

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. ⁶ G02F 1/1343	(11) 공개번호 특2000-0016915
	(43) 공개일자 2000년03월25일
(21) 출원번호 10-1999-0027644	
(22) 출원일자 1999년07월09일	
(30) 우선권주장 9/136,627 1998년08월19일 미국(US)	
(71) 출원인 내셔널 세미콘덕터 코포레이션 클라크 3세 존 엠. 미국 캘리포니아주 95052-8090, 산타 클라라, 2900 세미콘덕터 드라이브 파울엠.무어	
(72) 발명자 미국, 캘리포니아94010, 버링게임, 알베마리 1646 캐빈칼브라운 미국, 캘리포니아94087, 서니베일, 아파트먼트5, 온타리오드라이브1623 리차드루트헬 미국, 캘리포니아95066, 스킵츠발리, 세어맨드라이브113	
(74) 대리인 목영동, 목선영	

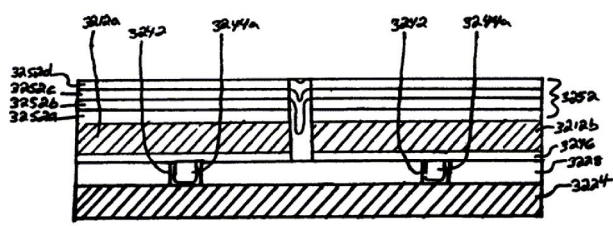
심사청구 : 있음

(54) 반사율을극대화하기위해최적화된실리콘산화물연결패시베이션및금속화공정

요약

최적의 반사율을 갖는 금속 표면은 다음공정단계를 단독으로 또는 결합으로 이용하여 제조될수 있다. 1) SOG 평탄화후에 금속위에 놓이는 유전층의 CMP; 2) 바이어스의 형성후에 금속위에 놓이는 유전층의 CMP; 3) 위에 놓이는 유전체상에 평행의 티타늄으로 구성된 금속점착층을 형성하는 단계; 4) 작은 그레인 사이즈를 유지하는데 알맞은 낮은 온도로서 점착층 위에 금속을 디포지트하는 단계; 5) 금속을 에칭하기 앞서 새로이 디포지트된 금속의 상부에 강화하여 코팅된 반사율을 적어도 제1층을 디포지트하는 단계; 및 6) 금속내의 힐록(hilllock)형성을 억제하기위해 금속전극층의 형성 온도에 가능한 가까운 온도에서 강화하여 코팅된 반사율의 초기층을 디포지트하는 단계. REC의 디포지션은 두가지 다른 목적으로 사용한다. 첫 번째로, REC는 디포지션 직후에 새로이 디포지트된 금속층을 코팅하여 고 반사율 상태에서 금속을 보존한다. 둘째로, REC는 금속층에 의해 반사된 빛의 구조적인 간섭을 초래한다. 이러한 구조적인 간섭은 노출형 금속 표면의 반사율보다 더 큰 반사율을 발생할 수 있다.

대표도



명세서

도면의 간단한 설명

- 도1은 종래의 LCD 주입형 이미징 시스템의 예시도.
- 도2는 종래의 광 밸브의 일부분을 형성하는 근접한 화소 셀 구조의 단면도.
- 도3A 내지 도3J는 근접한 화소 셀 전극의 형성동안에 화소 셀 반사율에 영향을 주는 종래의 공정단계의 단면도.
- 도4는 한 세트는 SOG평탄화만을 포함하고, 다른 세트는 화학적 기계적 연마로 이어지는 두 SOG평탄화를 포함하는 이들 두 세트의 웨이퍼에 의해 측정된 반사율을 나타내는 도면.
- 도5는 상기 CMP단계를 갖거나 갖지않는 두루트의 웨이퍼의 반사율을 나타내는 곡선도.

도6은 비어공정을 갖거나 갖지않는 화소의 반사율을 나타내는 곡선도.

도7은 텅스텐 재에칭후에 부가의 CMP 터치업단계를 갖거나 갖지않는 웨이퍼의 반사율을 나타내는 곡선도.

도8은 CMP공정을 갖거나 CMP공정을 생략한 웨이퍼의 룯에 대하여TiN이나 평행의 Ti로 구성되는 화소 점착 층위에 디포지트된 화소전극층의 반사율에서 터치업CMP의 효과를 나타내는 곡선도.

도9는 4가지 다른 온도에서 디포지트된 99.5%/0.5% Al/Cu 스퍼터의 화소전극층에 대해 관측 및 예측된 반사율을 나타내는 곡선도.

도10A 내지 도10C는 6500A⁰ 및 2000A⁰의 두께를 갖는 AlCu금속층에 대하여 그레인 사이즈, 평균표면거침도 및 반사율에 대한 금속 디포지션 온도를 나타내는 곡선도.

도11은 5000A⁰ 및 2000A⁰의 두께를 갖는 AlCu에 대하여 디포지트된반사율을 나타내는 곡선도.

도12는 첫 번째 플라즈마 애시 단계와 용제 스트립 단계후에 도13의 5000A⁰ 및 2000A⁰ AlCu층에 대한 반사율을 나타내는 곡선도.

도13은 두 번째 플라즈마 애시 단계후에 도14의 5000A⁰ 및 2000A⁰ AlCu층에 대한 반사율을 나타내는 곡선도.

도14는 본 발명의 일실시예에 따라 화소에 의해 형성된 4층 REC의 단면도.

도15는 도14에 나타낸 REC의 간단한 반사 다이어그램을 나타내는 도면.

도16은 2000A⁰ 및 5000A⁰의 두께를 갖는 화소 전극층의 상부에 도14의 REC의 평균반사율을 나타내는 곡선도.

도17은 실리콘위에 형성된 알루미늄층의 상부에서 REC를 형성하는 간단한 공정 흐름으로부터 초래하는 최대 및 평균 반사율의 막대 그래프 도면.

도18A 내지 도18D는 도17에 기술한 바와 같은 4층 REC를 형성하기 위해 공정에 이용되는 것과 동일한 열적 공정에 영향을 받는 노출형 금속층의 반사율에서 효과를 나타내는 곡선도.

도19A 내지 도19C는 그레인 사이즈, 표면 거침도, 및 6500A⁰ 및 2000A⁰의 두께를 갖는 어닐링 화소전극층의 반사율에서 효과를 나타내는 곡선도.

도20은 본 발명의 공정에 따라 300C⁰ 또는 400C⁰에서 디포지트되는 4층 REC를 갖는 웨이퍼의 반사율을 나타내는 도면.

도21은 금속 디포지션 온도 및 REC 디포지션 온도의 4 결합아래에서 400A⁰ 화소 점착층의 상부에 5000A⁰ AlCu화소 전극층의 디포지션 후의 반사율을 나타내는 도면.

도22는 도21의 금속 디포지션 온도 및 REC 디포지션 온도의 4결합아래에서 디포지트된 5000A⁰ 화소 전극층 및 400A⁰ 화소 점착층의 상부에 4층 REC를 형성한 후의 반사율을 나타내는 도면.

도23A 내지 도23B는 2층 REC의 디포지션 후와 4층 REC의 디포지션후에 측정된 반사율을 나타내는 곡선도.

도24는 6층 REC에 의해 덮혀진 금속층의 최대 및 최소 반사율을 나타내는 곡선도.

도25는 비어공정을 포함하는 1룯의 웨이퍼와 비어공정을 포함하지 않는 1룯의 웨이퍼의 필드 및 화소영역에서 반사율을 나타내는 곡선도.

도26은 동일한 룯으로부터 웨이퍼의 필드 및 화소영역위에서 4층 REC의 TEM단면을 나타내는 도면.

도27은 웨이퍼의 이론상의 반사율과 측정된 반사율을 나타내는 곡선도.

도28은 동일한 웨이퍼상에 화소셀의 중심(화소영역)과 코너(필드영역)의 최대 및 최소 반사율을 나타내는 곡선도.

도29A 내지 도29M은 본 발명에 따른 다수의 공정 단계를 결합한 공정흐름의 단면도.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 반사율 금속 표면을 형성하기 위한 방법에 관한 것으로, 특히 반사율을 최대화하기 위해 설계된 실리콘 상호 연결 패시베이션 및 금속화 공정에 관한 것이다.

액정디스플레이(LCD)는 고 밀도 투영 디스플레이 장치에서 점차적으로 통용되고 있다. 이러한 종래의 고밀도 투영 형태의 컬러 디스플레이 장치는 전형적으로 백색광을 방출하는 광원을 포함한다. 다이크로

익(dichroic) 미러는 백색광을 적색, 녹색 및 청색(RGB)띠의 빛으로 분리한다. 이후 이러한 각각의 빛의 색띠는 빛의 투과를 허용하거나 차단하든지 투영되는 이미지에 따라 해당하는 액정광 밸브쪽으로 직진된다. 이후 광밸브를 통해 투과되어질 투과된 빛의 RGB띠는 다이크로익 미러 또는 프리즘에 의해 결합된다. 이후 투영렌즈는 이미지를 투영스크린에 확대하고 투영한다.

도1은 종래의 LCD 투영형태의 이미징 시스템(100)을 나타낸다. 이미징 시스템(100)은 광원(101)을 포함한다. 백색광은 광원(101)으로 방출된다. 빛이 프리즘(103)에 부딪히면, 빛은 다이크로익 필터 코팅에 의해 적색, 녹색 및 청색의 색띠로 분리된다. 컬러화된 빛은 액정디스플레이(LCD)광밸브(105)쪽으로 직진된다. 광밸브(105)로부터 반사될 때 컬러화된 빛의 파동은 프리즘과 투영렌즈(107)를 통해서 후진한다. 렌즈(107)는 합성된 컬러 이미지를 투영스크린(109)에 확대하고 투영한다.

도2는 종래의 광 밸브의 일부분을 형성하는 근접한 화소 셀 구조의 단면도를 나타낸다. 종래 광밸브의 부분(200)은 밀폐부재(도시하지 않음)에 의해 상호연결구조(204)와 결합된 유리상부판(202)을 포함한다. 밀폐부재는 소정의 미소 거리에 의해 상호 연결부(204)로부터 디스플레이 영역을 밀봉하고 유리판(202)을 분리하기 위해 사용한다. 따라서 광밸브는 유리판(202)과 상호연결부(204)에 의해 한정된 내부캐비티(206)을 가진다. 폴리머분산액정(PLDC)과 같은 액정재료(211)는 내부캐비티(206)내에 밀폐된다. 반사 모드 디스플레이 기술에 있어서, 이미지는 다른 콘트라스트를 갖는 광밸브내에 영역을 생성함으로써 형성된다. 이 콘트라스트는 반사표면위에서 액정재료의 상태에 의해 생성되며, 다음으로 에워싼 부분으로부터 반사표면으로 통과하는 빛의 양을 조절한다. 도2에 나타난 광밸브의 동작동안에 아래에 놓이는 캐패시터 구조(218a 및 218b)로부터 금속화(222 및 224) 및 240을 통해 화소전극(212a 및 212b)까지의 전압의 선택적 응용은 화소셀(210a 및 210b)을 턴온하고 턴오프시킨다. 화소전극(212a 및 212b)에 인가된 전압은 화소 전극 위에 있는 액정재료의 방위의 방향을 바꾼다. 화소전극에서 액정재료의 방위의 방향의 변화는 액정재료를 통해 진행하는 빛의 광학적 특성을 변화시킨다.

광밸브가 뒤틀림 네마틱 결정을 포함하면, 전압이 화소전극에 인가되지 않는 빛은 변화없이 광밸브를 통과하며, 전압이 화소전극에 인가되면 빛은 편극된다. 광밸브가 PLDC를 포함하면, 전압이 화소 전극에 인가되는 빛은 변화없이 광밸브를 통과하며, 전압이 화소전극에 인가되지 않으면 빛은 산란된다.

광밸브 성능의 한 해결 속성은 화소셀에 의해 반사되는 빛의 양이다. 화소셀의 반사도는 차례로 콘트라스트비, 화소 코히어런스 및 휘도 효율과 같은 다른시스템 속성에 영향을 준다. 어떤 반사모드 광밸브의 성능을 강화하기위한 한가지 접근은 이상적으로 미러의 반사율을 증가시키는 것이다.

도2에서 화소전극(212a 및 212b)은 광 밸브의 반사표면으로 제공하게된다. 더욱이 최고(제3)의 내부금속 유전체층(228)은 반사화소전극(212a 및 212b)에 대해 기판으로 제공한다. 따라서, 광밸브의 반사율은 최고 내부금속 유전체층(228) 및 모든 수반층의 형성 후에 이어지는 공정단계에서 대체로 측정에 의존한다.

도3A 내지 도3J는 근접한 화소셀 전극의 형성동안 화소 셀 반사율에 영향을 주는 종래의 공정단계의 단면도이다. 도3A는 하위금속화층(324)상에 최고내부금속유전체층(328)의 형성을 나타낸다.

도3B는 SOG형성 및 재에칭에 의한 평탄화의 공정을 이용하여 최고 내부금속 유전체 층(328)의 표면을 레벨링(leveling)하는것을 나타낸다.

도3C는 바이어스(340)를 형성하기 위해 언마스크된 영역에서 에칭으로 이어지는 최고내부금속유전체(328)의 평탄화된 표면위에 포토레지스트 마스크(330)의 패터닝을 나타낸다.

도3D는 바이어스(340)내에 라이너층(342)의 형성이후 최고내부금속 유전체(328)위에서 바이어스(340)를 채우는 텅스텐(344)층의 형성을 나타낸다.

도3E는 바이어스의 외측면에서 텅스텐층(344)의 제거를 나타내며, 이 단계는 일직선의 CMP에 의해서 또는 CMP로 이어지는 선택적 재에칭에 의해서 성취 될 수 있다.

도3F는 전형적으로 Ti/TiN으로부터 형성된 화소점착아래층(346)의 형성을 나타낸다. 이 Ti/TiN 층(346)은 AlCu대해 점착표면을 제공하며 그결과 열 노출중 발생하는 거침도로 인한 반사율의 저하를 방지한다. 반사율의 손실에 대한 화소점착층의 포텐셜 기여는 본 발명의 상세한 설명의 4절부터 더 자세히 기술하고 있다.

도3G는 화소점착아래층(346)의 상부에서 화소전극층(312)의 형성을 나타낸다. 일반적으로 화소전극층(312)은 약 400^oC에서 Al/Cu혼합물을 디포지트함으로서 형성된다.

도3H는 화소전극층(312)의 상부에 포토레지스트 마스크(350)의 패터닝이후 불연속화소전극(312a 및 312b)을 형성하기위해 화소전극층과 화소점착층(346)의 언마스크된 영역의 에칭을 나타낸다.

도3I는 반사화소전극(312a 및 312b)의 형성을 완성하기위해 화소전극(312a 및 312b)의 표면으로부터 패터닝된 포토레지스트 마스크(250)의 제거를 나타낸다. 포토레지스트마스크(350)의 스트립핑은 일반적으로 1)플라즈마 애시(ash), 2) 용제 스트립, 3)플라즈마 애시의 순서를 이용하여 이루어진다.

도3J는 반사화소전극(312a 및 312b)의 상부에서 패시베이션층(352)의 형성을 나타낸다. 이 패시베이션층(352, 일반적으로 실리콘 이산화물)은 약 400^oC에서 디포지트되며 화소전극(312a 및 312b)의 표면을 보호한다.

도3A 내지 도3J에 나타난 종래의 공정흐름도는 반사화소셀의 형성을 가능하게 한다. 그러나 불행하게도 종래공정의 몇가지 단계는 화소전극의 반사율을 불가피하게 감소시킨다.

첫째로 도3B에 나타난 상기 SOG 평탄화 단계는 일반적으로 위에 형성될 반사화소전극층의 최적 반사율을 촉진시키기위해 충분히 평탄한 표면을 갖는 내부금속유전층을 형성하지 못한다.

따라서, 반사화소전극에 대해 기판으로 사용하는 내부금속 유전체층의 고도의 평탄한 표면을 생성하는 공정흐름에 대한 기술이 필요하다.

화소셀의 감소된 반사율로 이끄는 두 번째 공정단계는 도3E에 나타낸바와같이 바이어스의 텅스텐 외측면의 재 에칭이다. 최고내부금속유전체층(328)은 화소금속전극에 대해 기판을 형성한다. 이 아래에 놓인 층에서 텅스텐 표면의 거침도는 거침도와 위에 형성된 전극의 반사율의 손실을 촉진시킨다.

그러므로, 비어내에 남는 잔류 텅스텐으로 고도의 평탄한 표면을 형성하는 동안 상기 비어의 텅스텐 외측을 제거하는 공정흐름에 대한 기술이 필요하다.

화소셀의 감소된 반사율로 이끄는 3번째 공정단계는 도3F에 나타낸바와같이 Ti/TiN으로 구성된 화소전극 점착층의 이용이다. 점착층의 특징은 본래 위에 놓이는 AlCu의 거침도에 영향을 준다.

따라서 점착층의 거침도를 감소시키고 또한 힐록(hill lock)형성의 부가억제를 가능케하는 공정흐름에 대한 기술이 필요하다.

화소셀의 감소된 반사율로 이끄는 4번째 공정단계는 도3G에 나타낸바와같이 화소전극층의 고온 디포지션이다. 고온(> 200°C)의 금속화소 전극의 디포지션은 큰 그레인 사이즈를 갖는 AlCu의 형성을 야기한다. 큰 그레인의 AlCu는 화소전극층의 거침도를 증가시키며 그 결과 반사율을 감소시킨다.

따라서, 화소전극의 반사율을 촉진시키기위해 충분히 작은 그레인을 갖는 금속화소전극층을 형성하는 공정흐름에 대한 기술이 필요하다.

화소셀의 감소된 반사율로 이끄는 다섯 번째 공정단계는 도3I에 나타낸바와같이 화소 전극을 에칭하기위해 이용되는 포토레지스트 마스크의 스트립핑이다. 포토레지스트를 제거하는데 필요한 용제 스트립(solvent strip)의 엄격한 조건과 에이셔 세척에 대해 화소전극층의 새롭게 디포지트된 평탄한 표면의 노출은 화소전극표면의 거침도를 증가시키고 그의 반사율을 감소시킨다.

따라서, 화소전극을 에칭하는데 사용되는 포토레지스트마스크의 제거로 인한 화소전극 표면의 거칠음을 방지하는 공정흐름에 대한 기술이 필요하다.

화소셀의 감소된 반사율로 이끄는 여섯 번째 공정단계는 금속화소전극층이 원래 형성되어있는 온도와 사실상 다른 온도에서 패시베이션층의 디포지션이다. 이러한 단계들간의 큰 온도차이는 금속표면에서 힐록의 형성을 일으킬수 있다. 이러한 힐록은 금속화소전극층과 위에놓이는 유전체층의 서로다른 열팽창 계수로 인해 금속층상에 미치는 응력에 의해 발생된다.

상기 힐록은 평탄하지 않는 화소셀의 표면을 제공하며 그 결과 반사율을 감소시킨다.

따라서, 위에 놓이는 패시베이션층의 형성시에 이들 상기 층들의 형성온도 차이로 인한 화소전극층의 힐록형성을 방지하는 공정흐름에 대한 기술이 필요하다.

공정에 의해 야기된 화소전극표면의 거침도는 반사율에 나쁜 영향을 줄 수 있다. 그러나, 화소셀전극 위에 반사강화코팅(REC)을 형성하여 노출형(bare)금속전극의 반사율 이상으로 화소셀의 반사율을 강화할 수 있다. 미국특허출원 제08/827,013호의 "박막 적층을 강화하는 반사율"이라는 제목에서는 반사율을 증가시키는 유전체 재료인 박막으로 구성된 반사율 코팅의 이용화를 기술하고 있다. 이 박막유전체는 화소전극에 의해 반사된 입사광의 구조적인 간섭을 촉진시킴으로써 이러한 결과를 달성하고 있다.

따라서, 화소전극의 표면위에 REC의 형성을 이끄는 공정흐름에 대한 기술이 필요하다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 반사율을 극대화하기위해 설계된 금속표면을 형성하기 위한 공정에 관한 것이다. 본 발명에 따른 공정의 일부를 형성하기 위한 단계는 1) 금속을 형성하기 앞서 아래놓인 유전체를 화학적 기계적 연마하는 단계; 2) 바이어스의 형성후에 아래놓인 유전체의 화학적 기계적 연마하는 단계; 3) 금속층의 형성에 앞서 아래놓인 유전체위에 평행의 티타늄으로 구성된 금속 점착층을 형성하는 단계; 4) 작은 그레인 사이즈를 유지하기위해 가능한 한 낮은 온도에서 금속을 디포지트하는 단계; 5) 금속층을 에칭하기 앞서 새로이 디포지트된 금속의 상부에 반사율 강화 코팅의 적어도 초기층을 디포지트하는 단계; 6) 금속전극층의 형성 온도에 가능한 가까운 온도에서 반사율 강화 코팅의 초기층을 디포지트하는 단계를 포함한다.

REC를 디포지트하는 방법은 두가지 다른 목적에 사용한다. 첫째 REC의 초기층은 새로이 디포지트된 금속층을 코팅하고, 고 반사율상태에서 금속을 보존한다. 둘째는 전반적으로 REC는 반사된 빛의 구조적인 간섭을 발생한다. 이 구조적인 간섭은 노출형 금속표면의 반사율보다 더 큰 반사율을 발생할수 있다.

본 발명의 일실시예에 따른 반사금속표면을 형성하는 공정은 상호연결금속화의 최고층의 상부에 최고내부금속유전체층을 형성하는 단계, 최고 내부금속유전체를 평탄화하는 단계, 최고내부금속유전체에 비어를 형성하는 단계, 비어의 벽을 선형층으로 라인닝하는 단계, 비어를 전기적 전도성 재료로 채우는 단계, 최고레벨내부금속유전체와 비어의 상부에 전극점착층을 형성하는 단계, 전극 점착층의 상부에 전극층을 형성하는 단계, 및 전극층에 의해 반사된 광파의 구조적인 간섭을 발생하는 반사율 강화코팅과 함께, 다수의 불연속 전극을 한정하기 위해 전극층을 에칭하기 앞서 전극층의 상부에 반사율강화코팅의 적어도 제1층을 형성하는 단계를 포함한다.

본 발명의 특징 및 잇점은 다음의 첨부도면과 발명의 상세한 설명으로부터 이해하게 될 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명에 따른 공정은 화소전극을 형성하는 금속표면의 반사율을 최적화하기 위해 설계된 다수의 개별적인 공정단계와 결합하고 있다. 이 단계들은 공정흐름의 발생순서로서 후술하겠다.

1. 서론

이상적으로 화소전극은 식 1로 주어진 반사계수를 따른다. 식1에서 화소전극으로부터 빛의 반사는 굴절율로서 양을 정한 전극의 재료특성에 의존한다. 굴절율이 입사광의 파장에 무관하면 반사계수는 파장에 대해 일정해진다. 그러나 굴절율은 파장(즉, 분산)의 함수이고 파장에 의존하는 반사계수를 산출한다. 그러므로 식1은 재료의 고유 특성 함수로서 반사율에 가까우며 이 변화는 분산과 재료샘플에 대해 제한된다.

$$\rho = \frac{[(\eta_{AlCu} - \eta_{external})^2 + K_{AlCu}^2]}{[\eta_{AlCu} + \eta_{external}]^2 + K_{AlCu}^2} \quad (1)$$

실제로, 화소셀의 제조는 식(1)로 주어진 이상적인 반사계수를 제공하지 못한다. 대신에 화소 전극의 거침도는 파장의 함수로서 측정된 반사율을 감소시킨다. 식2는 표면에 수직으로 투영된 조사광원에 대한 일반적인 감쇠함수를 제공한다.

$$r = r_{ideal} \omega \left[-\frac{4\pi}{\lambda} \right] \quad (2)$$

식(2)에 의해 주어진 반사율이 그의 공액복소수로 곱해지는 경우 오메가-틸데함수는 경계프로파일화에 대한 푸리에 변환을 나타낸다. 이 프로파일은 하나의 매체가 인접하는 매체로 전이하는 방법이다. 임의의 수의 경계 함수들은 식(2)에 놓일수 있다. 경계전이가 예러함수로 주어졌을 때, 반사율은

$$\rho = \frac{[(\eta_{AlCu} - \eta_{external})^2 + K_{AlCu}^2]}{[\eta_{AlCu} + \eta_{external}]^2 + K_{AlCu}^2} \exp \left[-\left(\frac{4\pi\sigma}{\lambda} \right)^2 \right] \quad (3a)$$

여기서 시그마는 결과론적으로 또는 랜덤하게 되는 표면의 한 해석에 따른 경계두께 또는 평균제곱근(RMS)의 거침도이다.

관측된 반사율은 실제로 스펙큘러와 산란된 반사율의 결합이다. 총 관측된 반사율의 양은 기구의 물체 크기에 의존한다. 그러므로 반사율은 실제로

$$\rho = \rho_{specular} + \rho_{scattered} \quad (3b)$$

$$\rho_{scattered} = \frac{[(\eta_{AlCu} - \eta_{external})^2 + K_{AlCu}^2]}{[\eta_{AlCu} + \eta_{external}]^2 + K_{AlCu}^2} \left[1 - \exp \left[-\left(\frac{4\pi\sigma}{\lambda} \right)^2 \right] \right] \left[1 - \exp \left[-\left(\frac{\pi\alpha\delta}{\lambda} \right)^2 \right] \right] \quad (3c)$$

여기서 α 는 물체의 반각이고 δ 는 경계특성(interface features)들 간의 상관거리이다. 곱 $\alpha \times \delta$ 가 빛의 파장보다 더 작으면 식 (3a)에서 이 항을 무시할수 있다. 그러나 이런 단순화는 추정치(estimation)에 예러원인을 제공한다.

2. 최고내부금속유전체의 거침도

도3B와 관련하여 이미 논의한 바와 같이, 화소전극의 반사계수를 감소시킬수 있는 제1 공정단계는 화소셀전극아래에 놓이는 최고내부금속유전체층의 형성이다. 형성후에 최고내부금속유전체의 SOG평탄화는 알맞은 평탄함보다 작은 평탄함을 갖는 기판을 형성한다.

이러한 문제를 해결하기위해 본 발명은 종래의 SOG평탄화후에 즉시 CMP를 부가한다. 최고내부금속유전체층의 두께는 CMP에 의해 표면을 평탄화하는데 필요한 유전체 재료의 벌크(bulk)제거를 보상하기 위해 증가된다.

부가의 CMP단계는 화소 반사율에 유의한 2-폴드를 제공한다. 우선, CMP는 아래에 놓이는 회로구조와 상호연결구조에 의해 형성된 지형을 감소시킨다. 이 지형의 크기는 $1 \times 10^3 \text{ \AA}$ 이다.

SOG 평탄화후에 CMP의 두 번째 잇점은 내부금속유전체의 최고레벨의 평균제곱근("RMS")거침도가 감소된다. 이 RMS 거침도는 $1 \times 10^1 - 1 \times 10^2 \text{ \AA}$ 이다.

도4는 2셋트의 웨이퍼에 의해 측정된 반사율을 나타내는데, 한셋트는 SOG평탄화만을 포함하며, 다른셋트는 본 발명에 따라 개시된 SOG평탄화 및 화학적 기계적 연마 단계를 포함한다. 도4에서 곡선으로 나타난 데이터는 임의의 장치 또는 상호연결 관련된 지형을 무시한 웨이퍼의 면적으로부터 취해진다. 이런 방법으로, 랜덤하게 야기된 거침도로 인한 반사율의 감소는 체계적인 상호연결 지형으로부터 단절된다.

최고내부금속유전체의 표면을 화학적 기계적 연마함으로써 내부금속유전체상에 디포지트된 화소층의 표면 거침도가 약 67\AA 으로 감소된다. 이 67\AA 값은 다음의 근사방법에 의해 얻어진다.

유일하게 각각의 표면 거침도를 갖는 두 개의 분리 표면은 동일한 재료로 이루어지지만, 식3에 의해 주어진 각각의 반사율은 식(4)로 나타내기위해 대수적으로 조정될수 있다.

$$(\sigma_1 - \sigma_2) = \sqrt{-1n \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right) \cdot \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)^{-2}} \quad (4)$$

도4에서 관측된 평균반사율에 주어진 표면의 반사율을 대입하면, 식(4)의 평균표면거침도의 차이가 67Å⁰으로 산출된다. 따라서 이값은 도4에 도시한 CMP와 no/CMP웨이퍼사이의 거침도로서 평균차이를 나타낸다.

또한 도5는 부가의 CMP 단계를 갖거나 갖지않은 2개 롯(lot) 웨이퍼의 반사율을 그린 곡선이다. 도5의 반사율 데이터는 단일한 12개의 마이크로 미터 화소위에 10개의 마이크로미터 스폿 광을 집광함으로써 모여진다. 도5는 CMP가 걸여된 것을 나타내며, 측정된 반사율은 30 퍼센트만큼 감소된다.

3. 비어(via) 라이너의 거침도

최고내부금속유전체층의 형성과 평탄화에 따른 도3C-도3E에 나타낸바와같이, 화소셀 제조 공정은 아래 놓인 하위의 상호연결금속화 층에 바이어스를 형성하기 위해 최고유전체층을 에칭하는 단계를 계속한다. 그리고나서 티타늄과 티타늄 질화물이 비어선형층으로 사용하기위해 디포지트된다. 그후 텅스텐이 비어를 채우기위해 디포지트 되고 그 다음에 텅스텐이 일직선의 CMP에 의해 또는 재에칭 및 CMP의 결합에 의해 비어의 외측에서 제거된다.

반사화소전극의 표면거침도는 아래놓인 기판의 평탄화에 의존할 뿐만아니라 금속층내의 AlCu의 그레인 형성에도 의존한다. 따라서 아래 놓인 티타늄 질화물은 AlCu그레인에 의해 형성된 표면과 비교해서 평탄해야만하며, 그렇지 않으면 아래 놓인 기판의 거침도는 화소전극의 반사율 요소를 결정해야 한다.

도6은 비어공정을 갖거나 갖지않은 화소에 대해 화소코너에서 측정된 최고 반사율을 비교한 것이다.

도6의 각각의 데이터 포인트에서, 반사율은 바이어스가 없는 웨이퍼부분, 즉 "필드"의 일부에서 측정되었다. 바이어스를 갖거나 갖지않은 웨이퍼상에서 필드반사율을 측정하면 화소전극층의 표면거침도에서 가장 큰 효과를 갖는 공정을 분리할 수 있다.

텅스텐 재-에칭은 화소전극표면에서 거침도의 원인으로 확인되기 때문에 텅스텐 재-에칭후에 CMP 터치-업 단계가 수행된다. 도7은 텅스텐 재에칭후 부가의 CMP터치-업단계를 갖거나 갖지않은 웨이퍼의 반사율을 비교한것이다.

도7은 웨이퍼가 부가의 공정단계를 걸여한 웨이퍼보다 더 높은 반사율을 갖게되는 텅스텐 재에칭후의 CMP터치-업 단계를 포함하고 있는 것을 나타낸다. 특히, 터치-업 CMP는 작은 파장으로 AlCu 표면의 반사율을 증가시킨다. 그러한 반사율 증가는 스펙클러 광과 관련한 산란광의 감소 때문이며 또한 거침도의 감소를 의미한다. 따라서 콜드 AlCu스퍼터링의 잇점은 텅스텐 제거후 터치-업 CMP단계를 사용하지 않으면 실현되지 못한다는 것이다. 또한 도7은 CMP터치-업 단계를 갖는 여러 웨이퍼의 반사율로서 거의 변화가 없는 것을 나타낸다.

도8은 재에칭후 텅스텐바이어스의 CMP를 갖거나 갖지않은 TiN 또는 평행의 Ti로 구성된 화소 점착층위에 50°C로 디포지트된 5000Å⁰ 화소전극층의 반사율을 나타낸다.

CMP(대시선으로 나타냄)를 포함하는 Ti/AlCu 웨이퍼는 CMP(플러스" +"로 나타냄)를 수용하지 않는 다른 동일 웨이퍼보다 일관성되게 더 높은 반사율을 갖는 것이 증명되었다. 유사하게 CMP(실선으로 나타냄)를 포함하는 Ti/AlCu 웨이퍼는 CMP(사각형 "□"로 나타냄)를 수용하지 않는 다른 동일 웨이퍼보다 일관성되게 더 높은 반사율을 갖는 것이 증명되었다.

도8을 살펴보면, 반사율의 증가 및 단일파장에 걸친 분포의 작은 변화, 연마되지않은 웨이퍼에 대해 터치-업 CMP를 수용하지 않는 웨이퍼의 작은 변화를 주목하는 것이 중요하다.

4. 화소점착층의 거침도

도3F와 관련하여 이미 논의한 바와 같이 화소 점착층의 형성은 화소전극층의 반사율에 영향을 줄 수 있다. 이것은 도8에서 그래프로 나타내었다.

평행의 Ti점착층(대시라인으로 나타냄)을 이용하는 CMP를 수용하는 웨이퍼는 TiN점착층(실선으로 나타냄)을 이용하는 다른 동일한 웨이퍼보다 약간 더 큰 반사율을 갖는 것이 증명되었다. 유사하게 평행의 Ti점착층(플러스" +"로 나타냄)을 이용하는 CMP를 수용하는 웨이퍼는 TiN점착층(사각형 "□"로 나타냄)을 이용하는 다른 동일 웨이퍼보다 약간 더 큰 반사율을 갖는 것이 증명되었다.

여기서, 총 반사율 차이가 비교적 작은 점착층에서 기인할수 있는 동안 그 차이는 특히 1) 작은 파장으로서, 그리고 2) W 재에칭후 CMP가 이용된 것으로 단정하였다.

5. 화소 전극층의 디포지션

A. 온도 효과

화소전극으로 이루어진 AlCu금속층은 일반적으로 스퍼터 디포지션 기술을 이용하여 점착층의 상부에 형성된다. 디포지트된 AlCu의 그레인 사이즈는 증착시간의 온도에 따라 변화할 수 있다. 일반적으로 비교적 높은 온도에서 금속의 디포지션은 일반적으로 더 큰 그레인의 형성을 야기한다. 상기 더 큰 금속 그레인은 더 거친 금속 표면을 제공하며 또한 반사율을 감소시킨다.

도9는 네가지 다른 온도에서 디포지트된 AlCu(99.5%/0.5% 가중치)혼합 스퍼터에 대해 관측된 반사율 데이터를 나타낸다. 도9는 원자력미크로스코프(AFM)로 측정해서 식(3a)에 대입한 평균제곱근(RMS)거침도 데이터로서 이로부터 끌어낸 예측 반사율을 곡선으로 나타낸 것이다.

도9에 있어서, 관측 및 예측된 반사율에 대하여 AlCu디포지션의 온도가 반사율에 반비례 함을 주의하는 것이 중요하다. 이 관계는 형성된 AlCu의 그레인 사이즈에서 유사하게 기인할 수 있으며, 이때 비교적 고온의 디포지션은 더 큰 그레인의 형성과 더 큰 표면 거침도를 야기한다. 따라서 그레인 사이즈와 표면 거침도를 감소시키는것은 이론적 절대적 최대 반사계수를 보존하는데 있어서 명확히 주요한 목표이다. 이상적으로 최대 반사율은 50°C에서 AlCu를 스퍼터링함으로써 달성될수 있다.

금속 디포지션 온도와 그레인 사이즈, 거침도, 그리고 반사율사이의 관계는 도10A-10C에서 더 설명하겠다. 도10A는 6500Å⁰두께와 2000Å⁰두께 AlCu층에 있어서 그레인 사이즈에 대한 금속 디포지션 온도를 곡선으로 나타낸 것이다. 도10B는 6500Å⁰두께와 2000Å⁰두께 AlCu층에 있어서 평균표면거침도에 대한 금속 디포지션 온도를 곡선으로 나타낸 것이다. 도10C는 6500Å⁰두께와 6500Å⁰두께AlCu층에 있어서 반사율에 대한 금속 디포지션 온도를 곡선을 나타낸 것이다.

도10A-도10C의 비교는 금속 디포지션의 온도가 50°C에서 400°C로 증가할때, 그레인 사이즈가 6500Å⁰층에 대하여 <200mm에서 약 4500mm로 증가하고, 또한 2000Å⁰층에 대하여 <200mm에서 약 1500mm로 증가하는 것을 나타낸다. 디포지트된 금속의 그레인 사이즈로서 이 극적인 증가는 증가된 표면 거침도와 감소된 반사율을 초래한다.

도9 및 도10A-도10C는 가능한한 낮은 온도에서 화소 전극층을 형성하는 금속의 바람직한 디포지팅을 나타낸다. 낮은 온도에서 금속디포지션은 디포지트된 금속의 그레인 사이즈가 작아지며 또한 반사율은 높아진다.

마지막으로, 거침도의 약간의 차이는 100°C 당 50°C로 디포지트된 박막들사이에서 관측되며 이때 평행의 Ti는 TiN대신 아래 놓인 점착층으로 이용되는 것에 주의해야한다.

B. 금속두께의 효과

화소셀전극을 형성하기위해 디포지트된 금속층의 두께는 반사율에도 영향을 준다. 도10A-도10C를 다시 보면, 이들 도면들의 비교는 금속디포지션의 각각의 온도에 대하여 금속두께가 증가할 때 그에 따라 그레인사이즈와 평균표면 거침도가 행하여짐을 됨을 나타낸다. 이 변화들은 차례로 반사율의 감소를 낳는다.

또한 도11은 변화하는 두께의 화소전극층에 대한 반사율의 변화를 나타내며 이 경우 AlCu층은 2000Å⁰ 및 5000Å⁰두께를 갖는다. 스펙트럼의 비교적 작은 영역에 포커싱하면, 2000Å⁰금속층이 약간 더 큰 반사율을 갖는다.

6. 화소전극층의 에칭

도3H에 나타낸바와 같이, 최고내부금속유전체층의 상부에 반사화소전극층을 형성한후 다음의 단계는 개개의 화소 셀의 불연속 전극을 한정하기 위해 반사화소층을 에칭하는 것이다.

반사화소전극층의 마스크링과 에칭에 따르면, 다음 3가지 공정 단계는 포토레지스트를 제거하기위해 수행된다. 즉 1) 제1 플라즈마 애시, 2) 용제 스트립, 및 3) 제2 플라즈마 애시. 이 공정은 평탄한 화소전극층의 디포지션후에 일어나며, 이들은 화소전극층의 표면으로 하여금 거칠음과 반사율의 해당손실을 경험한다.

화소전극의 반사계수에서 포토레지스트 스트립핑의 나쁜 효과는 도12와 도13에 나타내었다. 도12는 제1 플라즈마 애시 단계와 용제 스트립 단계에 따른 도11의 2000Å⁰과 5000Å⁰금속층의 반사율을 나타낸다. 도12에서, 반사율과 금속두께사이의 의존도가 도11에 나타낸 것보다 더 커지게 됨을 주의한다.

도13은 제2 플라즈마 애시 단계에 따른 도12 및 도13에서 나타낸2000Å⁰과 5000Å⁰금속층의 반사율을 나타낸다. 도13에서 반사율과 금속두께사이의 의존도는 제2플라즈마 애시후에는 보다 작아진다는것에 주의한다. 이것은 화소전극층의 증가된 거침도가 그 표면의 노출에 의해 플라즈마 애시 공정으로 이끌려진다는 것을 제시한다.

상기한 논의는 최종플라즈마애시단계가 아래 놓인 금속화소전극층의 반사율을 현저하게 감소시키고 있음을 나타낸다. 이러한 감소를 피하기위해 본 발명은 화소전극층을 에칭하기전 REC를 형성한다. REC와 그의 형성에 대한 논의는 후술하겠다.

7. REC 형성

A. 소개

AlCu의 반사율이 가능한한 작은 거침도로부터 유리하게 되지만, 화소전극층의 최대반사율은 100%보다 작아지는 것이 일반적이다. 따라서 반사율을 증가시키는 다른 수단이 이용되어야 만 한다.

도3J에서 나타낸바와 같이, 유전체의 패시브층은 외부 환경으로부터 실리콘 회로를 보호하기 위해 에칭한후 정상적으로 첨가된다. 그러나 특허출원번호 제 08/827,013호에서 논의한바와 같이 이 패시바이션 성분은 구조적인 간섭을 발생시키기 위해 설계될 수 있다.

그러한 구조적인 간섭은 화소전극층의 상부에서 굴절률이 서로 다른 유전체층에 의해서 달성될수 있다.

패시베이션 유전체 층들의 각각의 경계에서 반사율사이의 간섭은 개개의 박막의 반사율을 초과하기위해 결합한다.

도14는 SiO₂ 1472 및 Si₃N₄ 1474의 교번층을 포함하는 REC를 지지하는 화소전극층(1400)의 단면도이다. SiO₂층(1402)은 약 860Å⁰의 두께를 갖는다. Si₃N₄층(1404)은 약 630Å⁰의 두께를 갖는다. REC의 본 실시예는 두가지 유리한 측면을 갖는다. 첫째로 SiO₂ 및 Si₃N₄는 공통적으로 패시베이션층으로 사용된다. 둘째로 플라즈마 강화된 화학적 기상 증착(PECVD)은 저 온처리 방법을 공통적으로 이용하고 있다. 6절에서 논의한바와 같이, REC의 저온 디포지션은 AlCu 표면으로부터 최적의 반사율을 유지하는데 가장 중요하다.

도15는 REC의 간단한 반사율 다이어그램이다. REC의 여러층의 성분을 선택한 후 나머지 설계 패러미터는 각각의 박막에 대한 두께이다. 예를들어, 한가지는 550nm에서 빛의 중간대역파장의 1/4이 되도록 광학적두께 또는 위상 두께(n*d)를 선택할 수 있다. 1/4파장은 90°가 되도록 위상(φ_v)을 설정하고 두께d에 대해 풀게되는 식(5)의 위상관계식으로부터 유도된다. 이런방법으로 최대반사율은 파장 550nm에서 일어날 수 있다. 식(5)는 구성된 박막의 두께를 그의 굴절률과 그 박막을 통해 전달되는 빛의 파장과 관계를 나타낸 것이다.

$$\varphi_v = \frac{2\pi n_v d_v \cos\theta_v}{\lambda} \quad (5)$$

식(6)은 개개의 박막 특성에 이상적인 기관의 이상적인 박막의 관계를 제공한다. 아래첨자는 제1 박막(1)에 대한 외부 매체의 경계를 나타내며 기관(2)꼭대기에서 박막의 경계를 나타낸다. 예를들어, 한가지는 실리콘 질화물로 상부 막을 취할수 있고 광학적 기관은 AlCu가 될 수 있다. 이 예에서, 첫번째 경계는 공기/SiO₂(1)가 될 수 있으며, 두 번째 경계는 SiO₂/AlCu (2)가 될 수 있다. 일반적으로 n_v의 박막에 대한 관계식은 분자에 합산된 2ⁿ⁻¹곱과 분모에 합산된 항한 2ⁿ⁻¹곱 플러스 1로 전개된다. 이렇듯 항은 진폭계수(r_{k+1})의 나머지 곱에 부가하여 식(5)의 항을 포함한다.

$$r_{ideal} = \frac{r_1 + r_2 \exp[-2j(\varphi_1)]}{1 + r_1 r_2 \exp[-2j(\varphi_1)]} \quad (6)$$

반사계수(r_v)의 수직 입사의 경우에

$$r_v = \frac{n_{v-1} - n_v}{n_{v-1} + n_v} \quad (7)$$

따라서 REC는 화소셀전극의 표면으로부터 AlCu의 표면을 지나 반사율을 강화할수 있다. 이론적으로 반사율은 간섭적층에서 유전체 층의 수가 증가할 때 최대 100%에 점근적으로 가까워질 것이다. 반사율이 100%가 결코되지 않지만, 이론적으로 반사율은 더 많은 박막이 REC에 부가될 때 이론적으로는 점진적으로 증가한다.

B. 4층 REC의 형성

도14에 나타낸바와 같이, 본 발명에 따라 REC를 형성하기위한 공정의 제1 실시예는 먼저 860Å⁰ SiO₂박막을 형성하고, 두 번째는 630Å⁰ Si₃N₄박막을, 세 번째는 860Å⁰ Si₂박막을, 네 번째는 630Å⁰ Si₃N₄박막을 형성한다.

도16은 2000Å⁰ 및 5000Å⁰의 두께를 갖는 화소전극층의 상부에서 층의 결합으로부터 생기는 평균 반사율 데이터를 나타낸다. 도16에서 5000Å⁰금속층을 갖는 웨이퍼의 반사율대해 2000Å⁰금속층을 갖는 웨이퍼의 비교적 높은 반사율을 주목하는 것이 중요하다. 도16에서 데이터는 절 5B와 도10A-10C 및 도11과 관련하여 이미 논의한 결과와 일치하며, 금속 박막층의 디포지션은 성취가능한 최고반사율을 발생시키는 것이 입증된다.

도17은 실리콘위에 형성된 알루미늄층의 상부에 REC를 형성하는 간단한 공정흐름으로부터 초래하는 최대 및 평균반사율의 막대 그래프를 나타낸다. 도17은 2000Å⁰금속층위에서 REC의 평균반사율이 5000Å⁰금속층위에서 REC의 평균 반사율 보다 1% 더 높다는 것을 나타낸다.

C. 온도의 효과

반사율에서 REC 디포지션의 온도 효과를 알기위해 몇가지 실험이 수행되었다. 첫 번째 실험에서, 금속이 디포지트되었고 웨이퍼는 상술한바와같이 4층REC를 형성하는데 필요한 조건으로 데워졌다. 그러나 실험중에 흐르는 가스는 없으며 박막은 디포지트되지 않았다.

도18A-도18D는 반사율에서 그러한 열적 노출의 효과를 나타낸다. 도18A-도18D는 400°C, 400°C, 350°C, 및 300°C에서 각각 4분의 REC열적운영에 노출되고, 실제 REC의 형성을 동반하지 않는 웨이퍼에 대한 반사율을 곡선으로 나타낸 것이다.

노출된 Al은 가시광선 스펙트럼에서 비교적 일정한 반사율을 나타낸다. 도18A-도18D는 REC가 없기 때문에 거의 평탄한 반사율 프로파일의 예측될 수 있다. 따라서 도18A-도18D에서 반사율의 변화는 표면거침도에서 기인할수 있다. 도18A-도18D를 비교하면 최적의 REC디포지션 온도는 도18D에서 나타낸바와같이 300⁰C이다. 이 온도는 AlCu를 최소한도로 거칠게 하며, 주어진 결과는 반사율을 조금 감소시킨다.

또한 도19A-도19C는 금속층의 디포지션을 수반하는 높은 공정온도로 인한 화소전극의 반사율상에 대한 효과를 설명하고 있다. 도19A는 한시간동안 다양한 온도에서 어닐링에 영향을 주는 6500A⁰ 및 2000A⁰ AlCu층의 그레인 사이즈의 변화를 나타낸다. 도19B는 패시베이션층의 형성에 영향을 받아 한시간동안 다양한 온도에서 어닐링되는 6500A⁰ 및 2000A⁰ AlCu층의 표면거침도의 변화를 나타낸다. 도19C는 패시베이션층의 형상에 영향을 받아 한시간동안 다양한 온도에서 어닐링되는 6500A⁰과 2000A⁰의 반사율의 변화를 나타낸다.

도19A에 나타낸바와 같이, 그레인 사이즈는 어닐링 단계후에 디포지션한후 상당히 변화하지 않는다. 그러나 도19B 및 도20C에 나타낸바와 같이 6500A⁰ 및 2000A⁰ 금속층 모두는 어닐링후 증가된 표면 거침도와 감소된 반사율을 경험한다.

두 번째 실험은 반사계수 및 높은 REC 디포지션 온도사이의 상호관계를 증명하기 위해 수행되었다. 도20은 300⁰C와 400⁰C에서 디포지트된 4층 REC를 갖는 웨이퍼의 반사율 데이터를 곡선으로 나타낸 것이다. 400⁰C에서 디포지트된 REC를 갖는 웨이퍼의 반사율의 상당한 감소는 낮은 REC디포지션온도와 강화된 반사율사이의 상호관계를 확증한다.

금속표면위에서 REC층의 반사율에 대한 효과를 평가하는데 있어서, 화소셀전극층의 반사율이 (1) 금속 디포지션의 절대온도(상술한 5A절을 보시오), (2) REC 디포지션의 절대온도(앞서 바로 논의한 것을 보시오)와, (3) 금속디포지션과 REC디포지션사이의 온도 차이에도 의존한다.

표1 및 도21 및 22는 이러한 점을 설명한다. 표1은 금속과 REC 디포지션 온도 조건에 대한 4 결함을 나타낸다.

표 1

결함	AlCu 디포지션 온도 (°C)	REC 디포지션 온도 (°C)	ΔT (°C)
1	50	300	250
2	175	300	125
3	50	400	350
4	175	400	225

도21은 표1에서 나타낸 온도결합1-4하에서 400A⁰ Ti 화소 점착층의 상부에 5000A⁰ AlCu를 디포지션 한 후의 반사율을 나타낸다. 도22는 온도결합1-4하에서 디포지트된 금속의 상부에 4층 REC의 형성후 반사율을 나타낸다. 예측한바와 같이, 일반적으로 최적의 반사율은 결합2에서 관측되며, 이때 AlCu디포지션의 온도와 REC디포지션의 온도사이의 차이는 가장 낮다(125⁰C). 이것은 AlCu와 위에놓인 REC사이의 열팽창 계수의 차에 의해 발생된 응력으로 인한 AlCu층의 휨의 형성에서 기인할 수 있다. 금속과 REC의 형성시간에 온도의 차이가 최소로되는 경우, 열팽창의 차이는 최소가 될 수 있고 AlCu에서 더 작은 응력을 발생한다. 더 작은 응력은 다음에 더 많은 휨을 발생한다.

이상적으로, 금속과 REC 디포지션 온도사이의 차이는 0이 된다. 그러나 이 목표를 달성하는 방법은 알기 어렵다. 왜냐하면 REC를 디포지트하기 위한 최저 범위가 현재 300 및 400⁰C사이에 있기 때문이다. 불행하게도 5A절, 도 9 및 도10A-도10C와 관련하여 상술한 바와 같이 AlCu의 큰 그레인이 고온에서 형성되며 또한 반사율을 감소시킨다.

따라서, 본 발명에 의해 해결된 공정시도는 AlCu와 REC 디포지션 온도사이에 작은차이를 유지하여 휨의 밀도를 낮추는 동안 작은 그레인을 갖는 AlCu의 형성으로 야기하는 조건의 최적화였다.

도21 및 도22는 가능한한 작은 AlCu 디포지션온도와 REC 디포지션온도의 차이를 유지함으로써 성취된 반사율의 잇점을 설명하고 있다. 또한 도21 및 도22는 50⁰C에 대해 175⁰C에서 형성된 더 큰 AlCu 그레인에 의해 야기된 초기 거침도가 REC에 의해 주어진 잇점을 부정하지 않고 있다.

B. 여러층으로된 REC의 효과

제3층과 제4층의 디포지션동안에 REC 박막에서 형성된 거침도의 부족으로 인하여 반사율은 2층 REC에서 더 커지게 된다. 도23A 및 도23B는 2층 REC의 디포지션후와 4층REC의 디포지션후에 측정된 반사율을 곡선으로 나타낸 것이다. 도23A는 웨이퍼의 중심에서 필드 반사율을 곡선으로 나타낸 것이다. 도23B는 웨이퍼의 단부에서 필드 반사율을 곡선으로 나타낸 것이다.

도23A와 도23B로부터 반사율 데이터의 비교는 박막을 디포지션하는 동안 형성된 거침도의 효과가 2층

REC와 비교하여 4층 REC의 반사율을 감소시키지 못함을 나타낸다.

상술한바와 같이 REC의 동작아래 놓이는 이론은 반사율의 증가를 발생할 수 있다. 도24는 6층 REC에 의해 덮혀진 금속층의 최대 및 최소 반사율을 나타낸다.

도23A-도23B 및 도24의 비교는 실험결과가 이론과 상호관련이 없다는 것을 나타낸다. 특히, 고 반사율은 6층 REC의 경우보다 4층 REC의 경우에서 관측된다. 이론과의 이런 차이는 부가적인 2층 박막의 디포지션과 관련하여 증가된 열 에너지가 부가적인 거침도를 형성하고 또한 REC의 부가적인 층으로부터 구조적인 간섭에 의해 주어진 반사율의 잠재적인 잇점이 제거된다 것을 나타내고 있다.

도23A-도23B 및 도24의 비교는 파장에 대한 최대 반사율이 4층 및 6층 REC사이에서와 거의 동일하다는 것을 나타낸다. 부연해서, 도24는 반사된 빛의 대역폭이 REC의 마지막 2층을 부가함으로써 상당히 잘려져 있다. 따라서, 데이터는 REC 디포지션의 열적효과가 5000Å AlCu층의 꼭대기에 간섭적층을 형성함으로써 성취할 수 있는 최대 반사율을 원래부터 제한하고 있다는 것을 나타낸다.

8. 필드에 대한 화소의 반사율

반사율에서 공정의 효과를 조사하는 동안, 예측하지 못한 체계적변화의 원인이 웨이퍼의 비교적 작은 12mm화소영역과 때로는 "필드"라고 하는 테스트 위치의 패턴되지않은 부분사이에서 발생된다. 반사율의 이러한 차이는 몇가지 다른 요소에서 기인할 수 있다.

A. 화소에 대한 필드의 REC 두께

화소와 필드영역위에 놓이는 REC의 두께 차이는 도25에 나타난 반사율 데이터의 관측으로부터 처음 나타내었다. 도25는 두 곳 웨이퍼의 필드영역과 화소영역으로부터의 반사율 측정을 나타낸다. 룯A는 금속층 아래 놓이는 바이어스를 포함하며, 룯B는 그러한 바이어스를 포함하지 않는다. 룯A 및 룯B 모두에서 필드영역의 반사율은 화소 영역의 반사율보다 더 크다.

이 결과는 도26에 의해 확인된다. 도26은 4층 REC의 두께를 나타내는 필드영역과 화소영역위에서 TEM단면을 나타낸다. 도26은 화소영역위에서 그들의 두께와 대조하여 보면 필드영역위에서 REC층의 증가된 두께를 일정하게 나타낸다.

도27은 단면을 도26에 나타난 웨이퍼 단면의 이론적 반사율과 측정된 반사율을 나타낸다. 이론적인 반사율은 도26에 나타난 식(5)와 박막 두께를 이용하여 계산된다. 이론적인 반사율 스펙트럼과 측정된 반사율 스펙트럼은 정확히 일치하지 않지만, 도27은 두께와 스펙트럼 응답간에 예측된 관계, 즉 REC박막두께가 감소될 때 반사율 스펙트럼이 파장 스펙트럼의 좌측으로 변화한다는것을 나타낸다.

이론적인 반사율 스펙트럼과 측정된 반사율 스펙트럼의 차이에서 기인하는 에러의 원인은

- (1) TEM으로부터 두께의 부정확한 외삽법(extrapolation)이 올바르지 않다.
- (2) 계산에 이용된 AlCu의 부정확한 분산, 및/또는
- (3) TEM단면과 동일한 위치가 아닌 (즉 두께가 동일하지 않음)웨이퍼에서 반사율의 측정.

B. 화소 "딤플(dimple)"

도2에 나타낸바와 같이, 화소 전극(212a 및 212b)은 아래 놓인 비어(240)와 상호연결 금속화(222,224)를 통해 아래놓인 저장캐패시터 구조(218a, 218b)와 전기적으로 접촉한다. 특히 도3C-도3E는 최고내부 금속유전체층에 대한 비어(340)의 에칭을 나타낸다. 다음에 티타늄과 티타늄 질화물을 포함하는 비어 선형층(342)이 형성되고 그 다음으로 텅스텐(344)이 전체 웨이퍼위에 디포지트된다. 끝으로 텅스텐(344)이 웨이퍼 표면으로부터 전체적으로 에칭된다.

도3E에 나타난 최종에칭은 웨이퍼의 표면에 수직한 방향으로 텅스텐을 제거하며 결국 최고내부유전체층 내에 이미 형성된 공간에 텅스텐이 남게된다. 나머지 텅스텐은 최고내부금속유전체층의 꼭대기에 있는 티타늄 질화물의 표면에 남지 않는다는 것을 보장하기 위해 텅스텐 에칭은 최대 텅스텐 두께를 에칭하는데 필요로하는 것보다 좀더 오랜동안에 증가된다. 이 과도한 에칭의 결과, 텅스텐 플러그(344a)는 티타늄 질화물 비어 선형 층의 표면보다 약간 더 낮게 위치된다.

화소전극층(312)이 비어위에 형성되기 때문에, 디포지트된 AlCu는 티타늄질화물과 텅스텐 플러그 지형에 따르게 되며 디프레션 또는 "딤플"(347)은 화소 전극의 중심에 형성된다.

도28은 동일한 웨이퍼에서 각각 화소셀의 중심과 코너(필드영역)의 고 반사율과 저 반사율을 나타낸다. 도28은 반사율이 필드영역에서보다 화소영역에서 일관되게 더 낮다는 것을 나타낸다. 반사율에서 이러한 차이는 1) 화소의 단부로 부터 산란, 2) 화소의 단부로 부터 회절, 또는 3) 측정 스폿(이것은 화소와 동일 사이즈임)의 10µm직경의 비정렬에 기인할 수 있다.

9. 결론

도29A-도29M은 본 발명의 여러 실시예에 따른 단계를 결합시킨 공정흐름의 단면도이다.

도3A와 동일한 도29A는 비교적 낮은 금속화 층(3224)상에 최고내부금속유전체층(3228)의 형성을 나타낸다. 도3B와 동일한 도29B는 SOG평탄화의 공정을 사용하는 비교적 높은 내부금속유전체층 표면의 레벨링을 나타낸다.

도29C는 내부금속유전체(3228)를 더욱 평탄화하기 위해 TEOS의 화학적 기계적 연마로 이어지는 TEOS 램의 디포지션을 나타낸다. 도29D는 바이어스(3240)를 형성하기 위해 에칭으로 이어지는 최고내부금속유전체(3228)의 평탄화 표면위에서 포토레지스트 마스크(3230)의 패턴닝을 나타낸다.

도29E는 바이어스(3242)를 포함하는 최고내부금속유전체(3228)위에 텅스텐(3244)층의 형성으로 이어지는 바이어스(3242)내에 선형층의 형성을 나타낸다. 도29F는 바이어스(3240)의 텅스텐 외층을 제거하기 위한 텅스텐 층(3244)의 재에칭을 나타낸다. 도29G는 나머지 비어 선형층(3242)에 의해 기여된 거침도를 감소시키기위한 텅스텐 재에칭후의 CMP를 나타낸다.

도29H는 100Å⁰과 400Å⁰ 두께사이의 평행의 티타늄 층으로부터 형성된 화소 점착 아래층(3246)의 형성을 나타낸다.

도29I는 화소점착하위층(3246)의 상부에서 화소전극층(3212)의 형성을 나타낸다. 화소전극층(3212)은 약 175°C에서 AlCu를 디포지트함으로써 형성된다.

도29J는 새로이 디포지트된 화소전극층(3212)의 상부에서 제1 유전체 막(3252a)의 형성을 나타낸다. 제1 유전체 막은 REC의 최하층을 구성하며 또한 화소 전극층이 형성되는 온도에 가능한한 가까운 온도에서 디포지트된다.

도29K는 제1 유전체 막(3252a)의 상부에서 화소 포토레지스트 마스크(3250)의 형성을 나타낸다. 도29L은 화소포토레지스트마스크(3250)에 의해 언마스크된 영역에서 제1유전체 막(3252a), 화소전극층(3212) 및 화소점착층(3246)의 에칭을 나타낸다. 이 에칭단계는 화소전극층(3212)으로부터 각각의 화소전극(3212a 및 3212b)을 한정함으로써 각각의 화소 셀을 형성한다.

도29M은 제2, 제3 및 제4 유전체 막(3252b, 3252c, 3252d)을 제1유전체막(3252a)의 상부에 각각 형성함으로써 REC(3252)의 완성을 나타낸다. 이 단계동안에 박막(3252b, 3252c, 3252d)으로부터 유전체 재료는 에칭된 갭(3260), 부가해서 전기적으로 절연된 화소전극(3212a, 3212b)으로 들어간다.

본 발명은 본 발명에 따른 공정의 한 특별한 바람직한 실시예와 관련하여 도29A-도29M에서 상술하였지만 청구된 본 발명은 정확한 공정흐름을 과도하게 제한하지 않음을 이해하여야 한다. 본 발명의 공정에서 여러 다른 수정이나 변경은 본 발명의 범위와 사상으로 부터 벗어남이 없이 본 기술분야에 숙련된 사람에게서는 자명하게 될 것이다.

예를들어, 본 발명의 바람직한 실시예에서 제시한 공정의 불연속 단계는 개별적으로 뿐만아니라 결합으로서 이용될 수 있다. 따라서 아래놓인 내부금속유전체의 SOG평탄화후의 CMP는 W재에칭 및/또는 REC형성후에 CMP와 관련한 사용과 무관하게 반사율을 개선할 수 있다. 유사하게 본 발명에 따른 REC의 형성은 내부금속유전체의 SOG평탄화후의 CMP 및/또는 텅스텐 재에칭후의 CMP가 수행되든 않하든 그에 무관하게 수행될 수 있다.

더욱이, 본 발명에 따른 공정은 도29A-도29M에서 기술한 공정단계의 정확한 순서에 제한될 필요가 없다. 예를들어 REC층들 모두는 본 발명의 범위로 부터 벗어남이 없이 개개의 화소 셀을 형성하기 위해 화소 전극층의 에칭에 앞서 디포지트 될 수 있다.

또한 본 발명에 따른 공정은 제1실시예를 기술하기 위해 인용된 특정의 공정 파라미터에 제한되지 않는다. 화소전극층과 REC의 디포지션은 형성된 금속그레인의 사이즈가 작아지게되는 초기의 제한과 힐록의 형성을 억제하기위해 금속의 온도와 REC형성사이에 가능한 한 작은 차이의 유지와 함께, 실행가능한 공정온도에서 일어날 수 있다.

따라서, 다음의 청구항은 본 발명의 범위를 한정하며 또한 이들 청구항의 범위와 그들의 등가내에서의 방법 및 구성은 여기에 포괄하고 있다는 것을 의미하고 있다.

발명의 효과

본 발명에서 제시한 공정의 불연속 단계는 개별적으로 뿐만아니라 결합으로서 이용될 수 있다. 따라서 아래놓인 내부금속유전체의 SOG평탄화후의 CMP는 W재에칭 및/또는 REC형성후에 CMP와 관련한 사용과 무관하게 반사율을 개선할 수 있다. 유사하게 본 발명에 따른 REC의 형성은 내부금속유전체의 SOG평탄화후의 CMP 및/또는 텅스텐 재에칭후의 CMP가 수행되든 않하든 그에 무관하게 수행될 수 있다.

또한 본 발명에 따른 공정에서 화소전극층과 REC의 디포지션은 형성된 금속그레인의 사이즈가 작아지게 되는 초기의 제한과, 힐록의 형성을 억제하기위해 금속의 온도와 REC형성사이에 가능한한 작은 차이의 유지와 함께, 수행가능한 공정온도에서 일어날 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

- 상호연결 금속화의 최고층의 상부에 최고내부금속유전체층을 형성하는 단계;
- 상기 최고내부금속유전체를 평탄화 하는 단계;
- 상기 최고내부금속유전체내에 비어를 형성하는 단계;
- 상기 비어의 벽을 선형층으로 라인닝하는 단계;
- 상기 비어를 전기적 전도성 재료로 채우는 단계;
- 상기 최고레벨 내부금속유전체와 상기 비어의 상부에 전극 점착층을 형성하는 단계;
- 상기 전극 점착층의 상부에 전극층을 형성하는 단계;
- 상기 전극층의 상부에 상기 전극층에 의해 반사된 광파의 구조적 간섭을 발생하는 반사 강화 코팅을 형

성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로하는 반사전극을 형성하기 위한 공정.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 최고내부금속유전체를 평탄화하는 단계는 상기 최고내부금속유전체의 상부에 SOG를 형성하는 단계, 상기 SOG와 상기 내부금속유전체를 에칭하는 단계, 및 상기 에칭된 내부금속유전체를 화학적 기계적으로 연마하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반사전극을 형성하기 위한 공정.

청구항 3

지지면을 제공하는 단계;

상기 지지면을 화학적 기계적으로 연마하는 단계;

점착층을 형성하는 단계;

디포지트된 금속층의 그레이н 사이즈가 최소화되도록하는 가능한 한 낮은 처음 온도에서 상기 점착층의 상부에 금속층을 디포지트 하는 단계;

상기 금속층의 디포지션 직후 상기 금속층내에서 힐록 형성을 억제하기 위해 처음온도에 가능한 한 가까운 두 번째 온도에서 상기 금속층의 상부에 디포지트된 제1유전체막을 갖는 반사 강화코팅을 디포지트 하는 단계를 포함하는데, 상기 반사강화 코팅은 상기 금속층에 의해 반사된 광파의 구조적 간섭을 발생 하는 것을 특징으로 하는 반사금속표면을 형성하기 위한 공정.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 금속층을 디포지트 하는 단계는 175⁰C의 처음온도에서 가중치에 의해 99.5%의 알루미늄과 0.5%의 구리의 혼합물을 디포지트하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반사금속표면을 형성하기 위한 공정.

청구항 5

다수의 반사화소 전극을 갖는 액정 광밸브를 형성하기 위한 공정에 있어서,

상호연결 금속화의 최고층의 상부에 최고내부금속유전체층을 형성하는 단계;

상기 최고 내부금속 유전체를 평탄화하는 단계;

상기 최고내부금속유전체내에 비어를 형성하는 단계;

상기 비어의 벽을 라이너 층으로 라인닝하는 단계;

상기 비어를 전기적 전도성 재료로 채우는 단계;

상기 최고레벨내부금속유전체와 상기 비어의 상부에 전극 점착층을 형성하는 단계;

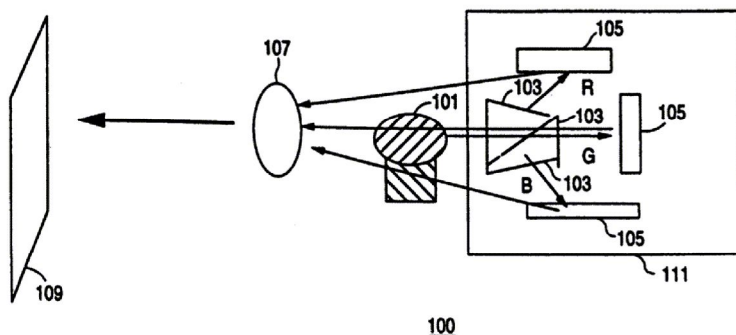
상기 전극점착층의 상부에 전극층을 형성하는 단계;

상기 전극층의 상부에 상기 전극층에 의해 반사된 광파의 구조적 간섭을 발생하는 반사 강화코팅을 형성하는 단계; 및

선택된 영역에서 상기 반사 강화 코팅, 상기 전극층 및 상기 화소 점착층을 에칭함으로써 다수의 전기적으로 절연된 반사화소 전극을 한정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 액정광밸브를 형성하기 위한 공정.

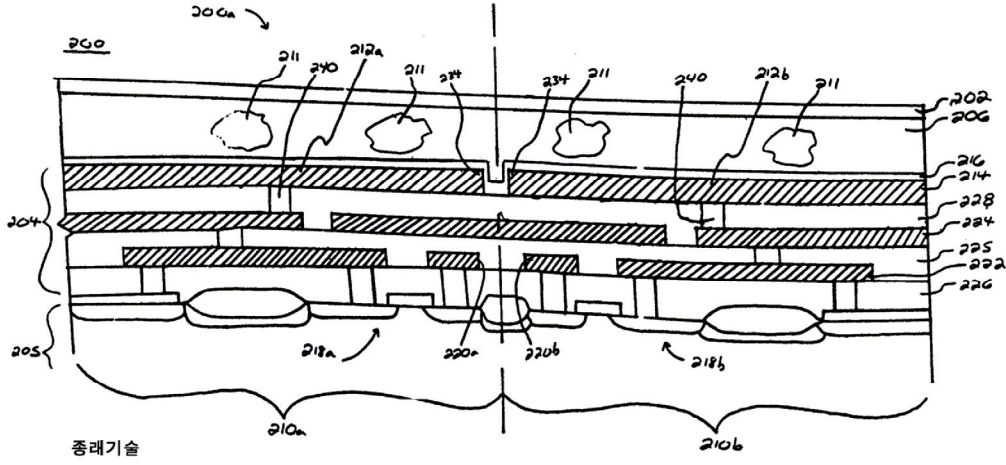
도면

도면1

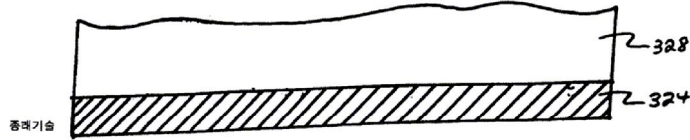


종래기술

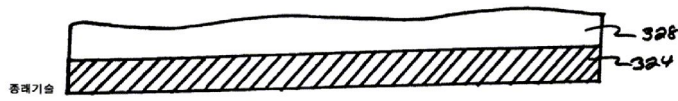
도면2



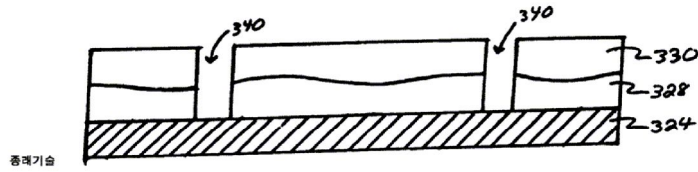
도면3a



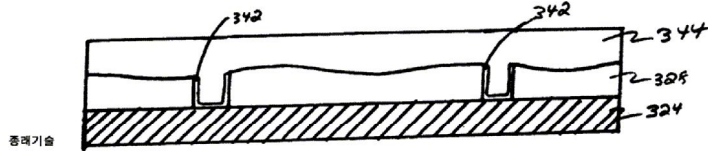
도면3b



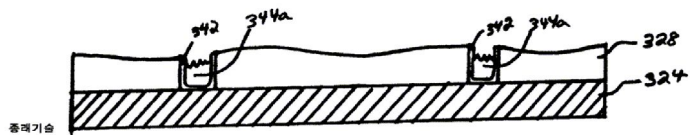
도면3c



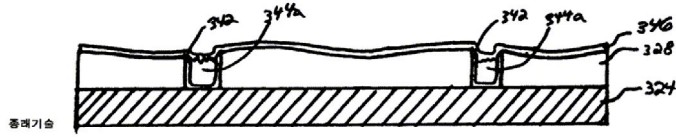
도면3d



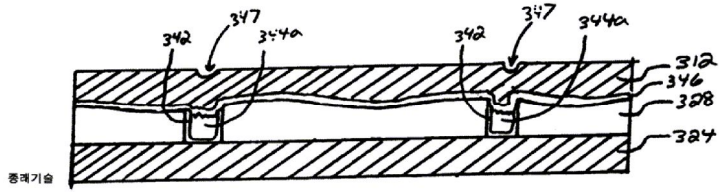
도면3e



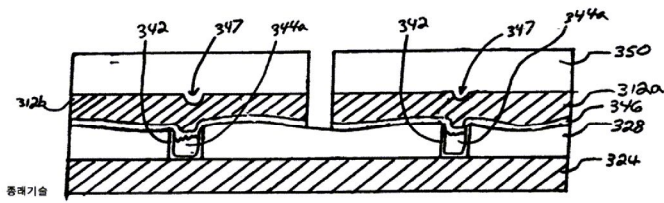
도면3f



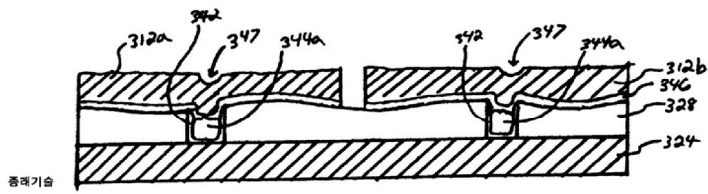
도면3g



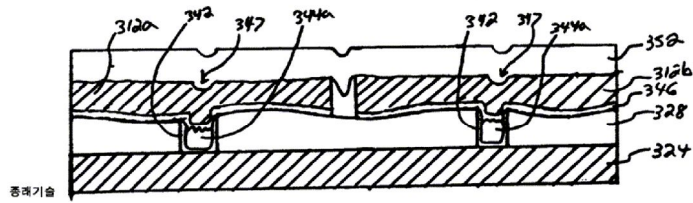
도면3h



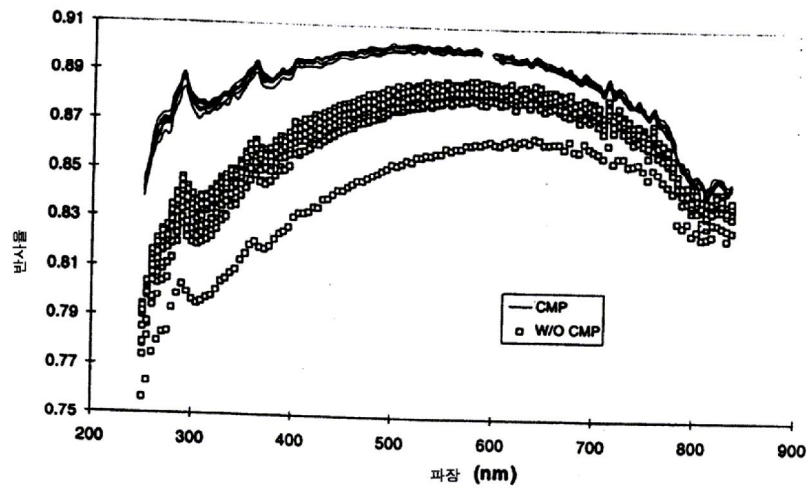
도면3i



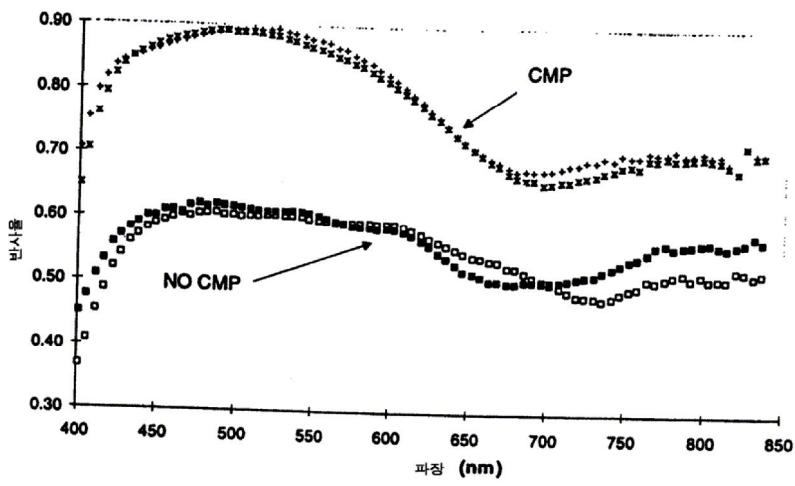
도면3j



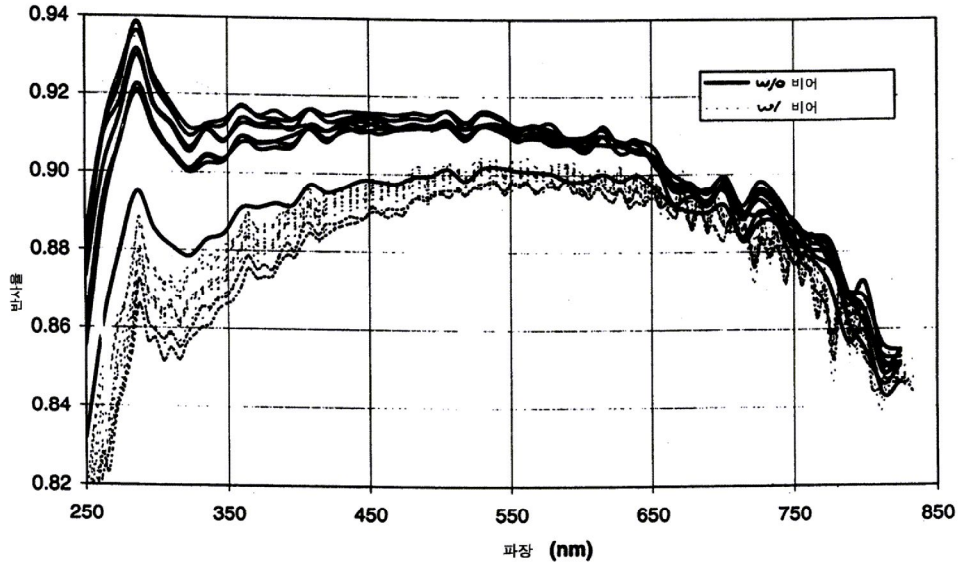
도면4



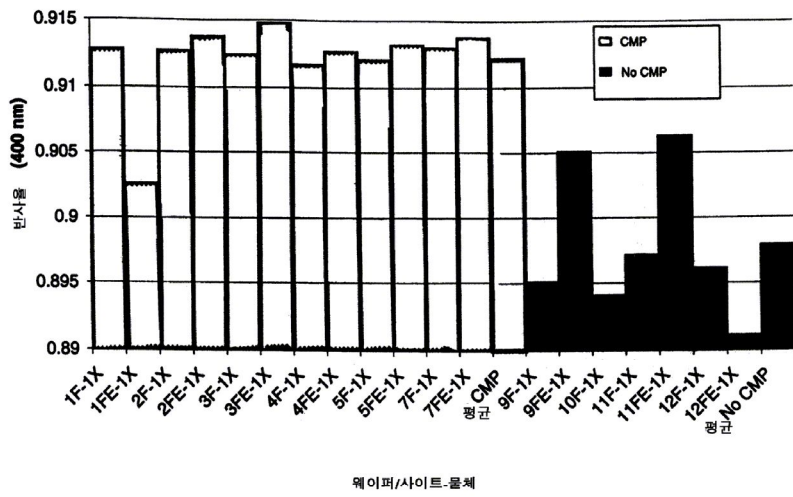
도면5



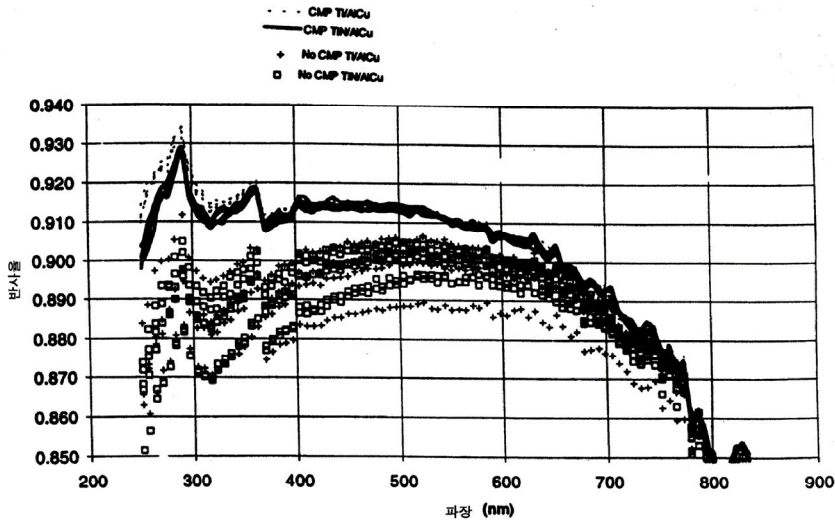
도면6



도면7



도면8



도면9

