

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0069079
G02F 1/136 (2006.01) (43) 공개일자 2006년06월21일

(21) 출원번호 10-2004-0108172
(22) 출원일자 2004년12월17일

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 양영철
경기도 성남시 분당구 정자동 한솔마을주공6단지아파트 610동 1104호
송근규
경기도 성남시 분당구 정자동 한솔마을 청구아파트 108동 404호
김보성
서울특별시 서초구 방배2동 474-20번지 3층
홍문표
경기도 성남시 분당구 정자동 한솔마을 청구아파트 107동 1103호

(74) 대리인 유미특허법인

심사청구 : 없음

(54) 박막 트랜지스터 표시판 및 액정 표시 장치

요약

본 발명에서는 게이트 절연막의 두께와 굴절율을 곱한 값과 보호막의 두께와 굴절율을 곱한 값을 더하고 그 더한 값의 4배가 파장의 짝수배가 되고, 화소 전극의 두께와 굴절율을 곱한 값의 4배가 파장의 짝수배가 되도록 한다.

이와 같이 질화 규소막과 화소 전극은 각각 보강 간섭 조건을 만족시키는 두께로 형성함으로써 표시 장치의 투과율이 향상되며, 이로 인한 표시 품질도 좋아진다.

대표도

도 3

색인어

막 두께, 굴절율, 투과율, 최적 조건

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 액정 표시 장치용 박막 트랜지스터 표시판의 배치도이다.

도 2는 도 1의 II-II 선에 대한 단면도이다.

도 3은 표시 영역의 단면의 적층 구조를 상세하게 도시한 단면도이다.

도 4는 굴절율과 두께를 가지는 층이 일반적으로 적층된 구조를 도시하고 있는 단면도이다.

도 5는 다중반사에 의한 간섭효과를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 화소 전극의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

도 7은 질화 규소막의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

도 8은 유기 절연막의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

도 9는 종래의 최적화된 두께를 이용하면서 유기 절연막을 적층한 경우와 본 발명에 따른 최적화된 두께를 이용한 경우의 투과율을 파장에 따라 도시하고 있는 그래프이다.

도 10은 본 발명에 따른 최적화된 표시 장치에서 유기 절연막의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

110: 절연 기관 124: 게이트 전극

131: 유지전극선 140: 게이트 절연막

150: 진성 비정질 규소층 160: 불순물 비정질 규소층

170: 도전체층 173: 소스 전극

175: 드레인 전극 180: 보호막

181: 유기 절연막 182, 185, 189: 접촉 구멍

190: 화소 전극 81, 82: 접촉 보조 부재

300: 액정

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 박막 트랜지스터 기관에 대한 발명이다.

박막 트랜지스터 표시관은 액정 표시 장치나 유기 EL(electro luminescence) 표시 장치 등에서 각 화소를 독립적으로 구동하기 위한 회로 기관으로써 사용된다. 박막 트랜지스터 표시관은 주사 신호를 전달하는 게이트선과 화상 신호를 전달하는 데이터선이 형성되어 있고, 게이트선 및 데이터선과 연결되어 있는 박막 트랜지스터, 박막 트랜지스터와 연결되어 있는 화소 전극, 게이트선을 덮어 절연하는 게이트 절연막 및 박막 트랜지스터와 데이터선을 덮어 절연하는 보호막 등을 포함하여 이루어져 있다. 박막 트랜지스터는 게이트선의 일부인 게이트 전극과 채널을 형성하는 반도체, 데이터선의 일부인 소스 전극과 드레인 전극 및 게이트 절연막과 보호막 등으로 이루어진다. 박막 트랜지스터는 게이트선을 통하여 전달되는 주사 신호에 따라 데이터선을 통하여 전달되는 화상 신호를 화소 전극에 전달 또는 차단하는 스위칭 소자이다.

이러한 박막 트랜지스터 표시판을 사용하는 대표적 장치로서 액정 표시 장치가 있는데, 액정 표시 장치에서 개구율을 높이기 위해 유전율이 작고 두꺼운 두께를 만들 수 있는 유기막을 보호막으로 사용하고 있다. 이는 화소 전극과 데이터선 및 게이트선 사이에 형성되는 캐패시턴스를 줄임으로서 기존의 무기막을 사용할 경우의 화소 전극과 데이터선 및 게이트선간의 최소 이격거리(약 3~4 μm)를 더 작게 하거나, 상호 오버랩(overlap)되도록 함으로써 개구율을 넓힐 수 있기 때문이다.

그러나 실제 광투과율은 유기막의 투과율 및 막간의 굴절을 차이에 의한 다중반사에 의하여 간섭 효과가 발생하며 원하는 만큼의 투과율을 얻지 못하고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 유기 절연막을 사용하면서도 최고의 투과율을 얻을 수 있는 조건을 만족시키는 박막 트랜지스터 표시판을 제공하고자 한다.

발명의 구성 및 작용

이러한 과제를 해결하기 위하여 본 발명에서는 게이트 절연막의 두께와 굴절을 곱한 값과 보호막의 두께와 굴절을 곱한 값을 더하고 그 더한 값의 4배가 파장의 짝수배가 되고, 화소 전극의 두께와 굴절을 곱한 값의 4배가 파장의 짝수배가 되도록 한다.

구체적으로는, 기판, 상기 기판 위에 형성되어 있는 게이트선, 상기 게이트선 및 기판을 덮으며 형성되어 있는 게이트 절연막, 상기 게이트 절연막 위에 형성되어 있는 데이터선, 상기 데이터선을 덮으며 형성되어 있는 보호막, 상기 보호막 위에 형성되어 있는 유기 절연막, 상기 유기 절연막 위에 형성되어 있는 화소 전극을 포함하며, 막의 두께를 d 라하고 막의 굴절을 n 이라 할 때, 아래의 조건을 만족하는 박막 트랜지스터에 대한 것이며,

$$4(d_{\text{게이트절연막}} n_{\text{게이트절연막}} + d_{\text{보호막}} n_{\text{보호막}}) = \text{파장의 짝수배}$$

$$4 d_{\text{화소전극}} n_{\text{화소전극}} = \text{파장의 짝수배}$$

상기 게이트 절연막과 보호막은 질화 규소(SiNx)로 형성되어 있는 것이 바람직하며,

상기 질화 규소(SiNx)는 1.8 이상 1.9 이하의 굴절을 가지는 것이 바람직하며,

상기 화소 전극은 ITO로 형성되어 있으며, 굴절율은 1.8 이상 1.9 이하의 굴절을 가지는 것이 바람직하며,

상기 유기 절연막은 1.4 이상 1.6 이하의 굴절을 가지는 것이 바람직하며,

제1 절연 기판, 상기 제1 절연 기판 위에 형성되어 있는 게이트 절연막, 상기 게이트 절연막 위에 형성되어 있는 보호막, 상기 보호막 위에 형성되어 있는 유기 절연막, 상기 유기 절연막 위에 형성되어 있는 화소 전극, 상기 제1 기판에 대향하는 제2 절연 기판, 상기 제1 절연 기판 및 상기 제2 절연 기판 사이에 주입된 액정을 포함하며, 막의 두께를 d 라하고 막의 굴절을 n 이라 할 때, 아래의 조건을 만족하는 액정 표시 장치에 대한 것이다.

$$4(d_{\text{게이트절연막}} n_{\text{게이트절연막}} + d_{\text{보호막}} n_{\text{보호막}}) = \text{파장의 짝수배}$$

$$4 d_{\text{화소전극}} n_{\text{화소전극}} = \text{파장의 짝수배}$$

첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다.

이제 본 발명의 실시예에 따른 박막 트랜지스터 표시판에 대하여 도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.

구체적으로는 도 1에 도시된 바와 같이, 하나의 실시예는 박막 트랜지스터 표시판의 표시 영역에 위치한 박막 트랜지스터, 화소 전극 및 신호선의 부분과 주변영역에 위치한 신호선의 확장부를 포함하며, 도 1은 액정 표시 장치용 박막 트랜지스터 표시판의 배치도이고, 도 2는 도 1의 II-II 선을 따라 잘라 도시한 단면도이다.

절연 기판(110) 위에 게이트 신호를 전달하며, 주로 가로 방향으로 뻗어 있는 복수의 게이트선(121)이 형성되어 있다.

각 게이트선(121)의 일부는 복수의 게이트 전극(124)을 이룬다. 또한 각 게이트선(121)은 외부 장치와의 접속을 위하여 폭이 확장되어 있는 확장부(125)를 포함한다. 게이트선(121)의 대부분은 표시 영역에 위치하지만, 게이트선(121)의 확장부(125)는 주변 영역에 위치한다.

게이트선(121)은 물리적 성질이 다른 두 개의 막, 즉 하부막(121p)과 그 위의 상부막(121q)을 포함한다. 상부막(121q)은 게이트 신호의 지연이나 전압 강하를 줄일 수 있도록 낮은 비저항의 금속, 예를 들면 알루미늄(Al)이나 알루미늄 합금 등 알루미늄 계열의 금속으로 이루어진다. 이와는 달리, 하부막(121p)은 다른 물질, 특히 ITO(indium tin oxide) 및 IZO(indium zinc oxide)와의 물리적, 화학적, 전기적 접촉 특성이 우수한 물질, 이를테면 몰리브덴(Mo), 몰리브덴 합금[보기: 몰리브덴-텅스텐(MoW) 합금], 크롬(Cr), 탄탈륨(Ta), 티타늄(Ti) 등으로 이루어진다. 하부막(121p)과 상부막(121q)의 조합의 예로는 크롬/알루미늄-네오디뮴(Nd) 합금을 들 수 있다. 도 2에서 게이트 전극(124)의 하부막과 상부막은 각각 도면 부호 124p, 124q로 표시되어 있다. 그리고 게이트선(121)의 확장부(125)도 상부막(125q)과 하부막(125p)을 포함한다.

또한 하부막(121p)과 상부막(121q)의 측면은 각각 경사져 있으며 그 경사각은 기판(110)의 표면에 대하여 약 30-80도를 이룬다.

게이트선(121) 위에는 질화규소(SiNx) 따위로 이루어진 게이트 절연막(140)이 형성되어 있다.

게이트 절연막(140) 상부에는 수소화 비정질 규소(hydrogenated amorphous silicon)(비정질 규소는 약칭 a-Si로 씀) 등으로 이루어진 복수의 반도체(150)가 형성되어 있다. 반도체(150)는 주로 게이트 전극(124)위에 형성되어 있으며, 반도체(150)는 게이트 전극(124)보다 넓은 면적을 덮고 있다.

반도체(150)의 상부에는 실리사이드(silicide) 또는 n형 불순물이 고농도로 도핑되어 있는 n+ 수소화 비정질 규소 따위의 물질로 만들어진 복수의 선행 저항성 접촉 부재(163, 165)가 형성되어 있다. 선행 저항성 접촉 부재는 둘로 나뉘어져 있으며, 서로 쌍을 이루어 반도체 위에 위치한다.

반도체(150)와 저항성 접촉 부재(163, 165)의 측면 역시 경사져 있으며 경사각은 30-80도를 이룬다.

저항성 접촉 부재(163, 165) 및 게이트 절연막(140) 위에는 각각 복수의 데이터선(171)과 복수의 드레인 전극(175)이 형성되어 있다.

데이터선(171)은 주로 세로 방향으로 뻗어 게이트선(121)과 교차하며 데이터 전압을 전달한다. 각 데이터선(171)은 외부 장치와의 접속을 위하여 폭이 확장되어 있는 확장부(179)를 포함한다. 데이터선(171)의 대부분은 표시영역에 위치하지만, 데이터선(171)의 확장부(179)는 주변 영역에 위치한다.

각 데이터선(171)에서 드레인 전극(175)을 향하여 뻗은 복수의 가지가 소스 전극(173)을 이룬다. 한 쌍의 소스 전극(173)과 드레인 전극(175)은 서로 분리되어 있으며 게이트 전극(124)에 대하여 서로 반대쪽에 위치한다. 게이트 전극(124), 소스 전극(173) 및 드레인 전극(175)은 반도체(150)와 함께 박막 트랜지스터(thin film transistor, TFT)를 이루며, 박막 트랜지스터의 채널은 소스 전극(173)과 드레인 전극(175)사이의 돌출부(150)에 형성된다.

데이터선(171)과 드레인 전극(175) 또한 몰리브덴(Mo), 몰리브덴 합금, 크롬(Cr) 따위의 하부막(171p, 175p)과 그 위에 위치한 알루미늄 계열 또는 은 계열 금속인 상부막(171q, 175q)으로 이루어진다. 그리고 데이터선(171)의 확장부(179)도 상부막(179q)과 하부막(179p)을 포함한다.

데이터선(171) 및 드레인 전극(175)의 하부막(171p, 175p)과 상부막(171q, 175q)도 게이트선(121)과 마찬가지로 그 측면이 약 30-80도의 각도로 각각 경사져 있다.

저항성 접촉 부재(161, 165)는 그 하부의 반도체(150)와 그 상부의 데이터선(171) 및 드레인 전극(175) 사이에만 존재하며 접촉 저항을 낮추어 주는 역할을 한다. 선형 반도체(151)는 소스 전극(173) 및 드레인 전극(175)에 가리지 않고 노출된 부분을 가지고 있다.

데이터선(171), 드레인 전극(175) 및 노출된 반도체(150) 부분의 위에는 무기 물질인 질화규소 따위로 이루어진 보호막(180)이 형성되어 있다.

보호막(180)의 위에는 평탄화 특성이 우수하며 감광성(photosensitivity)을 가지는 유기 물질로 형성된 유기 절연막(181)이 형성되어 있다.

보호막(180) 및 유기 절연막(181)에는 드레인 전극(175) 및 데이터선(171)의 확장부(179)를 각각 드러내는 복수의 접촉 구멍(185, 189)이 형성되어 있으며, 게이트 절연막(140)과 함께 게이트선(121)의 확장부(125)를 드러내는 복수의 접촉 구멍(182)이 형성되어 있다.

유기 절연막(181)위에는 복수의 화소 전극(190)과 복수의 접촉 보조 부재(81, 82)가 형성되어 있다.

화소 전극(190)은 투명한 도전체인 ITO 또는 IZO로 이루어져 있다. 화소 전극(190)은 접촉 구멍(185)을 통하여 드레인 전극(175)과 각각 물리적, 전기적으로 연결되어 드레인 전극(175)으로부터 데이터 전압을 인가 받는다.

데이터 전압이 인가된 화소 전극(190)은 공통 전압을 인가 받는 다른 표시관(도시하지 않음)의 공통 전극(도시하지 않음)과 함께 전기장을 생성함으로써 두 전극사이의 액정층(도시하지 않음)의 액정 분자들을 재배열시킨다.

또한 화소 전극(190)과 공통 전극은 축전기[이하 "액정 축전기"라 함]를 이루어 박막 트랜지스터가 턴 오프된 후에도 인가된 전압을 유지하는데, 액정 축전기의 전압 유지 능력을 강화하기 위해서 액정 축전기와 병렬로 연결된 다른 축전기를 두는 경우도 있다.

화소 전극(190)은 또한 이웃하는 게이트선(121) 및 데이터선(171)과 중첩되어 개구율을 높이고 있으나, 중첩되지 않을 수도 있다.

접촉 보조 부재(81, 82)는 접촉 구멍(182, 189)을 통하여 게이트선의 확장부(125) 및 데이터선의 확장부(179)와 각각 연결된다. 접촉 보조 부재(81, 82)는 게이트선(121) 및 데이터선(171)의 각 확장부(125, 179)와 외부 장치와의 접촉성을 보완하고 이들을 보호하는 역할을 하는 것으로 필수적인 것은 아니며, 이들의 적용여부는 선택적이다. 이러한 접촉 보조 부재(81, 82)도 투명 도전체인 ITO 또는 IZO로 이루어져 있다.

도 1 및 도 2에서는 게이트선 및 데이터선이 이중층 구조로 형성되어 있는 실시예를 도시하고 있으나, 단일층 또는 3중층으로 형성하는 것도 가능하다.

도 2에서 표시 영역을 형성하는 화소 전극의 하부 및 상부 층상 구조는 도 3에 도시된 바와 같다.

도 3은 표시 영역의 단면의 적층 구조를 상세하게 도시한 단면도이다.

도 3에 도시하고 있는 바와 같이 절연 기판(110)위에 질화 규소(SiNx)로 적층된 게이트 절연막(140)이 형성되어 있고, 그 위에 질화 규소(SiNx)로 적층된 보호막(180)이 형성되어 있다. 그 위에 유기 절연막(181)이 형성되어 있으며, 그 위에 화소 전극(190)이 형성되어 있다. 화소 전극(190)의 상부에는 액정(300)이 위치하고 있다. 그러므로 액정 표시 장치는 백라이트 유닛의 광원에서부터 출발한 빛이 도 3에 도시된 층을 순차적으로 투과한 후 액정(300)의 배향 방향에 따라 투과 정도가 정해지며, 이를 통하여 화상을 표시하게 된다.

그러므로 액정의 하부에 형성되어 있는 각각의 층에 대한 투과율이 최적인 경우 액정 표시 장치의 휘도도 좋아진다. 이하에서는 각각의 층에 대한 최적의 투과율을 구하는 식을 이론 및 시뮬레이션을 통하여 제시하고자 한다.

우선 도 3에 적층된 각 층의 굴절율을 살펴보면 아래와 같다. 일반적으로 질화 규소(SiNx)를 적층한 게이트 절연막(140)과 보호막(180)은 굴절율이 1.8 내지 1.9를 가진다. 또한, ITO나 IZO로 형성되는 화소 전극(190)도 굴절율이 1.8 내지 1.9이다. 그러나 유기 절연막(181)을 형성하는 유기막은 굴절율이 대략 1.5 정도를 가지며, 유리를 사용하는 절연 기판(110)과 액정(300)은 대략 1.5 정도의 굴절율을 가진다. 그러므로 표시 영역의 적층 구조는 굴절율 1.5 정도를 가지는 3개의 층 사이에 1.8 내지 1.9의 굴절율을 가지는 층이 삽입되어 있는 구조를 가진다.

도 4는 굴절율과 두께를 가지는 층이 적층된 구조를 도시하고 있는 단면도이다.

도 4에는 맨 아래에 형성된 입사매질(n_0)과 맨 위에 형성된 투과매질(n_{N+1}) 사이에 N개의 막이 형성되어 있다. 각 막은 굴절율(n)과 두께(d)를 가지며 빛이 입사하면 각 막에 의하여 다중 반사가 일어나고, 이에 따라서 간섭현상이 일어난다. 간섭현상이 일어나기 좋은 조건은 일반적으로 입사매질 및 투과매질과의 굴절율의 차이가 크고, 막의 두께가 빛의 간섭길이(coherence length)보다 작아야한다. 여기서는 입사매질과 투과매질의 두께는 간섭현상이 일어나지 않도록 간섭 길이보다 크게 형성하여 입사매질과 투과매질사이의 막에서만 간섭이 발생한다고 하자. 실제 표시 장치에서도 절연 기판(110)과 액정(300)은 빛의 간섭길이보다 크게 형성할 수 있다.

각 막의 굴절율은 $n_i(i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, N, N+1\})$ 라하고, 각 막의 두께는 $d_i(i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, N, N+1\})$ 라 하자.

이를 이용하여 간섭현상이 일어나는 조건은 아래와 같다.

$$d_j \leq \text{빛의 간섭 길이 } (j \in \{1, 2, 3, \dots, N\})$$

$$d_i \geq \text{빛의 간섭 길이 } (i \in \{0, N+1\})$$

수학식 1

$$\begin{aligned} |n_0 - n_1| &\geq 0.05 / (n_0 + n_1), \\ |n_N - n_{N+1}| &\geq 0.05 / (n_N + n_{N+1}), \end{aligned}$$

{1, 2, 3, ..., N} 막들에서의 다중 반사에 의한 간섭을 고려할 때, 투과광의 세기가 가장 커지기 위한 조건은 다음과 같다.

수학식 2

$$2 \sum_{k=1}^N n_k d_k = m\lambda, \quad m \in \{0, 1, 2, 3, 4, \dots\}$$

즉, 막의 광학 경로 길이(optical path length; 실제거리에 굴절율을 곱한 값)가 반파장($\lambda/2$)의 정수배가 되어야 최대 광투과율을 얻을 수 있다.

도 5는 다중반사에 의한 간섭효과를 설명하기 위한 도면으로 도시되어 있는 바와 같이 다중 반사에 의한 간섭효과를 발생한다.

투과광들의 위상관계가 보강 간섭 조건일 경우 투과율이 커지고, 상쇄 간섭 조건일 경우 투과율은 최저가 된다. 액정 표시 장치의 경우 이러한 간섭효과에 의해 투과율에 영향을 미치는 막은 질화 규소(SiNx)로 형성되어 있는 게이트 절연막(140) 및 보호막(180)과 ITO 또는 IZO로 형성되어 있는 화소 전극(190)이다. 다른 대부분의 막들의 굴절율이 1.5정도인데 비해 질화 규소(SiNx)로 형성되어 있는 게이트 절연막(140) 및 보호막(180)과 ITO 또는 IZO로 형성되어 있는 화소 전극(190)은 1.8~1.9 정도로 크다. 따라서 간섭효과에 의한 투과율 변화는 피할 수 없다.

간섭에 의한 투과율 변화는 각 빛들의 위상을 비교함으로써 알 수 있는데, 위상변화는 크게 두 가지 원인으로 일어난다. 첫번째는 빛이 진행해면서 광학진행거리(optical path length), 즉 실제거리에 굴절율을 곱한 값에 의해 발생하고, 두번째는 굴

절율이 다른 두 매질의 경계면에서 반사될 때 발생한다. 일반적으로 투과광은 투과시 위상의 변화가 없으나, 반사광은 소한 매질(굴절율이 작은 매질)에서 밀한 매질(굴절율이 큰 매질)로 진행하다가 반사하는 경우에는 180도 위상차가 생기고, 밀한 매질에서 소한 매질로 진행하다가 반사하는 경우에는 위상차가 발생하지 않는다.

도 5를 박막 트랜지스터 기판에서 질화 규소(SiNx)로 형성되어 있는 게이트 절연막(140), 보호막(180)과 ITO 또는 IZO로 형성되어 있는 화소 전극(190) 인 경우에 대해 적용해보면 다음과 같다. 맨 아래층은 질화 규소(SiNx)로 형성된 막(이하에서는 질화 규소로 형성된 게이트 절연막(140)과 보호막(180)을 합하여 질화규소막이라고 한다)이고, 그 위층은 유기 절연막이고 맨 위층은 화소 전극이라 하자. 그러면 각 막의 굴절율은 $n1 \approx n2 < n$ 인 관계에 있다. 투과광들의 위상관계를 살펴보자. 최초로 $n1$ 에서 출발한 빛은 n 을 만나면서 일부 반사를 하고($r1$) 일부 투과한다. 투과한 빛은 다시 $n2$ 를 만나면서 일부 반사하고, 일부 투과한다($t1$). 이런 과정은 n 막 내에서 무한히 계속되며(사실은 간섭길이(coherence length)범위 내에서), 이 때 투과한 투과광, 즉 $t1, t2, \dots$ 들의 간섭에 의해 투과율이 결정된다.

먼저 $t1$ 과 $t2$ 사이의 위상차를 보자. 계산의 편의를 위해 수직 입사인 경우에 대해 계산한다. $t1$ 에 비해 $t2$ 는 막 두께를 왕복하며 두 번의 반사($n \rightarrow n2, n \rightarrow n1$)를 겪는다. 그런데 $n1 \approx n2 < n$ 인 관계에 있으므로 반사에 의한 위상차는 발생하지 않으며, 단지 빛의 진행에 따른 위상차이에 의해서만 위상차가 발생하며, 그 크기는 다음과 같다.

수학식 3

$$\Delta\phi = n \cdot 2d \cdot \frac{2\pi}{\lambda}$$

여기서 $\Delta\phi$ 는 위상차, n 은 굴절율, d 는 막의 두께, λ 는 빛의 파장이다. 이 위상차가 π 의 짝수배이면 보강간섭이 되어 투과율이 최대가 되고, π 의 홀수배 이면 상쇄간섭이 되어 투과율이 최소가 된다. 즉, $4nd$ 가 파장의 짝수배 이면 보강간섭, 홀수배이면 상쇄간섭이 된다.

즉, 아래와 같은 식에 의하여 보강간섭과 상쇄간섭으로 구분이 되며, 이하에서는 보강간섭의 식을 막두께 최적 조건식이라고 한다.

수학식 4

$$4 \sum_{k=1}^N n_k d_k = \text{파장의 짝수배} \quad \text{보강간섭식-막두께 최적조건식}$$

$$4 \sum_{k=1}^N n_k d_k = \text{파장의 홀수배} \quad \text{상쇄간섭식}$$

그런데, 가시광선의 파장은 380~780nm 이다. 따라서 투과율이 많이 달라지는 경우는 $4nd$ 가 가시광선 파장과 비슷한 경우이다. $4nd$ 가 가시광선 파장보다 매우 큰 경우에는 파장에 따라 투과율에 많은 굴곡이 나타나게 되어 전체 투과율에는 큰 영향을 미치지 않게 된다. 보통 유기 절연막(181)의 두께는 3 μ m 이상이기 때문에 파장보다 매우 큰 값을 가져 두께가 변하더라도 투과율 변화가 거의 없다.(이에 대해서는 후술하는 시뮬레이션에서 한번 더 명확하게 하겠다. 도 10 참고) 또한 빛의 간섭길이(coherence length)가 수 마이크로(micron)인 것을 감안하면 간섭효과 자체가 미약한 수준이다.

결론적으로 막에 의한 투과율이 간섭에 의해 영향을 많이 받는 경우는 다음 두 가지 조건이 만족할 때이다.

- a. 막의 굴절율이 그 막 위, 아래의 굴절율과 차이가 클 때
- b. 막의 두께가 파장과 비슷할 때.

이런 경우에 투과율을 최대로 하기 위해서는 막 두께를 $4nd$ 가 파장의 짝수배가 되게 해야 한다. 반대로 막의 굴절율 차이가 크지 않으면 반사가 거의 없기 때문에 다중반사에 의한 간섭효과가 거의 없다. 또한, 막 두께가 간섭길이(coherence length; 보통 파장의 수~수십 배)보다 클 때는 간섭현상 자체가 일어나나 않기 때문에 막 두께는 임의로 정해도 별 무리가 없다.

상술한 바와 같은 이론을 가지고 이하에서는 시뮬레이션을 하여 그 결과를 설명한다.

반사에 의한 다중반사효과를 포함하여 광투과율 및 반사율을 계산할 수 있는 4×4 베레만 방법(Berremman Method)을 사용하였다.

이하에서는 질화 규소(SiNx)로 형성된 게이트 절연막(140) 및 보호막(180)은 하나의 층으로 취급(이하 질화 규소막이라 한다.)하며, 그 위에 형성되어 있는 유기 절연막(181)과 그 위에 ITO로 형성된 화소 전극(190) 총 3개의 막에 대하여 시뮬레이션을 한다.

우선 도 6에 도시된 시뮬레이션의 결과에 대하여 살펴본다.

도 6은 화소 전극의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

즉, 질화 규소막과 유기 절연막(181)은 형성하지 않은 채 화소 전극(190)만을 형성하고 그 두께를 변화시켜 파장에 따른 투과율을 도시한 그래프이다. 여기서 입사매질과 투과매질의 굴절율은 1.54로 하고 투과특성을 계산하였다.

우선 막 두께 최적 조건식에 따라서 화소 전극(190)의 두께를 계산하였다. ITO의 굴절율이 1.88이므로 $4 \times 1.88 \times d = 5550 \times 2$ 에서 d를 계산하면 $d = 1470 \text{ \AA}$ 이다. 여기서 5550은 가시광선을 대표하는 파장(단위는 \AA)이다. 도 6에는 화소 전극(190)의 막 두께를 1470 \AA 으로 한 투과율을 도시하고 있다.

한편, 5550 \AA 의 빛에서 상쇄간섭을 하는 막 두께를 계산하면 740 \AA 및 2230 \AA 을 얻을 수 있으며, 이에 대한 투과율도 시뮬레이션 하여 도시하였다.

즉 도 6에 도시된 바와 같이 5550 \AA 의 파장에서는 740 \AA 및 2230 \AA 의 두께를 가지는 막에서는 투과율이 최소이며, 1470 \AA 의 두께로 형성하는 경우에는 최대의 투과율이 나옴을 알 수 있다.

한편, 도 7은 질화 규소막의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

즉, 유기 절연막(181)과 화소 전극(190)은 형성하지 않은 채 질화 규소막만을 형성하고 그 두께를 변화시켜 파장에 따른 투과율을 도시한 그래프이다. 여기서 입사매질과 투과매질의 굴절율은 1.54로 하고 투과특성을 계산하였다.

가시광선의 중심파장 5550 \AA 에 대해 질화규소(SiNx)의 굴절율(1.88내외)을 고려하여 보강 간섭 및 상쇄 간섭일 일어나는 두께를 앞에서 구한 방식과 같이 구할 수 있는데, 여러 개의 가능한 값들 중에서 5900 \AA 와 6600 \AA 에 대해 파장별 투과율을 계산하여 도 7에 도시하였다. 화소 전극(190)의 경우 두께가 작아 굴곡이 거의 없는데 비해, 질화 규소(SiNx)로 이루어진 게이트 절연막(140)과 보호막(180)의 경우는 두께가 커서 투과율의 굴곡이 많은 것을 볼 수 있다. 그러나 두께에 따른 휘도 차이는 화소 전극(190)에 비해 작게 나타난다.

도 7에서 파란 곡선은 질화 규소막의 두께가 5900 \AA 으로 5550 \AA 을 가지는 빛에 대하여 보강간섭이 발생하는 경우이며, 붉은 곡선은 질화 규소막의 두께가 6600 \AA 으로 5550 \AA 을 가지는 빛에 대하여 상쇄간섭이 발생하는 경우이다.

한편, 도 8은 유기 절연막의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

즉, 질화 규소막과 화소 전극(190)은 형성하지 않은 채 유기 절연막(181)만을 형성하고 그 두께를 변화시켜 파장에 따른 투과율을 도시한 그래프이다. 여기서 입사매질과 투과매질의 굴절율은 1.88로 하고 유기 절연막(181)의 투과특성을 계산하였다. 이는 유기 절연막(181)의 굴절율은 1.54 내외이고, 굴절율 1.88 내외의 질화 규소막과 화소 전극(190)에 샌드위치된 구조를 하고 있기 때문이다. 파장이 5550 \AA 인 빛에서 보강간섭 및 상쇄간섭이 일어나는 두께는 각각 3.34 μm 및 3.44 μm 이고, 이 두 가지 경우에 대해 파장별 투과율을 계산하여 도 8에 도시하였다. 유기 절연막(181)은 두께가 매우 두껍기 때문에 파장별 투과율에 굴곡이 매우 많으며, 그로 인하여 두께에 따른 휘도는 차이가 매우 작을 것을 예상할 수 있다.

도 8에서 파란 곡선은 유기 절연막(181)의 두께가 33400 \AA 으로 5550 \AA 인 빛에 대하여 보강간섭이 발생하는 경우이며, 붉은 곡선은 질화 규소막의 두께가 34400 \AA 으로 5550 \AA 인 빛에 대하여 상쇄간섭이 발생하는 경우이다.

도 9는 종래의 최적화된 두께를 이용하면서 유기 절연막을 적층한 경우와 본 발명에 따른 최적화된 두께를 이용한 경우의 투과율을 파장에 따라 도시하고 있는 그래프이다.

도 9에서 도시하고 있는 투과율은 질화 규소막, 유기 절연막(181), 화소 전극(190)을 적층한 구조에서의 파장에 따른 광투과율을 보여준다.

파란선은 유기 절연막(181)을 사용하지 않은 구조에서 사용되던 종래의 최적 광투과율을 유기 절연막(181)이 형성된 구조에 적용하여 투과시킨 경우의 투과율을 도시하고 있다.

반면에 빨간선은 아래와 같은 조건을 만족시키도록 형성한 본 발명에 따른 실시예의 투과율을 도시하고 있다.

수학식 5

$$4(d_{SiNx(\text{게이트절연막})} n_{SiNx(\text{게이트절연막})} + d_{SiNx(\text{보호막})} n_{SiNx(\text{보호막})}) = \text{파장의 짝수배}$$

수학식 6

$$4 d_{ITO(\text{화소전극})} n_{ITO(\text{화소전극})} = \text{파장의 짝수배}$$

즉, 유기 절연막(181)을 사이에 둔 위층(화소 전극(190))과 아래층(질화규소막) 각각이 보강 간섭의 조건을 만족하도록 하였다.

도 9를 통하여 알 수 있는 바와 같이 파란선은 빨간선에 비해 굴곡이 심하고 전반적으로 낮은 투과율을 보이고 있다. 따라서 유기 절연막(181)을 형성하는 경우 종래의 최적 조건을 사용하는 것(파란선)에 비하여 새로운 최적 조건을 이용하는 것(빨간선)이 훨씬 투과율이 높은 것을 확인할 수 있다. 즉, 유기 절연막(181)을 사용하지 않는 경우에는 질화 규소막과 화소 전극(190)이 함께 보강 간섭 조건을 만족해야하나, 유기 절연막(181)을 형성하는 경우에는 질화 규소막과 화소 전극(190)은 각각 보강 간섭 조건을 만족하도록 해야한다.

도 9에서 노란선은 도 7의 파란선(즉, 질화 규소막이 보강 간섭을 하는 경우의 투과율 곡선)을 도 9에 함께 도시한 것이다. 이는 도 9의 빨간선과 파란선이 진동하는 주기가 질화 규소막이 보강 간섭하는 경우의 주기를 가지고 있음을 보여주기 위한 것이다.

도 10은 본 발명에 따른 최적화된 표시 장치에서 유기 절연막의 두께에 따른 파장별 투과율을 도시하고 있는 그래프이다.

도 9에서 빨간선으로 표시된 조건에서 유기 절연막(181)의 두께를 변경하여 시뮬레이션 하였다. 파란선은 파장 5550Å에서 유기 절연막(181)의 투과율이 보강 간섭이 되는 경우를 시뮬레이션 한 것이며, 빨간선은 파장 5550Å에서 유기 절연막(181)의 투과율이 상쇄 간섭이 되는 경우를 시뮬레이션 한 것이다.

도 10에서 보듯이 유기 절연막(181)의 두께가 변하더라도, 실제 전체적인 투과율은 거의 비슷하며 단지 굴곡이 나타나는 위치만 바뀐다. 따라서 유기 절연막(181)의 두께가 투과율에 미치는 영향을 매우 적다는 것을 확인할 수 있다.

그러므로 지금까지의 시뮬레이션 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

질화 규소(SiNx)로 형성되어 있는 게이트 절연막(140)과 보호막(180)은 함께 보강 간섭의 조건을 만족시키는 두께로 형성하고, ITO 또는 IZO로 형성된 화소 전극(190)은 화소 전극(190) 자체로 보강 간섭 조건을 만족시키는 두께로 형성한다.

보호막(180)과 화소 전극(190) 사이에 형성되어 있는 유기 절연막(181)은 그 두께가 두꺼워서 간섭 현상이 잘 일어나지 않으며, 이로 인한 투과율의 변화가 적다. 그러므로 유기 절연막(181)의 막 두께는 고려하지 않아도 된다.

이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속하는 것이다.

발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이 질화 규소막과 화소 전극은 각각 보강 간섭 조건을 만족시키는 두께로 형성함으로써 표시 장치의 투과율이 향상되며, 이로 인한 표시 품질도 좋아진다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

기관,

상기 기관 위에 형성되어 있는 게이트선,

상기 게이트선 및 기관을 덮으며 형성되어 있는 게이트 절연막,

상기 게이트 절연막 위에 형성되어 있는 데이터선,

상기 데이터선을 덮으며 형성되어 있는 보호막,

상기 보호막 위에 형성되어 있는 유기 절연막,

상기 유기 절연막 위에 형성되어 있는 화소 전극을 포함하며,

막의 두께를 d 라하고 막의 굴절율을 n 이라 할 때, 아래의 조건을 만족하는 박막 트랜지스터 표시판.

$$4(d_{\text{게이트절연막}} n_{\text{게이트절연막}} + d_{\text{보호막}} n_{\text{보호막}}) = \text{파장의 짝수배}$$

$$4 d_{\text{화소전극}} n_{\text{화소전극}} = \text{파장의 짝수배}$$

청구항 2.

제1항에서,

상기 게이트 절연막과 보호막은 질화 규소(SiNx)로 형성되어 있는 박막 트랜지스터 표시판.

청구항 3.

제2항에서,

상기 질화 규소(SiNx)는 1.8 이상 1.9 이하의 굴절율을 가지는 박막 트랜지스터 표시판.

청구항 4.

제1항에서,

상기 화소 전극은 ITO로 형성되어 있으며, 굴절율은 1.8 이상 1.9 이하의 굴절율을 가지는 박막 트랜지스터 표시판.

청구항 5.

제1항에서,

상기 유기 절연막은 1.4 이상 1.6 이하의 굴절율을 가지는 박막 트랜지스터 표시판.

청구항 6.

제1 절연 기관,

상기 제1 절연 기관 위에 형성되어 있는 게이트 절연막,

상기 게이트 절연막 위에 형성되어 있는 보호막,

상기 보호막 위에 형성되어 있는 유기 절연막,

상기 유기 절연막 위에 형성되어 있는 화소 전극,

상기 제1 기관에 대향하는 제2 절연 기관,

상기 제1 절연 기관 및 상기 제2 절연 기관 사이에 주입된 액정을 포함하며,

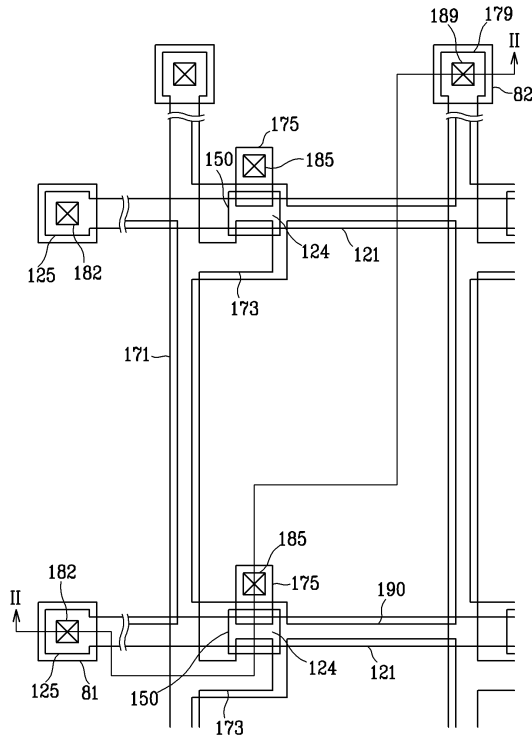
막의 두께를 d 라하고 막의 굴절율을 n 이라 할 때, 아래의 조건을 만족하는 액정 표시 장치.

$$4(d_{\text{게이트절연막}} n_{\text{게이트절연막}} + d_{\text{보호막}} n_{\text{보호막}}) = \text{파장의 짝수배}$$

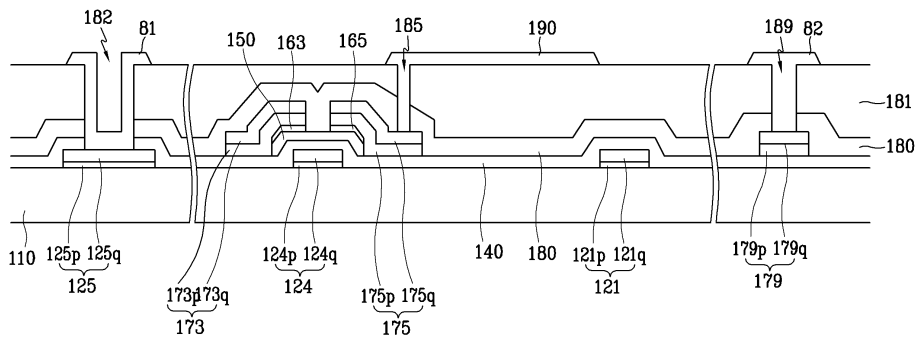
$$4 d_{\text{화소전극}} n_{\text{화소전극}} = \text{파장의 짝수배}$$

도면

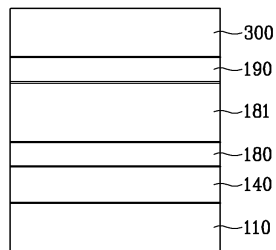
도면1



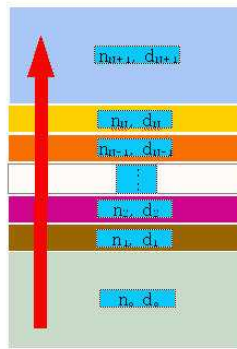
도면2



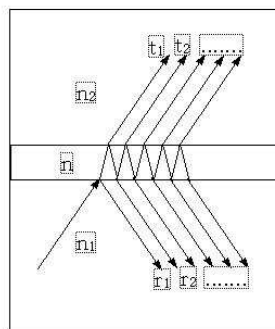
도면3



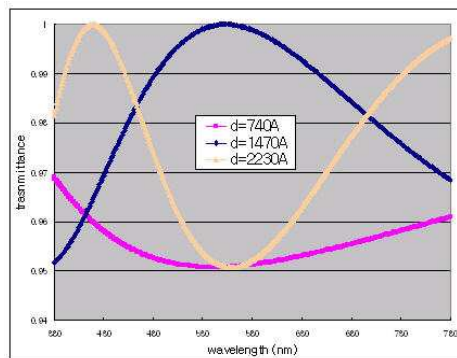
도면4



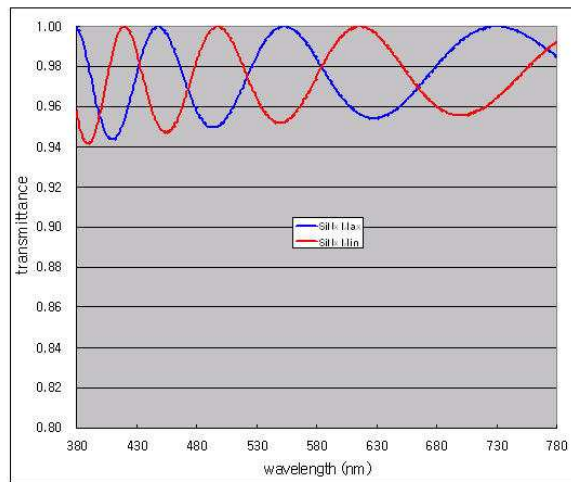
도면5



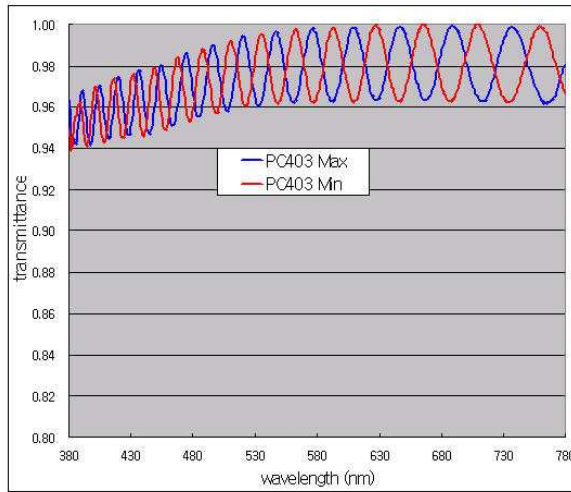
도면6



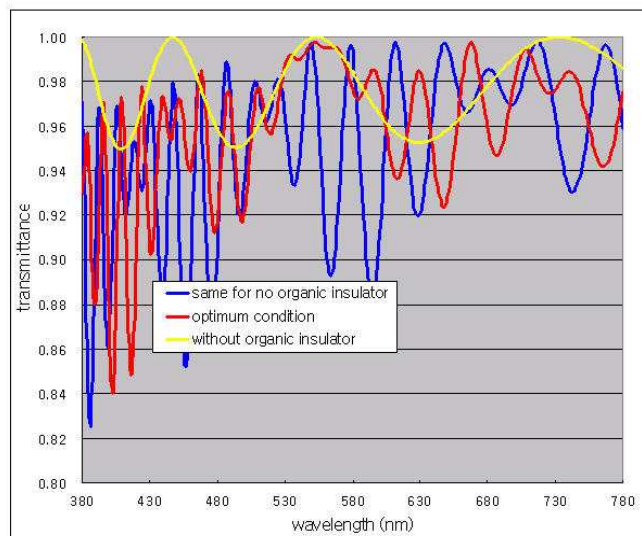
도면7



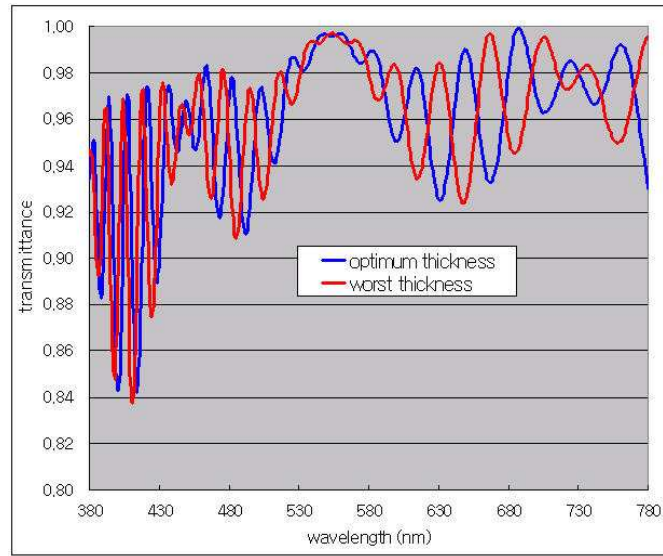
도면8



도면9



도면10



专利名称(译)	薄膜晶体管显示面板和液晶显示装置		
公开(公告)号	KR1020060069079A	公开(公告)日	2006-06-21
申请号	KR1020040108172	申请日	2004-12-17
[标]申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星电子有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	三星电子有限公司		
[标]发明人	YANG YOUNGCHOL 양영철 SONG KEUNKYU 송근규 KIM BOSUNG 김보성 HONG MUNPYO 홍문표		
发明人	양영철 송근규 김보성 홍문표		
IPC分类号	G02F1/136		
CPC分类号	G02F1/133502 H01L27/12 G02F1/136227 H01L27/1248		
其他公开文献	KR101122232B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在本发明中，将乘以栅极绝缘层的厚度和折射率的值与乘以保护膜厚度和折射率的值相加，并且波长的偶数倍增加为相加值的四倍。该值的四倍乘以像素电极的厚度和折射率，使得它成为波长的均匀倍增。以这种方式，由于氮化硅层和像素电极形成满足相应的相长干涉条件的厚度，所以改善了显示装置的透射率。由此产生的显示质量变得更好。薄膜厚度，折射率，透射率和最适合的条件。

