주장하며; "할로겐화에 기초하는 루테튬 CMP 화학 물질"이라는 명칭으로 2022년 2월 17일자로 출원된 미국 특허출원 일련번호 제17/674,593호에 대한 우선권을 주장하고; "루테튬의 습식 원자층 에칭을 위한 방법"이라는 명칭으로 2022년 2월 17일자로 출원된 미국 특허출원 일련번호 제17/674,579호에 대한 우선권을 주장하며; 이들의 개시물은 본원에 참조로 명시적으로 포함된다.

배경 기술

[0002] 본 개시물은 반도체 소자 제조에 관한 것이며, 특히 금속과 같은 다결정질 재료의 제거 및 에칭에 관한 것이다. 일상적인 반도체 제조 동안, 기판 상에 형성된 다양한 금속은, 패터닝된 에칭, 화학 기계적 폴리싱(CMP) 뿐만 아니라 다른 기술에 의해 제거될 수 있다. 플라즈마 기반 또는 기상 에칭(건식 에칭으로 달리 지칭됨) 및 액체 기반 에칭(습식 에칭으로 달리 지칭됨)을 포함하는, 기판 상의 층을 에칭하기 위한 다양한 기술이 알려져 있다.

[0003] 화학 기계적 폴리싱(CMP)은 반도체 제조 시에 평탄화를 위한 필수적인 도구가 되었다. CMP는 용제, 연마재 그릿(abrasive grit), 및 폴리싱되는 표면을 부식시키도록 설계된 반응성 화학 물질을 포함하는 슬러리(slurry)를

사용한다. 연마제 그릿의 작용 및 표면 반응의 조합은 표면 상의 상승된 지점에서의 향상된 재료 제거를 유발하므로, 표면을 평탄화시킨다.

[0004] 화학 기계적 폴리싱의 한 가지 문제는 표면 부식이다. 표면 부식은, 피팅(pitting), 기관의 표면 상의 부식 생성물의 축적, 및 불용성 생성물의 기계적 제거로 인한 표면 손상을 방지하도록 적절히 제어되어야 한다. 그러나, 표면 부식 제어는, 처리량을 희생시키면서 이루어져서는 안된다. 즉, 부식율은 대량 제조와 호환되는 재료 제거율을 지원하도록 충분히 높아야 한다.

[0005] 루테튬(Ru)은, 매설 전력 레일(능동 소자 아래에 위치된 전력 레일)과 같은 라인 전단(FEOL) 형상부(feature) 뿐만 아니라, 라인 후단(BEOL) 금속 배선에서 구리에 대한 대체물로서 현재 고려되고 있는 귀금속이다. 그러나, 루테튬의 고결성(nobility)은 Ru를 에칭하여 평탄화하기 어렵게 만든다.

[0006] 예를 들어, "습식 원자층 에칭 시의 동적으로 조정된 퍼지 타이밍"이라는 명칭으로 2022년 1월 21일자로 출원된 공동 계류 중인 미국 특허출원 일련번호 제17/580,936호는, 루테튬을 포함하는 다양한 전이 금속을 에칭하기 위한 습식 ALE 공정을 설명한다. 공동 계류 중인 출원에서, Ru 금속의 표면을 산화제에 노출시켜서 노출된 표면 상에 금속-산화물을 형성함으로써, 변형된 표면 층이 형성된다. 이산화루테튬(RuO_2) 표면 층은, 용존 산소 또는 다른 산화제를 포함하는 화학 용액을 사용하여 형성하기에 용이하지만, 이러한 표면 산화물의 안정성 및 불용성은 에칭 공정 시에 다루기 어렵게 만든다. 따라서, 전형적으로, 가용성 또는 휘발성 루테튬-산화물 화합물을 생성하기 위해, 통상적인 에칭 공정 시에 강한 산화제가 사용된다.

[0007] 상업적으로 입수 가능한 일부 루테튬 에천트는, 루테튬 표면을 산화시켜서 사산화루테튬(RuO_4)을 생성하는, 하이포아염소산나트륨, 세륨 질산암모늄, 및 과요오드산과 같은, 강한 산화제를 포함한다. 이들 화학 물질 중에서, 가장 효과적인 에천트인, 세륨 질산암모늄 및 하이포아염소산나트륨은, 이들이 후속적으로 형성된 소자 내에서 금속 오염 위험을 제거하기 때문에 문제가 있다. 예를 들어, 라인 전단에서의 미량의 나트륨 또는 세륨의 혼입은 트랜지스터 성능을 크게 저하시킬 수 있다. 반면에, 과요오드산은 비용이 많이 들어서, 루테튬에 대한 비용 효율적인 에칭 공정을 제공하기 위해 사용될 수 없다.

[0008] 루테튬을 에칭하기 위해 사용되는 통상적인 에칭 공정의 다른 문제는, 이들이 거친 에칭후 표면을 생성하는 경향이 있다는 점이다. 이는 루테튬 결정립계가 결정 표면에 비해 훨씬 더 반응성인 경향이 있어서, 결정 표면에 비해 결정립계에서 우선적인 에칭을 유발하기 때문이다. 따라서, 에칭후 루테튬 표면을 평활하게 하기 위해 통상적인 공정에서 화학 기계적 폴리싱이 흔히 사용된다.

[0009] 루테튬 에칭 화학 물질과 마찬가지로, 통상적인 루테튬 CMP 슬러리는 일반적으로 강한 산화제에 의존함으로써 루테튬 표면을 부식시킨다. 에칭과 마찬가지로, 이러한 산화제는 결정립계에서 우선적으로 반응하는 경향이 있어서, CMP 동안 Ru 표면의 피팅을 유발한다. 피팅을 감소시키기 위해 덜 능동적인 산화제가 사용될 수 있지만, CMP 슬러리 내의 이러한 산화제의 사용은, 훨씬 더 낮은 재료 제거율을 유발한다. 부식 생성물은 더 이상 가용성이 아니기 때문에 재료 제거율이 상당히 감소하므로, 기계적 폴리싱이 재료 제거를 위한 유일한 공정이 된다.

[0010] 따라서, 높은 재료 제거율을 제공하면서 에칭후 표면의 평활화를 개선하는, 새로운 루테튬 CMP 슬러리 화학 물질이 필요하다.

발명의 내용

[0011] 본 개시물은 루테튬(Ru) CMP 공정에 사용하기 위한 새로운 부식 제어 화학 물질을 제공한다. 보다 구체적으로는, 본 개시물은 루테튬 표면의 할로겐화를 사용하여 루테튬 할로겐화물 또는 루테튬 옥시할라이드(oxyhalide) 표면 중간체를 형성하고, 반응성 용해를 사용하여 루테튬 할로겐화물 또는 루테튬 옥시할라이드 표면 중간체를 화학적으로 제거하는, 새로운 루테튬 CMP 슬러리 화학 물질을 제공한다. 루테튬 표면의 할로겐화는, 화학적 할로겐화 작용제의 라디칼 할로겐화를 사용하여 달성될 수 있다. 그 자체로, 할로겐화는 자체 제어식(self-limiting)이며, 반응성 용해의 반응 속도(kinetics)는 온도 의존적이다. 할로겐화의 자체 제어 특성은 루테튬 표면의 피팅을 제한한다. 용해의 온도 의존적 반응 속도는, 기계적 폴리싱 공정이 표면 상의 높은 지점 주위의 국부적인 온도를 상승시킴에 따라, 루테튬 표면의 평탄화를 추가로 보조한다.

[0012] 일 실시형태에 따라, 루테튬 표면을 평탄화하기 위한 개선된 화학 기계적 폴리싱(CMP) 공정이 본원에서 제공된다. 본원에 개시된 CMP 공정에서, 루테튬 표면(예를 들어, 에칭후 루테튬 표면)은, 루테튬 표면과 반응하여 루테튬 할로겐화물 또는 옥시할라이드 표면을 생성하는 할로겐화 시약(halogenation reagent), 및 루테튬 할로겐화물 또는 옥시할라이드 표면의 리간드 보조 반응성 용해를 위한 리간드를 포함하는 CMP 슬러리에 노출될 수 있

다. CMP 슬러리 내의 리간드 및 할로겐화 작용제의 상대적인 양이 제어될 수 있으므로, 높은 재료 제거율을 제공하면서, 에칭후 표면 형태를 개선하는 확산 제한적 에칭 공정을 제공할 수 있다.

- [0013] 이러한 공정을 위해, 비수성 용제(예를 들어, 에틸 아세테이트(EA)) 내의 다양한 할로겐화 시약(예를 들어, 트리클로로이소시아누르산(TCCA))이 사용될 수 있다. 루테늄 할로겐화물 또는 옥시할라이드 표면은 비수성 용제에 불용성이기 때문에, 루테늄 할로겐화물 또는 옥시할라이드 표면의 화학적 제거를 촉진시키기 위해, 리간드 보조 반응성 용해가 사용된다. 루테늄 할로겐화물 또는 옥시할라이드 표면의 반응성 용해를 위해, 다양한 리간드(예를 들어, 아세틸 아세톤(ACAC) 또는 아미노폴리카복실산)가 사용될 수 있다.
- [0014] 다른 실시형태에 따라, 새로운 CMP 슬러리를 포함하는 조성물이 본원에서 제공된다. 전반적으로, 새로운 CMP 슬러리는, 용제; 루테늄 표면을 할로겐화하여 할로겐화 루테늄 표면을 형성하는 할로겐화 작용제; 할로겐화 루테늄 표면과 반응하여 할로겐화 루테늄 표면을 용해시키는 리간드; 및 할로겐화 루테늄 표면과의 리간드 교환 반응 속도를 증가시키는 촉매를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, CMP 슬러리 내의 리간드 및 할로겐화 작용제의 상대적인 양은, 할로겐화 루테늄 표면의 용해 속도보다 더 빠른 루테늄 표면의 할로겐화 속도를 제공하도록 선택될 수 있다.
- [0015] 일부 실시형태에서, 본원에 설명된 CMP 슬러리는 할로겐화 작용제를 포함하지만, 산화물 형성 산화제를 포함하지 않는다. 본원에서 사용되는 바와 같은 산화물 형성 산화제는, 루테늄 표면과 반응하여 루테늄 표면 상에 루테늄-산화물 층을 형성하는 산화제이다. 할로겐화 작용제는 루테늄 표면을 할로겐화하여 화학적으로 산화시킬 수 있지만, 이는 루테늄 표면과 반응하여 루테늄 표면 상에 루테늄-산화물 층을 형성하지 않는다.
- [0016] 다른 실시형태에서, 본원에 설명된 CMP 슬러리는, 할로겐화 작용제 및 산화물 형성 산화제를 포함할 수 있다. 예를 들어, CMP 슬러리는, 미리 결정된 양의 물 또는 용존 산소를 더 포함할 수 있다. 물 또는 용존 산소와 같은 산화물 형성 산화제가 있을 때 할로겐화가 수행되는 경우, 루테늄-산화물-할로겐 층을 포함하는 할로겐화 루테늄 표면이 루테늄 표면 상에 생성된다. 루테늄-산화물-할로겐 층은 대체로 할로겐화 루테늄 표면 층보다 더 가용성이기 때문에, 루테늄-산화물-할로겐 층의 존재는 CMP 공정에서 재료 제거율을 증가시킨다.
- [0017] 일부 실시형태에서, CMP 슬러리 내에 포함된 할로겐화 작용제는 염소화 작용제일 수 있다. 이러한 실시형태에서, 염소화 작용제는 루테늄 표면과 반응하여 염소화 루테늄 표면을 형성할 수 있으며, 리간드는 염소화 루테늄 표면과 반응성일 수 있다.
- [0018] 일부 실시형태에서, 할로겐화 작용제는, 용제 내에 용해된 염소화 작용제를 포함할 수 있다. 예를 들어, 염소화 작용제는 트리클로로이소시아누르산(TCCA), 염화옥살릴, 염화티오닐, 또는 N-클로로숙신이미드일 수 있으며, 용제는 에틸 아세테이트, 아세톤, 아세토니트릴, 또는 클로로카본일 수 있다. 이러한 실시형태에서, 할로겐화 작용제는 루테늄 표면과 반응하여 자체 제어식 RuCl₃ 패시베이션 층을 형성할 수 있다.
- [0019] 본원에 개시된 할로겐화 작용제는 염소화 작용제로 엄격히 제한되지 않음을 유의한다. 일부 실시형태에서, 예를 들어, 할로겐화 작용제는 불소화 작용제일 수 있다. 이러한 실시형태에서, 불소화 작용제는 루테늄 표면과 반응하여 불소화 루테늄 표면을 형성할 수 있으며, 리간드는 불소화 루테늄 표면과 반응성일 수 있다. 다른 실시형태에서, 할로겐화 작용제는 브롬화 작용제일 수 있다. 이러한 실시형태에서, 브롬화 작용제는 루테늄 표면과 반응하여 브롬화 루테늄 표면을 형성할 수 있으며, 리간드는 브롬화 루테늄 표면과 반응성일 수 있다.
- [0020] 일부 실시형태에서, CMP 슬러리 내에 포함된 리간드는, 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA), 아세틸아세톤(ACAC), 이미노디아세트산(IDA), 또는 디에틸렌트리아민펜타아세트산(DTPA)을 포함할 수 있으며, 촉매는 염기일 수 있다. 할로겐화 루테늄 표면과의 리간드 교환 반응 속도를 증가시키기 위해 CMP 슬러리 내에 포함될 수 있는 염기의 실시예는, 수산화칼륨(KOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화암모늄(NH₄OH) 및 수산화테트라메틸암모늄((CH₃)₄NOH)을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.
- [0021] 일부 실시형태에서, CMP 슬러리는 비수성일 수 있으며, 연마제 입자를 포함할 수 있다. 예시적인 구현예에서, 본원에 개시된 CMP 슬러리는 용제로서 EA를 사용할 수 있으며, 나노입자 연마제(예를 들어, 이산화규소(SiO₂)), 할로겐화 시약(예를 들어, TCCA), 리간드(예를 들어, 아미노폴리카복실산), 및 리간드 보조 반응성 용해를 촉진시키기 위한 염기를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 따라서, 본원에 개시된 기술은, 루테늄 표면 상에 루테늄-할로겐 화합물을 생성하기 위해 주로 할로겐화를 사용하고, 루테늄-할로겐 화합물의 화학적 제거를 위해 리간드 보조 반응성 용해를 사용하는, 루테늄 CMP 공정 및 루테늄 CMP 슬러리를 제공한다. 상이한 리간드가 상이한 속도로 할로겐화 표면과 반응하기 때문에, 다양한 상이

한 리간드를 사용하여, 주어진 CMP 공정 동안 달성되는 화학적 에칭율을 조정할 수 있다. 본원에 설명된 CMP 공정 및 CMP 슬러리의 한 가지 이점은, 루테튬-할로젠 화합물의 화학적 및 기계적 특성이 CMP 공정에 더 순응적이라는 점이다. 따라서, 본원에 설명된 CMP 공정 및 CMP 슬러리는, 높은 재료 제거율을 제공하면서, 에칭후 루테튬 표면의 평활화를 개선한다.

[0023] 본원에 추가로 설명되는 바와 같이, 본 개시물은 루테튬 표면을 평탄화하기 위한 본원에 개시된 새로운 CMP 화학 물질을 사용하는 방법의 다양한 실시형태를 제공한다. 물론, 명확성을 위해 본원에서 설명되는 바와 같은 상이한 단계들의 설명의 순서가 제시되었다. 일반적으로, 이러한 단계는 임의의 적합한 순서로 수행될 수 있다. 추가적으로, 본원의 각각의 상이한 특징, 기술, 구성 등이 본 개시물의 상이한 곳에서 설명될 수 있지만, 각각의 개념은 서로 독립적으로 또는 서로 조합하여 수행될 수 있는 것으로 의도된다. 따라서, 본 발명은 다수의 상이한 방식으로 구현되고 고려될 수 있다.

[0024] 일 실시형태에 따라, 루테튬을 제거하기 위한 방법이 본원에 제공된다. 전반적으로, 방법은 화학 기계적 폴리싱(CMP) 시스템 내에 기관을 위치시키는 단계로 시작될 수 있으며, CMP 시스템은, 폴리싱 패드가 기관의 표면에 걸쳐서 회전 및 이동될 수 있도록, 회전식 플레이트(platen) 상에 장착된 폴리싱 패드를 포함하고, 기관은 루테튬 표면을 포함한다. 그 다음, 방법은 폴리싱 패드 위에 슬러리를 분배하는 단계를 포함할 수 있다. 전반적으로, 슬러리는, 용제; 루테튬 표면을 할로젠화하여 할로젠화 루테튬 표면을 형성하는 할로젠화 작용제; 할로젠화 루테튬 표면과 반응하여 할로젠화 루테튬 표면을 용해시키는 리간드; 및 할로젠화 루테튬 표면과의 리간드 교환 반응 속도를 증가시키는 촉매를 포함할 수 있다. 그 다음, 방법은, 미리 결정된 양의 루테튬이 제거될 때까지, 슬러리를 사용하여 루테튬 표면을 폴리싱하는 단계를 포함할 수 있다.

[0025] 일부 실시형태에서, 방법은, 루테튬 표면의 할로젠화 속도가 할로젠화 루테튬 표면의 용해 속도보다 더 빠르도록, 슬러리 내의 리간드 및 할로젠화 작용제의 상대적인 양을 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0026] 일부 실시형태에서, 상기 폴리싱 패드 위에 슬러리를 분배하는 단계는, 산화물 형성 산화제를 포함하지 않는 슬러리를 분배하는 단계를 포함할 수 있다. 다른 실시형태에서, 상기 폴리싱 패드 위에 슬러리를 분배하는 단계는, 할로젠화 작용제 및 산화물 형성 산화제를 포함하는 슬러리를 분배하는 단계를 포함할 수 있다.

[0027] 일부 실시형태에서, 할로젠화 작용제는, 루테튬 표면과 반응하여 염소화 루테튬 표면을 형성하는 염소화 작용제를 포함할 수 있다. 이러한 실시형태에서, 리간드는 염소화 루테튬 표면과 반응하여 염소화 루테튬 표면을 용해시킬 수 있다. 일부 실시형태에서, 염소화 루테튬 표면과의 리간드 교환 반응 속도를 증가시키는 촉매는 염기일 수 있다.

[0028] 이러한 요약 부분은 본 개시물 또는 청구된 발명의 모든 실시형태 및/또는 점진적으로 새로운 양태를 명시하지 않는다는 점을 유의한다. 대신에, 이러한 요약은 통상적인 기술에 비해 상이한 실시형태 및 해당 신규성 요소에 대한 예비적인 설명만을 제공한다. 본 발명 및 실시형태의 추가적인 세부 사항 및/또는 가능한 관점에 대하여, 독자는 아래에 추가로 설명되는 바와 같은 본 개시물의 상세한 설명 부분 및 해당 도면을 참조한다.

도면의 간단한 설명

[0029] 본 발명 및 이의 이점의 더 완전한 이해는 첨부된 도면과 함께 고려되는 이하의 설명을 참조함으로써 달성될 수 있으며, 첨부된 도면에서 유사한 참조 번호는 유사한 특징부를 나타낸다. 그러나, 첨부된 도면은 개시된 개념의 예시적인 실시형태만을 도시하므로 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안되며, 개시된 개념에 대해 동일하게 효과적인 다른 실시형태가 허용될 수 있음을 유의해야 한다.

도 1은 화학 기계적 폴리싱(CMP) 시스템의 블록도이다.

도 2는 본원에 설명된 기술을 사용하는 방법의 일 실시형태를 도시하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 액체(습식) 화학 물질로 루테튬을 에칭하는 단계는, 통상적으로 강한 산화제를 사용하여 가용성 루테튬 종을 생성한다. 현재 입수 가능한 Ru 예천트는 세륨 질산암모늄, 과요오드산, 및 하이포아염소산염 이온을 사용하여, RuO₄ 또는 관련 수화 종으로서 금속성 Ru⁰ 내지 Ru⁸⁺을 산화시킨다. 그러나, 이러한 산화는, 결정립계에서의 루테튬의 증가된 반응성으로 인해 거친 에칭후 표면을 남긴다. 통상적인 루테튬 습식 에칭 공정의 다른 단점은, 반응 생성물이 매우 가용성이라는 점이다. 이러한 가용성은 산화 제한적 에칭을 유발하여, 에칭 동안 거칠기 형

성만을 악화시킨다. 이러한 단점은, 이러한 동일한 산화제가 Ru CMP 슬러리의 일부로서 사용되는 경우 증폭된다. 따라서, 보다 적절한 루테늄 제거를 위해, Ru CMP에 사용하기 위한 새로운 에칭 화학 물질이 필요하다.

[0031] 본 개시물은 루테늄(Ru) 표면을 평탄화하기 위한 새로운 CMP 슬러리 화학 물질을 제공한다. 아래에 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 본원에 설명된 Ru CMP 슬러리는, 루테늄 표면을 화학적으로 변형시켜서 루테늄 표면 상에 루테늄 할로겐화물 또는 옥시할라이드 패시베이션 층을 형성하기 위한 할로겐화 작용제; 루테늄 할로겐화물 또는 옥시할라이드 패시베이션 층의 반응성 용해를 위한 리간드(또는 리간드들); 리간드 반응 속도를 증가시키기 위한 강한 염기 또는 다른 촉매; 및 비수성 용제 내의 연마제 분쇄 매체를 포함한다. 또한, 계면활성제 또는 다른 안정제를 사용하여, 이러한 모든 성분이 CMP 슬러리 내에 용해되거나 현탁된 상태를 유지하도록 보조할 수 있다.

[0032] 루테늄을 평탄화하기 위해 사용되는 통상적인 CMP 슬러리 화학 물질과 달리, 본원에 개시된 CMP 슬러리 화학 물질은, 통상적인 Ru CMP 슬러리로 달성되는 더 높은 산화 상태 대신에 Ru⁰ 내지 Ru³⁺을 산화시키는 것에 중점을 둔다. 더 낮은 산화 상태를 사용함으로써, 가용성 및 불용성 루테늄 생성물 둘 모두를 생성하기 위한 옵션을 제공하는 이점이 있다. 본원에 개시된 CMP 슬러리 화학 물질은, 루테늄 표면의 산화 대신에 할로겐화를 주로 사용하여, 루테늄 할로겐화물 또는 옥시할라이드 패시베이션 층을 형성함으로써, 더 낮은 산화 상태를 달성한다. 금속성 Ru⁰의 직접적인 할로겐화는, Ru³⁺X₃(여기서 X는 할로젠임)의 형성을 유발한다. 일부 실시형태에서, 염소화 작용제, 불소화 작용제 또는 브롬화 작용제를 포함하는 CMP 슬러리에 루테늄 표면을 노출시킴으로써, 할로겐화가 달성될 수 있다.

[0033] 루테늄 표면의 염소화는, 트리클로로이소시아누르산(TCCA), 염화옥살릴, 염화티오닐, 및 N-클로로숙신이미드와 같은, 다양한 염소화 시약을 사용하여 달성될 수 있다. 이러한 염소화 작용제에 루테늄 표면을 노출시킴으로써, 루테늄 표면을 화학적으로 변형시켜서, 이에 제한됨이 없이 삼염화루테늄(RuCl₃)과 같은, 염화루테늄 패시베이션 층을 형성한다. 이는 염화루테늄 패시베이션 층을 형성하기 위해 사용될 수 있는 모든 가능한 염소화 작용제의 완전한 목록이 아니라는 점을 유의한다. 또한, 루테늄 표면이 다른 할로겐화 작용제에 노출되어, 다른 루테늄 할로겐화물 또는 옥시할라이드 패시베이션 층을 형성할 수 있음을 유의한다. 예를 들어, 루테늄 표면의 불소화 또는 브롬화는, 1-플루오로-2,4,6-트리메틸피리디늄 테트라플루오로보레이트, N-플루오로벤젠술폰이미드, N-브로모숙신이미드, 또는 디브로모이소시아누르산과 같은, 불소화 또는 브롬화 작용제를 사용하여 달성될 수 있다. 이러한 할로겐화 작용제에 노출된 경우, 불화루테늄 또는 브롬화루테늄 패시베이션 층이 루테늄 표면 상에 형성된다. 할로겐화 작용제는 일반적으로 물에 의해 가수분해된다. 따라서, 사용된 할로겐화 작용제와 관계없이, 할로겐화는, 가수분해가 일어나지 않는 용제 또는 용제 혼합물에서 이루어져야 한다.

[0034] 예시적인 일 실시형태에서, 본 개시물에 따른 CMP 슬러리는, 에틸 아세테이트(EA), 아세톤, 아세토니트릴, 또는 클로로카본과 같은 비수성 용제 내에 용해된 TCCA를 포함할 수 있다. Ru⁰는, 에틸 아세테이트와 같은 비수성 용제 내의 TCCA에 노출된 경우, 빠르게 반응하여 자체 제어식 염화루테늄(RuCl₃) 패시베이션 층을 형성한다. 물 또는 용존 산소와 같은 산화물 형성 산화제가 염소화 반응 동안 존재하는 경우, 자체 제어식 염화루테늄 패시베이션 층은 Ru_xO_yCl_z 층을 더 포함할 수 있다. "자체 제어식"은, 주어진 에칭 용액이 루테늄 표면과 얼마나 오래 접촉되는지와 관계없이, 제한된 두께의 루테늄 표면만이 변형되거나 제거됨을 의미한다. 자체 제어식 반응은, 하나 이상의 반응 단분자층 또는 부분적인 반응 단분자층에 의해 제한될 수 있다. 염화루테늄 패시베이션 층은, 일단 생성되면, 리간드 교환 반응을 통해 가용화될 수 있다. 비수성 TCCA 용액에 반응성 리간드를 첨가함으로써, 연속적인 에칭 공정에 대해 자체 제어식 표면 패시베이션으로부터 본원에 설명된 CMP 슬러리 화학 물질을 변형시킨다.

[0035] 리간드 보조 반응성 용해를 통해 염화루테늄 패시베이션 층을 화학적으로 제거하기 위해, 다양한 리간드가 CMP 슬러리 내에 사용될 수 있다. 예를 들어, 아세틸 아세톤(ACAC) 또는 아미노폴리카복실산과 같은 리간드는, 불용성 RuCl₃의 리간드 보조 용해를 위해 효과적이다. 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA)은, RuCl₃과 반응하여 루테늄 아미노폴리카복실레이트를 형성하는 예시적인 아미노폴리카복실산이다. 불용성 RuCl₃의 반응성 용해를 위한 대안적인 리간드는, 이미노디아세트산(IDA) 및 디에틸렌트리아민펜타아세트산(DTPA)을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. EDTA, IDA, 및 DTPA는 수용액 내에 사용될 수 있는 반면에, ACAC는 수용액, 에탄올, 디메틸 술폰(DMSO) 또는 다른 유기 용제 내에 사용될 수 있다. 일부 실시형태에서, CMP 슬러리 내에 포함된 리간드 또는

리간드들은, 주어진 CMP 공정 동안 달성되는 화학적 에칭율을 조정하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 상이한 리간드는, 상이한 속도로 염화루테튬 패시베이션 층(또는 다른 할로겐화 루테튬 표면 층)과 반응한다. 반응의 반응 속도는 사용된 리간드의 반응성에 크게 의존하기 때문에, 주어진 CMP 공정 동안 달성되는 화학적 에칭율을 조정하기 위해, 상이한 리간드가 선택되어 사용될 수 있다.

[0036] 리간드 교환 반응(예를 들어, EDTA를 Cl 리간드로 치환함)은 염기 촉매화된다. 따라서, 리간드의 반응성 음이온 형태를 형성하기 위해, EDTA(또는 ACAC)를 탈양성화(deprotonate)하기 위한 염기가 CMP 슬러리 내에 필요하다. 리간드를 탈양성화하기 위해, 수산화칼륨(KOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화암모늄(NH₄OH), 수산화테트라메틸암모늄((CH₃)₄NOH), 및 다른 강한 염기와 같은, 다양한 염기가 CMP 슬러리 내에 사용될 수 있다. 비수성 염기(예를 들어, 4기 수산화암모늄, 트리알킬아민) 또는 염기성 용제(예를 들어, 아미노 알코올)가 사용될 수도 있다.

[0037] 따라서, 일 실시형태에서, 본원에 설명된 CMP 슬러리는, 루테튬 표면과의 염소화 반응을 촉진시켜서 루테튬 표면 상에 염화루테튬(예를 들어, RuCl₃) 패시베이션 층을 형성하기 위한 TCCA; 염화루테튬 패시베이션 층의 리간드 보조 반응성 용해를 위한 ACAC 또는 EDTA와 같은 리간드; 및 리간드 반응 속도를 증가시키고 루테튬 표면을 연속적으로 에칭하기 위한 염기 또는 다른 촉매를 포함할 수 있다. 염소화 반응 및 리간드 보조 용해 반응의 상대적인 반응 속도는, 슬러리 용액 내의 TCCA 및 리간드의 농도를 변경함으로써 조정될 수 있다.

[0038] 위에 언급된 바와 같이, 통상적인 루테튬 습식 에칭 화학 물질 및 CMP 슬러리는 산화 제한적 에칭에 의존하며, 이에 따라 에칭 및 평탄화 동안 표면 거칠기를 증가시킨다. 대조적으로, 본원에 설명된 기술은, 전체적인 에칭 반응이 용해 제한적이도록 보장함으로써(즉, 할로겐화 속도가 리간드 보조 용해 속도보다 훨씬 더 빠르도록 보장함으로써) 에칭후 표면 형태를 개선한다. 이는 루테튬 표면의 할로겐화 속도가 할로겐화 루테튬 표면의 용해 속도보다 더 빠르도록, CMP 슬러리 내에 포함된 리간드 및 할로겐화 작용제의 상대적인 양을 조정함으로써, 할로겐화 반응 속도 및 용해 반응 속도가 독립적으로 제어될 수 있기 때문에, 본원에 설명된 기술을 통해 달성될 수 있다. 현재 입수 가능한 산화제 기반 에칭 화학 물질은 이러한 독립적인 제어가 없다.

[0039] 일부 실시형태에서, 본원에 설명된 CMP 슬러리는 할로겐화 작용제를 포함하지만, 물 또는 용존 산소와 같은 산화물 형성 산화제가 없다. 다른 실시형태에서, CMP 슬러리는, 할로겐화 작용제 및 산화물 형성 산화제 둘 모두를 포함할 수 있다. 예시적인 일 실시형태에서, 전술한 CMP 슬러리는, 미리 결정된 양의 물 또는 용존 산소를 더 포함할 수 있다. 물 또는 용존 산소와 같은 산화물 형성 산화제가 있을 때 염소화가 수행되는 경우, RuO_xCl_y 종을 포함하는 염화루테튬(예를 들어, RuCl₃) 패시베이션 층이 루테튬 표면 상에 생성된다. RuO_xCl_y 종은 대체로 염화루테튬 패시베이션 층보다 더 가용성이기 때문에, 루테튬 표면 상의 RuO_xCl_y 종의 존재는, CMP 공정에서 달성되는 재료 제거율을 증가시킨다.

[0040] 전술한 액체 성분과 더불어, 본원에 설명된 CMP 슬러리는, 루테튬 표면을 기계적으로 분쇄하기 위해, 실리카, 알루미늄, 세리아, 또는 다른 나노입자와 같은, 연마제 매체를 더 포함할 수 있다. 이러한 기계적 분쇄는, 웨이퍼 표면 상의 높은 지점에서 국부적인 온도를 상승시킨다. 이러한 국부적인 가열은 에칭 반응 속도를 증가시키는 역할을 하여, 웨이퍼를 평탄화하도록 보조한다. RuCl₃를 가용화하기 위해 사용되는 리간드 교환 반응은 온도에 매우 민감하기 때문에, 높은 지점에서 유발된 국부적인 가열은, 그러한 영역에서 국부적인 에칭율을 증가시키는 데 매우 효과적이다.

[0041] 새로운 CMP 슬러리와 더불어, 본 개시물은 루테튬 표면을 평탄화하기 위해 본원에 개시된 CMP 슬러리 화학 물질을 사용하는 개선된 CMP 공정을 제공한다. 본원에 개시된 CMP 공정은, 다양한 CMP 도구 및 시스템에서 사용될 수 있다. 도 1은 회전식 플래튼(110) 위에 장착된 폴리싱 패드(105), 및 폴리싱 패드(105)의 상부 위에 슬러리(120)를 분배하기 위한 슬러리 디스펜서(115)를 포함하는 CMP 시스템(100)의 일 실시예를 도시한다. 플래튼(110)이 회전함에 따라, 플래튼(110)의 운동에 의해 폴리싱 패드(105)의 표면 위에 슬러리(120)가 분배된다. 웨이퍼 캐리어(125)는 웨이퍼(130)(예를 들어, 반도체 기판)를 홀딩 및 위치시키고, 웨이퍼 표면과 폴리싱 패드(105) 사이에 하향 작용력을 가한다. 웨이퍼 캐리어(125)는 플래튼(110)을 따라 반경 방향으로 회전 및 이동할 수 있다. 패드 평탄도 및 표면 품질을 유지하기 위해, 패드 조절기(135)가 사용된다. 본원에 설명된 기술은, 화학 기계적 재료 제거의 화학적 반응성 부분의 일부로서 개선된 슬러리 화학 물질을 포함한다. 언급된 바와 같이, 도 1은 하나의 예시적인 CMP 시스템을 도시한다. 본원에 설명된 기술, 방법, 공정, 및 슬러리 화학 물질은 다양한 CMP 도구 및 시스템과 함께 사용될 수 있으며, 도 1에 도시된 것으로 제한되지 않음을 당업자라면 인식할 것이다.

- [0042] 마지막으로, 본 개시물은 본원에 개시된 새로운 CMP 슬러리 화학 물질 및 CMP 공정을 사용하는 다양한 방법을 제공한다. 도 2는 기관의 표면으로부터 루테늄을 평탄화하거나 제거하기 위해 본원에 설명된 기술을 사용하는 방법의 일 실시형태를 도시한다. 도 2의 실시형태는 단지 예시적인 것일 뿐이며, 추가적인 방법이 본원에 설명된 기술을 사용할 수 있음을 인식할 것이다. 또한, 설명된 단계는 배타적인 것으로 의도되지 않기 때문에, 추가적인 공정 단계가 도 2에 도시된 방법에 추가될 수 있다. 더욱이, 상이한 순서로 수행될 수 있거나/수행될 수 있고 다양한 단계가 조합하여 또는 동시에 수행될 수 있기 때문에, 단계의 순서는 도면에 도시된 순서로 제한되지 않는다.
- [0043] 도 2는 루테늄을 제거하는 방법(200)의 일 실시형태를 도시한다. 전반적으로, 방법(200)은 화학 기계적 폴리싱(CMP) 시스템 내에 기관을 위치시키는 단계(단계(210))로 시작될 수 있다. 도 1은 단계(210)에서 기관이 위치될 수 있는 CMP 시스템(또는 CMP 도구)의 일 실시형태를 도시한다. 위에 언급되고 도 1에 도시된 바와 같이, 전반적으로 CMP 시스템(100)은, 폴리싱 패드(105)가 기관의 표면에 걸쳐서 회전 및 이동될 수 있도록, 회전식 플래튼(110) 상에 장착된 폴리싱 패드(105)를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 기관은 루테늄 표면을 포함할 수 있다.
- [0044] 그 다음, 방법(200)은 폴리싱 패드 위에 슬러리를 분배하는 단계(단계(220))를 포함할 수 있다. 위에 언급된 바와 같이, 전반적으로 슬러리는, 용제; 루테늄 표면을 할로겐화하여 할로겐화 루테늄 표면을 형성하는 할로겐화 작용제; 할로겐화 루테늄 표면과 반응하여 할로겐화 루테늄 표면을 용해시키는 리간드; 및 할로겐화 루테늄 표면과의 리간드 교환 반응 속도를 증가시키는 촉매를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 방법(200)은, 루테늄 표면의 할로겐화 속도가 할로겐화 루테늄 표면의 용해 속도보다 더 빠르도록, 슬러리 내에 포함된 리간드 및 할로겐화 작용제의 상대적인 양을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0045] 그 다음, 방법(200)은, 미리 결정된 양의 루테늄이 제거될 때까지, 슬러리를 사용하여 루테늄 표면을 폴리싱하는 단계(단계(230))를 포함할 수 있다.
- [0046] 본 명세서 전반에 걸쳐서 "일 실시형태" 또는 "실시형태"라는 언급은 실시형태와 관련하여 설명된 구체적인 특징, 구조, 재료, 또는 특성이 본 발명의 적어도 하나의 실시형태에 포함됨을 의미하지만, 이들이 모든 실시형태에 존재한다는 것을 의미하지 않음을 유의한다. 따라서, 본 명세서 전반에 걸친 다양한 곳에서 "일 실시형태에서" 또는 "실시형태에서"라는 문구의 출현은 반드시 본 발명의 동일한 실시형태를 지칭하는 것은 아니다. 또한, 구체적인 특징, 구조, 재료, 또는 특성은 하나 이상의 실시형태에서 임의의 적합한 방식으로 조합될 수 있다. 다양한 추가적인 층 및/또는 구조물이 다른 실시형태에 포함될 수 있거나/포함될 수 있고, 설명된 특징이 다른 실시형태에서 생략될 수 있다.
- [0047] 본원에 사용된 바와 같은 "기관"이라는 용어는 재료가 그 위에 형성된 기재 또는 구조물을 의미하고 포함한다. 기관은 단일 재료, 상이한 재료의 복수의 층, 그 안에 상이한 구조물 또는 상이한 재료의 영역을 갖는 층 또는 층들 등을 포함할 수 있음을 이해할 것이다. 이러한 재료는 반도체, 절연체, 전도체, 또는 이들의 조합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기관은 반도체 기관, 지지 구조물 상의 베이스 반도체 층, 하나 이상의 층, 구조물 또는 영역이 그 위에 형성된 반도체 기관 또는 금속 전극일 수 있다. 기관은 통상적인 실리콘 기관, 또는 반도체 재료의 층을 포함하는 다른 벌크 기관일 수 있다. 본원에서 사용된 바와 같은 "벌크 기관"이라는 용어는 실리콘 웨이퍼 뿐만 아니라, 실리콘-온-글라스("SOG") 기관 및 실리콘-온-사파이어("SOS") 기관과 같은, 실리콘-온-절연체("SOI") 기관, 베이스 반도체 토대 상의 실리콘의 에피택셜 층, 그리고 실리콘-게르마늄, 게르마늄, 갈륨 비소, 질화 갈륨, 및 인화 인듐과 같은 다른 반도체 또는 광전자 재료를 의미하고 포함한다. 기관은 도핑될 수 있거나 도핑되지 않을 수 있다.
- [0048] 기관의 표면을 평탄화하기 위한 시스템 및 방법이 다양한 실시형태에서 설명된다. 기관은 소자, 특히 반도체 또는 다른 전자 소자의 임의의 재료 부분 또는 구조물을 포함할 수 있으며, 예를 들어, 반도체 기관과 같은 베이스 기관 구조물, 또는 박막과 같이 베이스 기관 구조물 상에 있거나 위에 놓이는 층일 수 있다. 따라서, 기관은 패터닝된 또는 패터닝되지 않은 임의의 특정한 베이스 구조물, 하부층 또는 상부층으로 제한되는 것으로 의도되는 것이 아니라, 오히려 임의의 그러한 층 또는 베이스 구조물, 그리고 층 및/또는 베이스 구조물의 임의의 조합물을 포함하는 것으로 고려된다.
- [0049] 관련 기술 분야의 당업자는 다양한 실시형태가 하나 이상의 특정 세부 사항 없이 실시될 수 있거나, 다른 대체 및/또는 추가적인 방법, 재료, 또는 구성 요소와 함께 실시될 수 있음을 인식할 것이다. 다른 경우에, 잘 알려진 구조, 재료, 또는 작업은 본 발명의 다양한 실시형태의 양태를 불명료하게 하는 것을 방지하기 위해 상세히 도시되거나 설명되지 않는다. 유사하게, 설명의 목적으로, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 구체적인

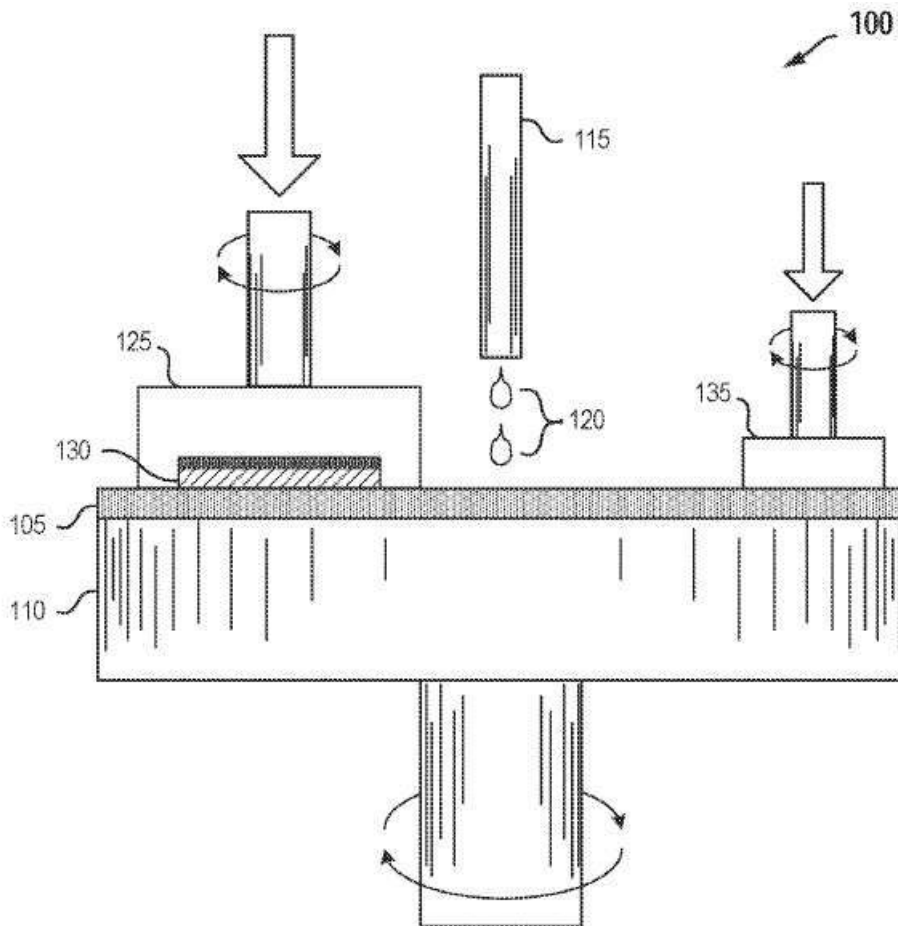
수, 재료, 및 구성이 상술된다. 그럼에도 불구하고, 본 발명은 구체적인 세부 사항 없이 실시될 수 있다. 또한, 도면에 도시된 다양한 실시형태는 예시적인 표현이며, 반드시 일정한 비율로 도시된 것은 아니라는 점을 이해한다.

[0050] 설명된 시스템 및 방법의 추가적인 변형예 및 대안적인 실시형태는 본 설명을 고려하는 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 설명된 시스템 및 방법은 이러한 예시적인 방식으로 제한되지 않음을 인식할 것이다. 본원에서 도시되고 설명된 시스템 및 방법의 형태는 예시적인 실시형태로 간주되어야 함을 이해해야 한다. 구현예에서 다양한 변경이 이루어질 수 있다. 따라서, 루테늄 CMP 기술이 구체적인 실시형태를 참조하여 본원에서 설명되지만, 본 개시물의 범위를 벗어나지 않고 다양한 변형 및 변경이 이루어질 수 있다. 따라서, 명세서 및 도면은 제한적인 의미가 아니라 예시적인 의미로 간주되어야 하며, 이러한 변형은 본 개시물의 범위 내에 포함되는 것으로 의도된다. 또한, 구체적인 실시형태와 관련하여 본원에서 설명된 문제에 대한 임의의 이점, 장점, 또는 솔루션은, 임의의 또는 모든 청구항의 중요한, 필요한 또는 필수적인 특징 또는 요소로 해석되도록 의도되지 않는다.

[0051] 또한, 당업자는 본 발명의 동일한 목적을 여전히 달성하면서 위에서 설명된 기술의 작업에 대해 많은 변경이 이루어질 수 있음을 이해할 것이다. 이러한 변경은 본 개시물의 범위에 의해 커버되도록 의도된다. 따라서, 본 발명의 실시형태의 진술한 설명은 제한적인 것으로 의도되지 않는다. 오히려, 본 발명의 실시형태에 대한 임의의 제한 사항은 이하의 청구범위에 제시된다.

도면

도면1



도면2

