



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G02B 5/30 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년08월22일 10-0751597 2007년08월16일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2002-7002997	(65) 공개번호	10-2002-0035587
(22) 출원일자	2002년03월07일	(43) 공개일자	2002년05월11일
심사청구일자	2005년08월25일		
번역문 제출일자	2002년03월07일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/024538	(87) 국제공개번호	WO 2001/18570
국제출원일자	2000년09월07일	국제공개일자	2001년03월15일

(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 벨리제, 캐나다, 스위스, 중국, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 모잠비크, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크멘, 터어키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 베트남, 남아프리카,

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 우간다, 짐바브웨,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르키즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 기니 비사우, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장 09/390,833 1999년09월07일 미국(US)

(73) 특허권자 목스테크, 인크
미국, 유타 84057, 오렘, 웨스트 1260 노쓰 452

(72) 발명자 한센,더글라스피.
미국, 유타84660,스패니시포크,사우스1240이스트915

 퍼킨스,레이몬드티.
미국, 유타85097,오렘,이스트850사우스686

 가드너,에릭
미국, 유타84604,프로보,웨스트800노스2495

제 1항에 있어서, 요소들의 배열이 한가지 편광의 67%이상을 투과시키는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 요소들의 배열이 0에서 80°사이의 입사각으로 향하게 되는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 5.

제 1항에 있어서, 요소들의 배열이 0.21 μm 이하의 간격(p)을 가지는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 6.

제 1항에 있어서, 요소들이 0.05 내지 0.5 μm 사이의 두께(t)를 가지는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 7.

제 1항에 있어서, 요소들이 0.25 내지 0.76 사이의 폭/간격 비(w/p)를 가지는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 8.

제 1항에 있어서, 각각의 요소는 밑면(base), 윗면, 두개의 측면 변으로 구성되는 사다리꼴 형상의 단면을 가지며, 상기 측면 변이 밑면에 대해 68 내지 112°사이의 각을 형성하는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 9.

제 1항에 있어서, 각각의 요소는 밑면(base), 윗면, 두개의 측면 변으로 구성되는 사다리꼴 형상의 단면을 가지며, 상기 측면 변들은 밑면에 대해 서로 다른 각도로 형성되는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 10.

제 1항에 있어서, 각각의 요소가 둥근 상부를 가지는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 11.

제 1항에 있어서, 각각의 요소가 사인파형의 단면을 가지는 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 12.

제 1항에 있어서, 상기 요소들은 알루미늄으로 제조되며, 상기 알루미늄의 굴절률 n은 450nm의 파장에서 0.618의 50%보다 더 크고, 550nm의 파장에서 0.958의 50%보다 더 크며, 그리고 650nm의 파장에서 1.47의 50%보다 더 큰 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 13.

제 1항에 있어서, 상기 요소들은 알루미늄으로 제조되며, 상기 알루미늄의 유전율 k 는 450nm 파장에서 5.47의 50%보다 더 크고, 550nm의 파장에서 6.69의 50%보다 더 크며, 그리고 650nm의 파장에서 7.79의 50%보다 더 큰 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 14.

제 1항에 있어서, 상기 요소들은 은으로 제조되며, 상기 은의 굴절률 n 은 459.2nm의 파장에서 0.144의 80%보다 더 크고, 563.6nm의 파장에서 0.120의 80%보다 더 크며, 그리고 652.6nm의 파장에서 0.140의 80%보다 더 큰 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 15.

제 1항에 있어서, 상기 요소들은 은으로 제조되며, 상기 은의 유전율 k 는 459.2nm의 파장에서 2.56의 80%보다 더 크고, 563.6nm의 파장에서 3.45의 80%보다 더 크며, 그리고 652.6nm의 파장에서 4.15의 80%보다 더 큰 것을 특징으로 하는 빔 분리기.

청구항 16.

미리 결정된 소광을 가지며, 전체 가시광선 스펙트럼을 통해 작동가능하고 입사각의 의도된 범위에 대하여 작동가능한 광대역 와이어 격자 편광 빔 분리기(wire grid polarizing beam splitter)를 설계하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

가시 스펙트럼의 하부 한도를 이용하여 다양한 요소 두께에서 미리 설정된 입사각의 상부 및 하부 한도에 대한 투과율을 결정하는 단계,

간격과 폭/간격 비를 포함하는 다른 매개변수들을 선택하는 단계,

상기 입사각의 상부 및 하부 한도에 대한 투과율이 동일할 때의 요소 두께를 결정하는 단계,

입사각의 상부 및 하부 한도 둘 다에서 미리 설정된 요소 두께에 대한 소광을 결정하는 단계, 그리고

미리 설정된 소광에 도달할 때까지 매개변수들 중 한가지 이상을 변화시키면서 상기 단계들을 반복하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 와이어 격자 편광 빔 분리기를 설계하는 방법.

청구항 17.

삭제

청구항 18.

삭제

청구항 19.

삭제

청구항 20.

삭제

청구항 21.

삭제

청구항 22.

삭제

청구항 23.

삭제

청구항 24.

삭제

청구항 25.

삭제

청구항 26.

삭제

청구항 27.

삭제

청구항 28.

삭제

청구항 29.

삭제

청구항 30.

삭제

청구항 31.

삭제

청구항 32.

삭제

청구항 33.

삭제

청구항 34.

삭제

청구항 35.

삭제

청구항 36.

삭제

청구항 37.

삭제

청구항 38.

삭제

청구항 39.

삭제

청구항 40.

삭제

청구항 41.

삭제

청구항 42.

삭제

명세서

기술분야

본 발명은 한가지 선형 편광을 반사시키고, 다른 한가지 선형 편광은 투과시키는, 가시 스펙트럼 범위에서 작동가능한 빔 분리기에 관한 것이다.

특히, 본 발명은 광학 요소로 와이어 격자 편광자를 이용하는 빔 분리기에 관한 것이다.

또한, 본 발명은 가시 스펙트럼 범위 전체에 대해 요망 기능을 얻을 수 있는 빔 분리기의 핵심 매개 변수들에 관한 것이다.

배경기술

와이어 격자 편광자(WGPs)는 광학 시스템을 편광시키는 데 사용되어 왔으나, 빔 분리기에는 효과적으로 사용되지 않고 있다.

예를 들면, 적외선 및 적외선보다 더 긴 파장에서 작동되는 와이어 격자 편광자가 개발되었다(주1).

격자 간격이 0.115 μm 정도인 구조들이 보고된 바 있다.(주2)

와이어 격자 편광자의 성능을 개선시키는 많은 개념들이 소개되어 있다.

예를 들면, 그래빈(주3)과 케리맨(주4)은 수직 입사각의 적외선에 대해 작동하는 와이어 격자 편광자의 성능을 개선시키는 방법을 소개한다.

또 다른 예로서, 타마다는 격자간격이 입사광의 파장보다 훨씬 적어야 한다는 요건을 필요로하지 않는 협대역 편광요소를 제공하기 위해 격자 구조에 공명 효과를 이용하는 개념을 소개한다.(주5)

그러나 광대역(가령, 가시광선 대역)에 대해 동작하는 와이어 격자 편광기에서는 격자 간격이 입사광의 파장보다 훨씬 작아야 한다.

타마다의 방법의 단점은 분리된 빔 간에 주어진 비율의 강도를 가지면서 주어진 각도에서 동작하는 편광 빔 분리기를 제시하지 못한다는 것이다. 그외 다른 방법 및 장치들에서와 마찬가지로, 타마다는 오직 수직입사각 부근에서 작동하는 구조만 다루고 있다.

큰 입사각으로 적외선 와이어 격자 편광자를 사용하는 개념은 여러 논문에서 이따금 논의된다.

예를 들면, 스텐캄프는 80°의 입사각에서 100 nm의 간격을 가진 와이어 격자 편광자의 투과율을 측정했다.

스텐캄프는 670 nm의 파장에서 소광의 증가를 관찰했다.

그러나, 스텐캄프는 반사된 강도를 측정하지 않았고, 데이터는 단지 한 파장만을 위한 것이다.(주6)

또 다른 예로서, 버드(주7)는 퍼슬리의 연구(주8)에 동의하여, 와이어 격자의 투과율이 수직으로부터 30도에 이르기까지의 비스듬한 입사각에서 거의 독립적이라는 것을 경사 입사 효과의 정성적 테스트를 통해 보여주었다.

광학 핸드북(The Handbook of Optics)은 와이어 격자 편광자가 큰 수치의 구경들을 가진 광 시스템에서 사용될 수 있다는 것을 설명한다.(주9)

특히, 영(Young)은 0°에서 45°까지의 입사각에서 사용되는 중간 IR(12 μ m)편광자의 경우 편광퍼센트가 감소하지 않았으며 반면 투과율은 30%이상(0.55~0.44)까지 감소하였다는 것을 보고하였다.(주10)

편광 빔 분리기를 설계하는데 사용되는 핵심 격자 매개 변수들은 간격(p), 선 폭(w), 선 깊이 또는 두께(t), 격자 물질의 특성(가령, 굴절률), 기관물질의 특성(가령, 굴절률) , 입사각, 입사광의 파장 및 격자 공명효과(가령, 레이라이(Rayleigh) 공명)을 포함한다.(주11)

예를 들면, 하간스(Haggans)는 와이어 격자로부터 반사된 광 빔에 대한 상기 매개 변수의 효과를 연구했는데, 대부분의 하간스 계산은 45°의 입사각에 대한 것으로서, 투과는 고려하지 않았다.

또 다른 예에서, 시너블(Schnable)은 금속 재료를 변경시키는 것이 별로 효과적이지 않음을 보고하였다. 왜냐하면, 소정의 파장 범위에 대해 편광 효과를 증가시킬 수 있는 예외 사항이 몇가지 밖에 없기 때문이다.(주12)

게다가, 하인더(Haidner)는 수직 입사각 및 한 파장(10.6 μ m)에서만 동작하는 편광 반사 격자 편광자를 기술하고 있다.(주13)

가시 스펙트럼 범위에서 높고 균일한 투과율, 가시 스펙트럼 범위에서 높고 균일한 반사율, 가시 스펙트럼 범위에서 높은 투과 또는 반사 소광, 그리고 큰 구경을 가지는 와이어 격자 편광 빔 분리기를 가지는 것이 바람직하다. 가령, 투과 및 반사 효율과 소광은 상당 수준의 광원추 내에서 유지되어야 하며, 광원추의 각도가 20~30도 사이인 광원추를 이용할 때 잘 적용되어야 한다.

이러한 기준들을 만족시키기 위해, 전체 가시 스펙트럼 범위에 대해 균일한 성능을 가지는 실제적인 설계는 레이라이(Rayleigh) 공명과 같은 격자 공명 효과를 고려하고 제어하여야 한다.

상술한 바에 따르면, 경사각에서의 와이어 격자 편광자의 성능에 영향을 미치는 격자 매개변수들의 몇가지 특성에 대해 논의하고 있고, 이러한 매개변수들의 역할에 대해 혼동이 있음이 제시되고 있다.

그러나 상술한 그 어떤 것들도 가시광선 스펙트럼 범위에서의 이미징을 위해 유용한 와이어 격자 편광 빔 분리기의 설계에 필요한 핵심 개념들을 제시하지 못하고 있다.

와이어 격자 편광 빔 분리기에 대해 요망 수준의 기능을 보장하기 위해 상관되어야 하고 취급되어야 할 핵심 개념이나 물리적 매개변수들은, 격자 프로파일의 구조 및 형태, 와이어 또는 격자 요소들의 높이나 두께, 광 편광에 대한 격자의 방향, 격자 물질, 입사각, 수렴도, 발산도, 또는 원추각, 그리고 레이라이 공명같은 효과들을 포함하여야 한다.

삭제

효과적인 와이어 격자 편광 빔 분리기의 요망 기능을 달성하기 위해 이러한 개념들을 이해하여야 한다.

따라서, 넓은 스펙트럼 범위에 대해 한가지 선형 편광을 반사시키고 다른 한가지 선형 편광을 투과시키는 와이어 격자 편광자를 이용한 빔 분리기를 개발하는 것이 바람직하다.

다양한 입사각으로 배치될 수 있는 이러한 빔 분리기를 개발하여, 광학 시스템에 심각한 설계 제약을 일으키지 않으면서 설계 유연성이 보장되도록 하는 것이 바람직하다.

와이어 격자 프로필, 와이어 격자 치수, 와이어 격자 재료, 와이어 격자 방향, 파장 범위, 입사각, 원추각, 레이라이(Rayleigh) 공명 효과, 등과 같은, 다양한 설계 개념이나 매개변수들을 고려하는 이러한 빔 분리기를 개발하는 것이 또한 바람직하다.

발산형 광을 수용할 수 있는 넓은 수용각을 가진 빔 분리기를 개발하는 것이 또한 바람직하다.

주석

- 주1. H. 헤르츠 전파(맥밀란 앤드 컴퍼티, 엘티디 런던 1893) p.177. G.R. 버드와 M. 패리시 주니어“근 적외선 편광자로서 와이어 격자.” J. 옵트 속. 암. 50, pp.886-891 1960.
- 주2. G. J. Sonek, D. K. Wanger, and J. M. Ballantyne, Appl. Opt. 22, pp. 1270-1272, 1983.
- 주3 .Garvin 미국 특허 제 4,289,381
- 주4. Keilmann 미국 특허 제 5,177,635
- 주5. Tamada, U.S. Pat. No. 5,748,368; and H. Tamada, et al., "Al wire-grid polarizer using the s-polarization resonance effect at the 0.8-.mu.m-wavelength band," Optics Letters, 22, No. 6, pp. 410-421, 1996)
- 주6. B Stenkamp, et. al 가시스펙트럼 영역을 위한 격자 편광자. "SPIE, 2213, pp. 288-296(1994)
- 주7. G. R. Bird and M. Parrish, Jr., "근적외선 편광자로서의 와이어격자," J. Opt. Soc. Am., 50, pp. 886-891 (1960)
- 주8. W. K. Pursley, 박사논문, 미시간대학, (1956).
- 주9. Michael Bass, Editor in Chief, The Handbook of Optics, Volume II, p. 3.34, McGraw-Hill, Inc., New York (1995)
- 주10. J. B. Young, et al., Appl. Opt. 4, pp. 1023-1026 (1965)
- 주11. C. W. Haggans, et al., "Lamellar gratings as polarization components for specularly reflected beams," J. Mod. Optics, 40, pp. 675-686 (1993)
- 주12. B. Schnable, et al. "Study on polarizing visible light by subwavelength-period metal-stripe gratings" Opt. Eng. 38(2), pp. 220-226 (1999)
- 주13. H. Haidner, et al., "Polarizing reflection grating beamsplitter for 10.6-.mu.m wavelength," Opt. Eng., 32(8), 1860-1865 (1993)

발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은 가시광의 한가지 편광은 반사시키고 다른 한가지 편광은 투과시키는, 가시 스펙트럼 범위에서 사용 가능한 빔 분리기 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 효과적이고 효율적인 성능을 제공하기 위해 와이어 격자 프로필, 격자 치수, 격자 재료, 격자 방향, 파장 범위, 입사각, 원추각 및 레이라이(Rayleigh) 공명 효과와 같은 다양한 설계 매개변수나 개념들을 결합시킨 빔 분리기 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 설계시 유연성을 제공하도록 여러 가지 입사 각으로 위치할 수 있는 빔 분리기 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 발산형 광을 수용할 수 있는 수용각이 큰 빔 분리기 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 이미지 투영 시스템, 광 투영 시스템 또는 디스플레이 시스템에서 사용하기 위한 빔 분리기 장치를 제공하기 위한 것이다.

본 발명의 목적과 잇점은 일반적으로 평행한 배열의 얇고 연장된 요소를 가지는 와이어 격자 편광 빔 분리기에서 달성된다.

이러한 배열과 요소들의 크기에 따르면, 이 요소들이 광원의 광빔과 상호작용하여 한가지 편광은 투과시키고 다른 한가지 편광은 반사시키게 된다.

입사 광빔의 방향을 가지면서 상기 요소들을 포함하는 평면에 수직으로 배향되는 편광을 가지는 광은 투과되고, 입사 광빔의 방향을 가지면서 상기 요소들 중 한가지 이상을 포함하는 평면에 평행하게 배향되는 편광을 가지는 광은 반사된다.

요소들의 배열은 반사된 빛의 단편과 투과된 빛의 단편의 곱에 의해 형성되는 50%보다 큰 스루풋(throughput)을 가지는 것이 바람직하다.

또한, 요소들의 배열은 약 50 이상의 소광(extinction)을 가지는 것이 바람직하다.

따라서, 요소들의 배열은 한가지 편광의 67% 이상을 반사시키고 다른 한가지 편광의 67% 이상을 투과시킨다.

또한, 요소들의 배열은 약 0에서 80도 사이의 입사각으로 배향되는 것이 바람직하다.

요소들의 배열은 약 $0.21\mu\text{m}$ 이하의 간격과, 약 0.25 내지 $0.76\mu\text{m}$ 사이의 폭/간격 비를 가지는 것이 바람직하다.

또한, 요소들은 0.04에서 $0.5\mu\text{m}$ 사이의 두께를 가진다. 또한 상기 요소들은 베이스(즉, 밑면)에 대해 각각 68 내지 112° 에 해당하는 각도를 형성하는 측면을 가진 사다리꼴형상의 단면을 가진다.

가시 스펙트럼 범위에 대해 일반적으로 유사한 성능을 가지면서 요망 입사각 범위에 대해 동작가능한, 그리고 미리 설정된 소광을 가지는 와이어 격자 편광 빔 분리기를 설계 및 제조하는 방법은 먼저, 가시 스펙트럼의 하부 한도를 이용하여 다양한 요소 두께에서 입사각의 상부 한도 및 하부 한도에 대한 투과율을 결정하는 단계를 포함한다.

간격과, 폭/간격의 비를 포함하는 그외 다른 주요 매개변수들이 선택된다.

입사각의 상부 및 하부 한도에서의 투과율이 실질적으로 같을 때의 요소 두께가 계산된다.

입사 각의 상부 및 하부 한도 양쪽에서 지정 요소 두께에 대해 소광이 계산된다.

만일 계산된 성능이 수용가능하다면, 상기 설계는 적절하다.

만일 계산된 성능이 수용가능하지 않다면, 지정 소광에 도달할 때까지 매개 변수들 중 한가지 이상을 변화시키면서 상기 과정이 반복되게 된다.

투과율은 요망 범위 내의 여러 가지 다른 입사 각 및 가시 스펙트럼 내의 여러 가지 파장에 대해 결정될 수 있다.

의도하는 빔 분리기 효율이 달성되고 가시스펙트럼 범위에 대해 비슷해질 때까지, 매개 변수들 중 한가지 이상을 변화시키면서 상기 과정이 반복될 수 있다.

상기 및 다른 목적, 특성, 잇점 및 본 발명의 선택적인 특징은 첨부된 도면과 결합된 하기의 상세한 설명을 고려함으로써 당업자에게 명백할 수 있다.

실시예

본 발명의 여러 가지 요소는 참조번호로 표시되며 당업자가 이를 만들고 사용할 수 있도록 설명될 것이다.

도 1에서 간략적으로 제시된 와이어 격자 편광 빔 분리기의 바람직한 실시예는 광학 시스템에서 사용하기에 적합하다.

도 1에 도시된 바에 따라, 이미지 투영 시스템(10)은 빔 분리기(14)로 와이어 격자 편광자를 구비한 것으로 도시된다.

이미지 투영 시스템(10)은 광원(20), 집광 소자(22), 와이어 격자 편광 빔 분리기(14), 투영 소자(24) 및 몇가지 형태의 디스플레이 스크린(25), 이미지 발생 액정 어레이 또는 광밸브(26) 그리고 이미징 또는 릴레이 소자(27)로 구성된다.

와이어-격자 편광 빔 분리기가 결합된 다른 배열도 물론 가능하다.

도 1에 도시된 바와 같은 광학적 구조를 위해, 광원(20)으로부터의 s-편광과 같은 의도된 편광을 위해 와이어-격자 편광 빔 분리기(14)는 높은 반사율(R_s)을 가져야하며, 액정층(26)으로부터의, p-편광과 같은, 반대 편광에 대해 높은 투과율(T_p)을 가져야 한다.

광 시스템의 능력은 상기의 두가지, 즉, R_s 와 T_p 의 곱에 비례한다. 따라서 한 요인의 부족은 가능한 다른 한편을 개선함으로써 어느 정도까지 보상될 수 있다. 그 목적은 가능한한 큰 R_s 와 T_p 의 곱을 생성하는 것이다.

하기에서, 용어 "스루풋(throughput)"은 R_s 와 T_p 의 곱을 의미하는 데 사용될 것이다.

이미지에서 또다른 중요한 성능 인자는 콘트라스트로서, 이는 어두운 화소에 대한 광의 강도의 비로 규정된다.

이것은 의도하지 않는 편광의 낮은 누설에 의해 크게 좌우되나, 이 경우 반사 소광과 투과 소광의 곱은 중요한 매개 변수가 아니다. 왜냐하면, 빔 분리기(14)와 마주친 후 순서대로 배열되는 이미지 발생 어레이(26)가, 이미지 콘트라스트의 생성에 참가하기 때문이다.

따라서, 최종 시스템 콘트라스트는 광밸브 성능 및 편광자 소광에 따라 좌우될 것이다.

추가적인 편광자 요소를 가지지 않는 도 1에서와 같은 시스템에서는 50의 반사 및 투과 소광이 합리적인 최소값이라는 것이 발견되었다. 두가지 기능이 빔 분리기(14)에 의해 수행된다.

그중 하나는 편광된 광이 액정 어레이 또는 다른 적절한 이미지 발생 장치에 도달하기 전에, 편광된 광을 만드는 것이다.

여기서의 요건은 광의 편광을 충분하게 구현하여, 광밸브(26)에 의해 생성된 광빔의 편광에서의 임의적 변화가 빔분리기(14)에 의해 적절히 탐지되거나 해석되도록 하고, 이에 따라, 최종 영상이 의도된 레벨의 성능을 나타내도록 하는 것이다.

마찬가지로, 빔 분리기(14)의 두 번째 기능은 요망하는 시스템 콘트라스트 성능이 달성되도록 광밸브(26)에 의해 다시 빔 분리기(14)로 향하는 광을 분석하는 것이다.

본원의 선호 실시예에서는 스루풋($R_s T_p$)을 최대로 하면서, 반사 광선 R과 투과 광선 T 모두에 대해 의도하는 편광 소광을 구현하도록 와이어격자 빔 분리기(14)가 설계된다.

바람직한 성능레벨을 달성함에 있어 기본적인 것으로 본 발명에는 중요 매개변수들 또는 물리적 특성들이 있으며 이는 2a 및 2b를 참조로 하기에 설명된다.

도 2a 및 2b에 따르면, 편광 빔 분리기(14)는 격자(30), 즉, 기관(40)에 배치된 평행한 전도 요소들의 어레이를 가진다.

편광 빔 분리기(14)는 광빔이 입사각 θ 에서 격자에 입사하도록 배치된다.

요구된 성능 수준을 달성하기 위해 그룹으로 최적화되어야 하는 와이어 격자 빔 분리기(14)의 중요한 물리적 매개 변수들은 와이어 격자(30)의 간격 p , 격자 요소(30)의 높이 또는 두께 t , 격자 요소(30)의 폭 w , 그리고 격자 요소 측면의 경사 α 를 포함한다.

이러한 크기들 간에 적절한 관계를 가진 연장된 요소들의 어레이를 생성하는 것뿐만 아니라, 적절한 광학적 성질을 가진 적절한 물질들로 요소들을 구성하는 것이 또한 중요하다.

가시 스펙트럼에 대해 기능해야 할 빔 분리기로 가장 바람직한 물질은, 알루미늄 또는 은이다.

펠릭(Palik)의 "Handbook of Optical Constants of Solids", Part I, Edward D.Palik, Ed., 1985, pp. 350-357 및 369-406에서 제시된 광학적 성질(가령, 광학 상수 n 및 k)과 유사한 광학적 성질을 가질 수 있도록 알루미늄이나 은을 제작하기 위해 주의를 집중해야 한다.

예를 들면, 은을 위한 바람직한 광 상수는 459.2 nm의 파장에서는 $n=0.144$ 와 $k=2.56$ 이고; 563.6 nm의 파장에서는 $n=0.120$ 및 $k=3.45$ 이고; 652.6 nm의 파장에서는 $n=0.140$ 와 $k=4.15$ 이다. 이와 유사하게, 알루미늄의 경우, 450 nm 파장에서는 $n=0.618$ 및 $k=5.47$ 이; 550 nm의 파장에서는 $n=0.958$ 및 $k=6.69$ 이고; 650 nm의 파장에서는 $n=1.47$ 및 $k=7.79$ 이다.

k -값이 더 높기 때문에 은보다 알루미늄이 더 바람직하다.

특히, 위에서 상술된 수치들에 대해 n 과 k 중 한가지 이상이 그 50% 이하의 값을 가지는 알루미늄을 사용할 경우, 적절하게 기능하는 빔 분리기를 제조함에 있어 어려움이 가증될 것이다.

만약 은이 사용된다면 n 및 k 값의 둘다 또는 그중 하나는 상술한 값의 80%보다 크다.

도 2b를 주목하면, 격자 요소(30)의 일반 단면은 사다리꼴이거나 직사각형이다.

이러한 일반적 형태는 바람직한 실시예의 편광빔 분리기(14)의 특성이기도 하다. 그러나, 격자 요소(30)의 상부에서 코너(50)가 둥글게 되는 것과, 격자 요소(30)의 바닥에서 경계부(fillet)(54)가 형성되는 것 등등과 같이 제작 공정으로 인한 자연적인 작은 변화들이 이루어지게 된다.

격자요소(30)의 우측에 비해 좌측에 다른 경사를 도입하면, 격자 구조에 지향성 이방성을 도입함으로써 격자(30)의 각도별 성능을 조정할 수 있기 때문에, 격자 요소 측면들의 기울기가 서로 다를 수 있다. 그러나, 이것은 보조적인 작용으로 나타날 것이다.

선택적으로, 도 2c에 도시된 바와 같이, 격자요소(30)의 단면이 매끄럽게 만곡될 수 있거나 도 2d에서 도시된 바와 같이 사인파형일 수도 있다.

삭제

상기 만곡된 또는 사인파형 단면은 요소 코너의 둥근 부분이나 요소 바닥 부분의 경계부가 극단적으로 나타남으로서 형성될 수 있다. 또 다른 예로서, 도 2c에 도시되는 바와 같이 요소의 상부가 넓게 만곡되거나 요소의 코너가 극단적으로 둥글어질 수 있다.

와이어 격자(30)의 간격 p 는 바람직한 실시예의 빔 분리기(14)의 이미징 충실도 요건을 충족시키는 데 요구되는 거울 같은 반사 성능을 달성하기 위해 규칙적이어야 한다.

그것이 격자(30)가 완전히 규칙적이고 균일한 것이 요망되지만, 일부 경우엔 완화된 요건을 가질 수도 있다.

그러나, 한 이미지에서의 몇개 화소나, 텍스트 디스플레이에서의 단일 문자의 크기 등과 같이, 이미지 내의 소정의 크기에 대해 10% 미만의 간격 p 의 변화가 필요 성능 구현을 위해 요구되는 것이 일반적이다. 물론, 와이어-격자 편광 빔 분리기를 비-이미징 분야에 사용할 경우, 간격 p 에 대해 상당한 수준의 허용공차가 제시될 수 있다.

마찬가지로, 특히, 빔 분리기(14)가 이미지 평면에 있지 않을 경우, 디스플레이 성능에 물질적으로 영향을 미치지 않으면서, 격자 요소(30)의 폭 w , 격자 요소 높이 t , 측면의 기울기 α , 또는 코너의 둥근 정도(R_C), 경계부의 둥근 정도(R_F)같은 다른 매개 변수들에서의 소정의 변화 역시 가능하다.

이러한 변화들은 프린지(fringe), 투과율 변화, 반사율 변화, 칼라 균일성 변화 등등으로 최종 빔 분리기에서 나타날 수도 있고, 특정 응용을 위해 유용한 부분으로 제공될 수도 있다.

이러한 매개 변수들의 최적화에 의해 충족되어야 할 설계목적은 장치의 콘트라스트 요건을 만족시키면서 최적의 스루풋 $R_s T_p$ 를 도출하는 것이다.

상술한 바와 같이, 편광빔 분리기(14)에 요구되는 최소 소광은 50 수준이다.

가치있는 제품을 생산하기 위한 빔 분리기(14)의 최저로 요구된 스루풋($R_s T_p$)은 대략 50%이고, 이는 R_s 및 T_p 의 양쪽 또는 그 중 하나가 약 67% 이상이어야 한다는 것을 의미한다. 물론 빔 분리기의 스루풋과 소광 모두가 높은 제품이 더 가치 있을 것이다.

이러한 매개 변수들이 와이어 격자 빔 분리기의 성능에 어떻게 영향을 미치느냐에 관해 이해하기 위해, 각 매개 변수에 의해 나타나는 성능 변화를 조사할 필요가 있다.

도 3a-3e를 참조하면, 와이어 격자 빔 분리기(14)의 성능이 간격 p 에 관해서 도시된다.

상기 격자는 BK7 유리 기판에 Paliks의 광 상수를 가진 알루미늄 와이어 격자 요소들의 어레이로 이루어져 있다.

각 알루미늄 와이어 격자 요소의 높이 또는 두께 t 는 1,000Å 또는 100 nm이다. 입사각 θ 는 30°이고 폭/간격 비는 0.45이다.

도 3a는 격자 간격 p 의 함수로 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 S-편광의 반사율과 P-편광의 투과율을 보여준다.

도 3b는 파장 450 nm, 550 nm 및 650 nm에서의 간격 p 의 함수로 스루풋($R_s T_p$)을 도시한다.

도 3b에서 표시되는 데이터는 간격 p 가 0.21μm 정도의 크기이고 50%의 스루풋을 산출하는 것을 나타낸다.

도 3c는 간격 p 의 함수로 소광을 나타낸다. 최악의 경우, 즉, 파장 $\lambda = 450$ nm에서, 소광은 100 이상으로서, 이때, 간격 p 는 0.21μm 정도이다.

도 3d는 즉 격자공명이 발생하는 파장, 즉, 레이리 파장($\lambda = p[n_s \pm \sin\theta]$, $n_s = 1.525$)을 간격 p 의 함수로 도시한다.

또한, 30°의 입사각 θ 와 파장 $\lambda = 450$ nm에 대해 간격 p 는 0.21μm 정도이다.

도 3e는 입사각 θ 의 함수에 따라 허용가능한 간격 p 를 도시한다.

최대 유용한 간격은 450 nm의 파장에서 입사각에 기초한 레이리 공명의 개시를 기반으로 한다. 이 곡선은 와이어 격자 편광자가 0.21μm 또는 이하의 간격으로 넓은 각도의 입사각에서 작동할 수 있는 것을 나타낸다.

따라서, 도 3a-3e는 상기 매개 변수들에 의해 규정된 와이어 격자 편광자가, 가시 스펙트럼 범위 전체에서 합리적인 성능을 가지는 빔 분리기를 생산하기 위해, 0.21μm 미만의 간격 p 를 가져야 한다는 것을 나타낸다.

물론, 더 큰 간격을 가진 빔 분리기라면, 빨강만, 또는, 빨강과 초록, 등과 같이 전체 가시 스펙트럼보다 적은 범위를 디스플레이될 것으로 기대되는 시스템에서 유용하게 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

도 4a-4c를 참조하면, 와이어 격자 빔 분리기(14)의 성능이 요소 높이 또는 두께 t 에 대해 도시된다.

편광자는 BK7 유리 기판에 Paliks의 광학적 성질을 가진 알루미늄 와이어 격자 요소들의 어레이이다.

그 간격은 $0.15\mu\text{m}$ 이고 폭/간격 비는 0.5이며 입사각 θ 는 60° 이다. 도 4a는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 요소 높이 또는 두께 t 의 함수로서 S-편광의 반사율과 P-편광의 투과율을 도시한다.

박막 효과가 도 4a에서 명백하나, P-투과율은 모든 실용적인 요소 높이, 즉 200Å 내지 $0.5\mu\text{m}$ 및 그이상에 대해 60%이상으로 유지된다.

물론, 다른 광학적 성질을 가진 알루미늄 이외의 다른 물질의 경우에는 다른 결과가 발생할 것이다.

도 4b는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 요소 높이 또는 두께 t 의 함수로 스루풋을 나타낸다.

스루풋은 200Å 내지 $0.5\mu\text{m}$ 또는 20 nm 내지 500 nm 사이의 모든 실제적인 요소 높이에 대해 50%보다 더 크다.

도 4c는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 요소 높이의 함수로 소광을 나타낸다. 50의 소광은 500Å 또는 50 nm 이상의 요소 높이 t 를 필요로 한다.

그러므로, 도 4a-4c는 와이어-격자 요소 높이 t 가 필수적인 성능을 제공하기 위해 500Å에서 $0.5\mu\text{m}$ 범위 사이에 있어야 함을 나타낸다.

이제 도 5a-5c를 참조하면, 와이어 격자 빔 분리기(14)의 성능이 폭/간격 비에 대해 도시된다.

편광자는 BK7 유리 기판에 Paliks의 광학적 성질을 가진 알루미늄 와이어 격자 요소들의 어레이이다. 간격 p 는 $0.16\mu\text{m}$ 이다. 알루미늄 요소 높이 t 는 $0.13\mu\text{m}$ 이고 입사각 θ 는 60° 이다.

도 5a는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 폭/간격 비(w/p)의 함수로 S-편광의 반사율과 P-편광의 투과율을 도시한다.

P-투과율은 0.16와 0.76 사이에서 폭/간격 비에 대해 높게 유지된다.

도 5b는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 폭/간격 비의 함수로 스루풋을 나타낸다. 우수한 스루풋 성능이 0.16과 0.76 사이의 폭/간격 비에 대해 달성된다.

도 5c는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 폭/간격 비의 함수로 소광을 나타낸다.

가시 스펙트럼 전체에 대한 50의 소광은 폭/간격 비가 적어도 0.25 이상인 것을 요한다. 물론 더 긴 파장(빨강, 빨강-초록)에 대해서만 사용되는 빔 분리기라면 0.20 미만의 비를 이용할 수도 있다.

그러므로, 도 5a-5c는 폭/간격 비(w/p)가 요건 성능 제공을 위해 0.25와 0.76의 범위 사이에서 위치하여야 함을 나타낸다.

이제 도 6a와 6b를 참조하면, 와이어 격자 빔 분리기(14)의 성능이 요소의 단면형상, 즉 사다리꼴 단면에 대해 도시된다.

상기 도면에서 나타나는 편광자는 BK7 유리 기판에 Palik의 광학적 성질을 가진 알루미늄 와이어 격자 요소의 어레이이다.

간격 p 는 $0.16\mu\text{m}$ 이고 입사각 θ 는 45° 이며, 사다리꼴 요소의 높이 t 는 1,000Å이다

와이어 격자 요소의 단면적은 0.45의 폭/간격 비를 가진 직사각형의 와이어 격자 요소에 대한 것과 같은 것이다.

도 6a는 파장 λ 의 함수로, 기판에 대해 68° 의 각을 이루는 측면 변을 가진 사다리꼴의 단면들을 가진 요소들로 이루어지는 와이어 격자 어레이의 스루풋을 도시한다.

415 nm 또는 그 이상의 모든 파장 λ 에 대해 50% 이상의 스루풋이 나타난다.

도 6b는 파장 λ 의 함수로, 기관에 대해 68° 의 각을 이루는 측면 변을 가진 사다리꼴 단면을 가진 요소들로 구성된 와이어 격자 어레이의 소광을 나타낸다. 390 nm 또는 그이상의 모든 파장은 50보다 큰 소광을 가진다.

그러므로 도 6a와 6b에 도시된 바와 같이 68° 만큼의 기울기를 가진 사다리꼴의 단면을 가진 와이어 격자 요소는 요건 성능을 제공할 것이다.

상기 각은 도 6a와 6b에 도시된 바로부터 실질적인 성능저하없이 112° 로부터 90° (직사각형)를 거쳐 68° 까지 변할 수 있다.

도 7a와 7b를 참조하면, 와이어 격자 빔 분리기(14)의 성능은 코너(50)의 반경 r_c 에 대해 도시된다.

편광자는 1737F 유리 기관에 Palik의 광학적 성질을 가진 알루미늄 와이어 격자 요소들의 어레이이다. 간격 p 는 $0.16\mu\text{m}$ 이고, 알루미늄 요소 높이 t 는 $0.115\mu\text{m}$ 이고 입사각 θ 는 45° 이다.

도 7a는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에 대해 코너 반경의 함수로 스루풋($R_s T_p$)을 나타낸다.

모든 반경에 대해 우수한 스루풋 성능(즉 50%이상)이 달성된다.

도 7b는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에 대해 코너 반경의 함수로 소광을 나타낸다. 모든 코너 반경에 있어서 100 이상의 소광이 가능하다.

도 7c 및 7 d를 참조하면, 와이어 격자 빔 분리기(14)의 성능이 요소들의 단면, 즉, 사인파형의 단면에 대해 도시된다.

편광자는 BK7 유리 기관에 Palik의 광학적 성질을 가진 알루미늄 와이어 격자 요소들의 어레이이다.

와이어 격자 요소는 $0.15\mu\text{m}$ 의 높이 t 를 가진 사인파의 단면을 가진다. 다른 매개 변수들은 도 7a와 7b에서 사용된 것과 같다.

도 7c는 사인파의 단면에 대해 파장 λ 의 함수로 스루풋($R_s T_p$)을 나타낸다. 400 nm이상의 파장에 대해 우수한 스루풋 성능(즉, 50% 이상)을 얻을 수 있다. 달성된다.

도 7d는 사인파의 단면에 대해 파장 λ 의 함수로 소광을 나타낸다. 400 nm이상의 파장에 대해 50 이상의 소광이 가능하다.

그러므로, 도 7a-7d는 만일 바람직하다면, 또는 제작의 용이성을 위해서, 와이어 격자 요소의 코너가 라운딩될 수 있고 심지어 사인파형이 될 수도 있다는 것을 도시한다.

상술한 정보는 와이어 격자 빔 분리기(14)의 모든 매개 변수들에 대해 요구되는 범위를 폭넓게 정의하였으나, 요망 빔 분리기 성능을 달성하기 위해 이 매개변수들이 함께 선택되는 방식에 관해서는 규정하지 않았다.

중요한 이슈는 각도에 대한 칼라 성능, 각도에 대한 투과율, 각도에 대한 소광 등에 있어서 균형을 이루는 것이다.

상술한 넓은 범위에 더하여, 정의되는 범위로부터 어떤 특별한 매개 변수가 특별한 적용에 적합한가를 선택하는 것이 중요하며, 이 매개변수들이 선택되는 방식을 조정하는 일반적 규정을 정의하는 것이 중요하다.

도 8a-8d를 참조하면, 설계의 예시가 도시된다.

그 목표는 적어도 200 이상의 소광과 적어도 70% 이상의 스루풋을 가지도록, 450 nm에서 650 nm의 가시파장에 대해 개략적으로 평탄한 응답을 보이는, 30° 로부터 60° 범위의 입사각 θ 에 대해 작동하는 와이어 격자 편광 빔 분리기를 생산하기 위한 것이다.

상기 설계는 반복적 수행에 의해 달성된다. 첫번째로, 와이어 격자 요소 높이 t 의 함수로 P-투과율이 450 nm의 파장을 이용하여 30° 및 60° 의 입사각에 대해 계산된다. 450nm의 짧은 파장은 최악의 결과를, 이보다 긴 파장은 더 좋은 결과를 가져온다.

도 5b로부터, 폭/간격 비로 0.5를 선택하는 것이 최적에 가깝다는 것을 알 수 있고, 비용 및 생산량같은 타 이슈들을 고려할 때 이 간격이 가능한 작아야 한다는 것을 알 수 있다. 두가지 계산사항이 동일한 그래프에 나타난다. 2개의 곡선이 교차하는 와이어 격자 요소 높이 t 를 발견할 수 있다.

와이어 격자 요소 높이 t 의 함수로서 소광이 이제 두 각도에 대해 계산되며, 교차하는 높이 t 에서 소광을 발견할 수 있다.

만일 성능이 만족스럽지 않으면, 임계 매개 변수들 중 한가지를 변경시키고 이 과정을 반복한다. 최적의 설계를 얻기 위해, A.I. Khuri와 J.A. Cornell이 기고한 "Response Surfaces: Design and Analysis", 2nd Edition, marcel Dekker Inc., NY 1996에 게시된 바와 같은 응답 표면법을 계산할 수 있다.

소광 성능이 만족스러우면, 입사각 θ 의 함수로 P-투과율이 3가지 파장 450 nm, 550 nm 및 650 nm에 대해 계산된다.

만일 투과율이 약 80%이고 지정 각도 범위에 대해 평평하게 나타나면, 설계는 완료된다.

예를 들어, 도 8a는 BK7 유리 기판에 Palik의 광학적 성질을 가진 알루미늄 와이어 격자요소들의 어레이에 해당하는 편광자에 대해 와이어 격자 요소 높이 t 의 함수로 P-투과율을 도시한다.

간격 p 는 $0.16\mu\text{m}$ 이고, 폭/간격 비는 0.45이며, 입사각 θ 는 30° 및 60° 이고, 파장 λ 는 450 nm이다. 교차는 약 $0.09\mu\text{m}$ 에서 나타난다.

도 8b는 상기 매개 변수들에 대해 와이어 격자요소 높이 t 의 함수로 소광을 도시한다.

$0.09\mu\text{m}$ 의 교차값에서, 소광은 30° 및 60° 에서 각각 86 및 161이다. 따라서, 성능은 만족스럽지 않다. 이 공정은 0.50의 폭/간격 비로 반복된다.

도 8c는 폭/간격 비가 0.5로 바뀌는 것을 제외하고 도 8a와 동일하다. 이제 교차는 약 $0.10\mu\text{m}$ 에서 나타난다.

도 8d는 도 8c에서 사용된 매개 변수들에 대해 와이어 격자 요소 높이 t 의 함수로 소광을 도시한다. $0.10\mu\text{m}$ 의 교차값에서, 소광은 30° 및 60° 에서 각각 258 및 484이다. 따라서, 편광자의 성능은 만족스럽다.

이 결과는 이제 도 8e에서 도시된 바와 같이 $0.100\mu\text{m}$ 의 와이어 격자 요소 높이 t 로, 도 8c와 8d에서 사용된 동일한 매개 변수들을 이용하여, 3개의 파장 λ (450 nm, 550 nm 및 650 nm)에 대해 입사각 θ 의 함수로 P-투과율을 계산함으로써 점검된다.

이 투과율이 450nm의 경우 각도 범위 전체에 대해 평탄하였으나, 550 nm 및 650 nm에서는 투과율이 30° 에서 80%로부터 60° 에서 88%까지 상승하였다.

비록 효율은 도시되지 않으나 각도가 증가함에 따라 상승하게 된다.

따라서, 도 8a-8e를 참조하면, 가시 스펙트럼에서 우수한 성능을 가지는 와이어 격자 편광자를 설계하는 방법의 예시가 도시된다.

본 발명의 기술된 실시예는 오직 예시로써 이해되어야 하며 그의 변경은 당업자가 실시할 수 있다.

예를 들면, 격자 빔 분리가 요구되는 광학 소자들의 수를 줄이거나, 시스템 중량이나 부피를 작게 하거나, 그외 다른 요망 기능을 구현하기 위해, 격자 빔 분리가 다른 소자들과 결합될 수 있도록, 기판에 와이어 격자 빔 분리를 포함시킬 수 있다.

산업상 이용 가능성

다른 변경이 본 발명에 의해 달성된 선행 기술 위에 설계상의 유연성을 명확히 증가시키는 경우 당업자에게서 이루어질 수 있다.

따라서, 단지 첨부된 청구범위에 의해 본 명세서에서 정의되는 것에 따라 본 발명은 공개된 실시예에 한정되는 것으로 간주되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 와이어 격자 편광 빔 분리기를 사용하는 디스플레이 장치의 일반적인 작동을 도시하는 개략도.

도 2a는 본 발명의 와이어 격자 편광 빔 분리기의 바람직한 실시예의 사시도이다.

도 2b는 본 발명의 와이어 격자 편광 빔 분리기의 바람직한 실시예의 가로로 단면도이다.

도 2c는 본 발명의 와이어 격자 편광 빔 분리기의 선택적인 실시예의 가로 단면도이다.

도 2d는 본 발명의 와이어 격자 편광 빔 분리기의 선택적인 실시예의 가로 단면도이다.

도 3a는 격자 간격의 함수로 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 S 편광 반사 및 P 편광 투과의 효율을 도시한다.

도 3b는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에 대해 격자 간격의 함수로 와이어-격자 빔 분리기의 스루풋(throughput) (RsTp) 효율을 도시한다.

도 3c는 450 nm, 550 nm와 650 nm의 파장에 대해 격자 간격의 함수로 와이어-격자 편광자의 소광을 도시한다

도 3d는 0°, 30°, 45° 및 60°의 입사각에 대해 격자 간격의 함수로 레이라이 공명이 발생하는 파장을 도시한다

도 3e는 입사각의 함수로 레이라이 공명의 개시함에 따른 최대 유용한 간격을 도시한다

도 4a는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 입사광에 대해 격자 요소 높이의 함수로 P 편광 투과와 S 편광 반사의 효율을 도시한다

도 4b는 격자 요소 높이의 함수로 스루풋(RsTp)을 도시한다

도 4c는 격자 요소 높이의 함수로 와이어-격자 편광자의 소광을 도시한다

도 5a는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에 대해 폭/간격 비율의 함수로 S 편광 반사와 P 편광 투과를 도시한다

도 5b는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에 대해 폭/간격 비율의 함수로 스루풋(RsTp)을 도시한다

도 5c는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에 대해 폭/간격 비율의 함수로 소광을 도시한다.

도 6a는 사다리꼴의 격자 요소들을 가진 와이어-격자 편광자에 대해 파장의 함수로 스루풋(RsTp)을 도시한다

도 6b는 사다리꼴의 격자 요소들을 구비한 와이어-격자 편광자에 대해 파장의 함수로 소광을 도시한다

도 7a는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 격자 요소들에 대한 상부 코너 반경의 함수로 스루풋(RsTp)을 도시한다

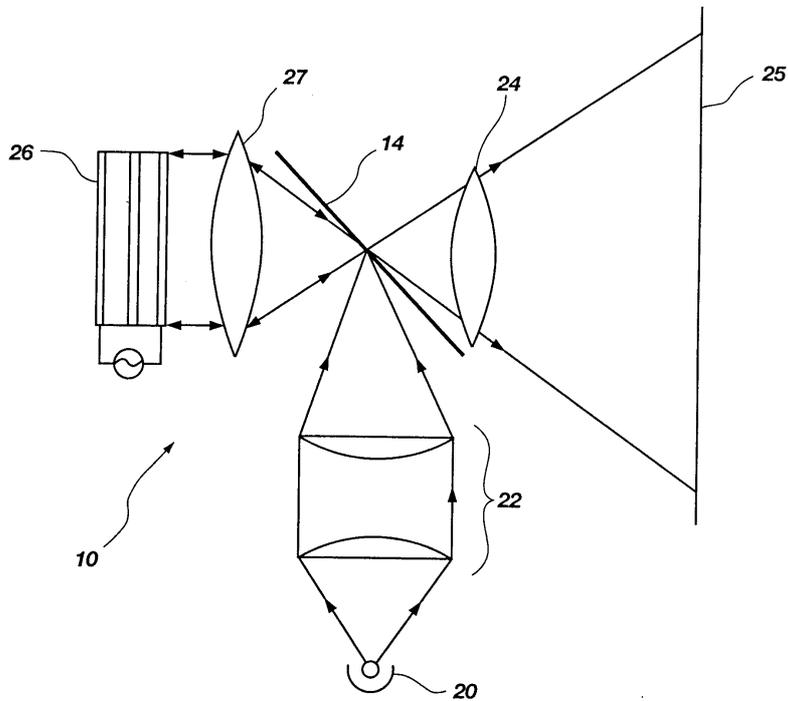
도 7b는 450 nm, 550 nm 및 650 nm의 파장에서 격자 요소들에 대한 상부 코너 반경의 함수로 소광을 도시한다

도 7c는 사인파의 횡단면의 요소를 가진 격자들에 대해 파장의 함수로 스루풋(RsTp)을 도시한다

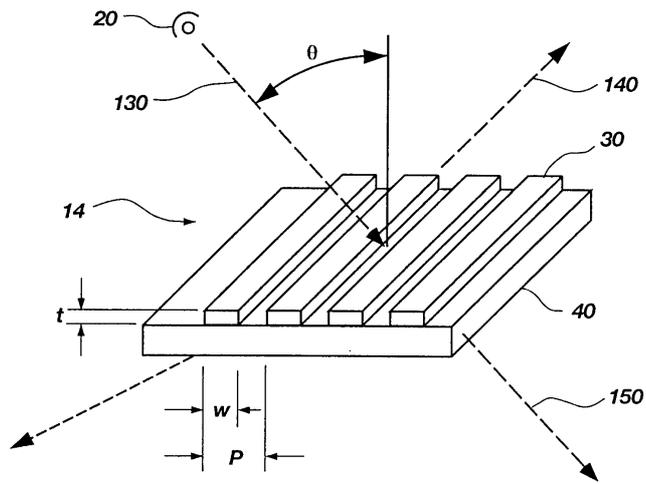
도 7d는 사인파의 횡단면의 요소를 가진 격자들에 대해 파장의 함수로 소광을 도시한다.
도 8a는 격자 요소 높이의 함수로 30° 및 60°의 입사각에서의 P 편광 투과율을 도시한다.
도 8b는 격자 요소 높이의 함수로 30° 및 60°의 입사각에서의 투과 소광을 도시한다.
도 8c는 격자 요소 높이의 함수로 30° 및 60°의 입사각에서의 P 편광투과율을 도시한다.
도 8d는 격자 요소 높이의 함수로 30° 및 60°의 입사각에서의 투과소광을 도시한다.
도 8e는 최적화된 설계의 P 편광 투과율을 도시한다.

- 삭제
- 삭제
- 삭제
- 삭제
- 삭제
- 도면

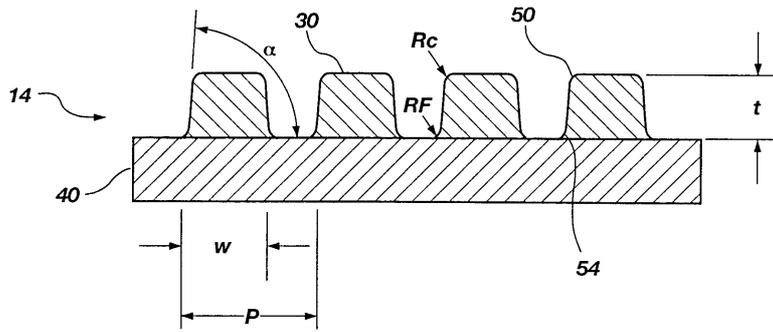
도면1



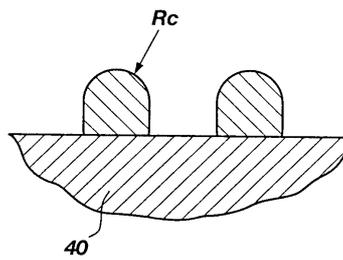
도면2a



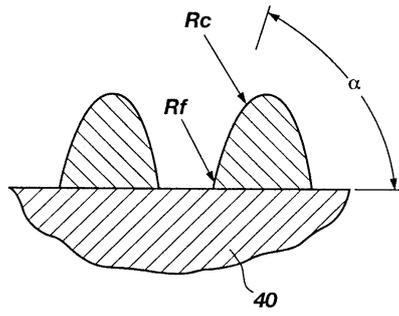
도면2b



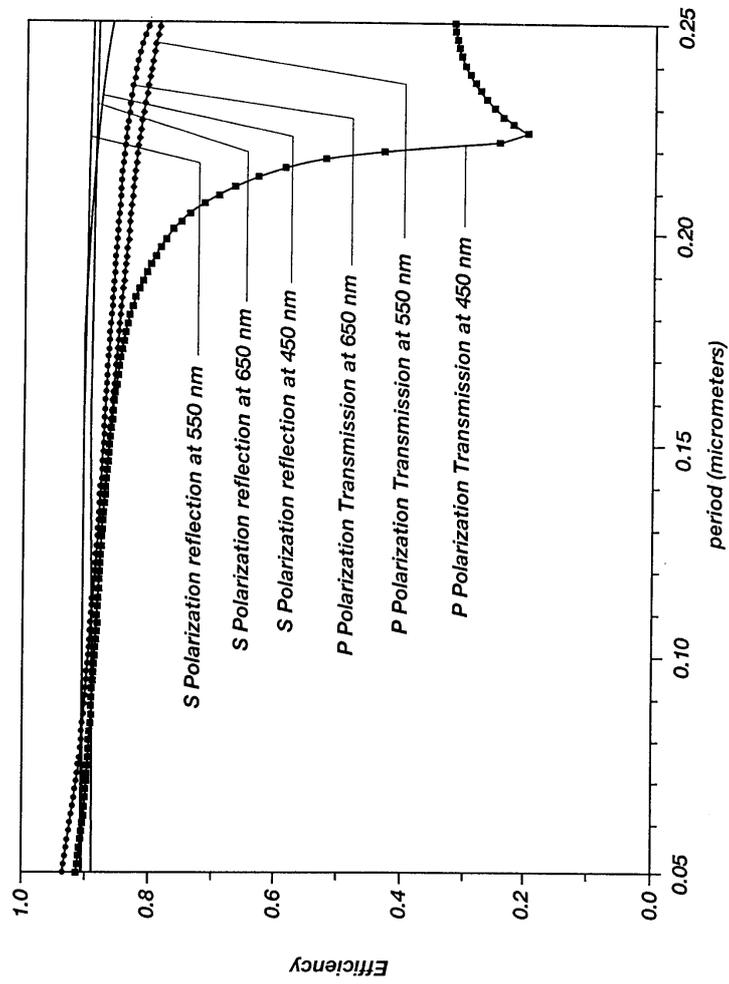
도면2c



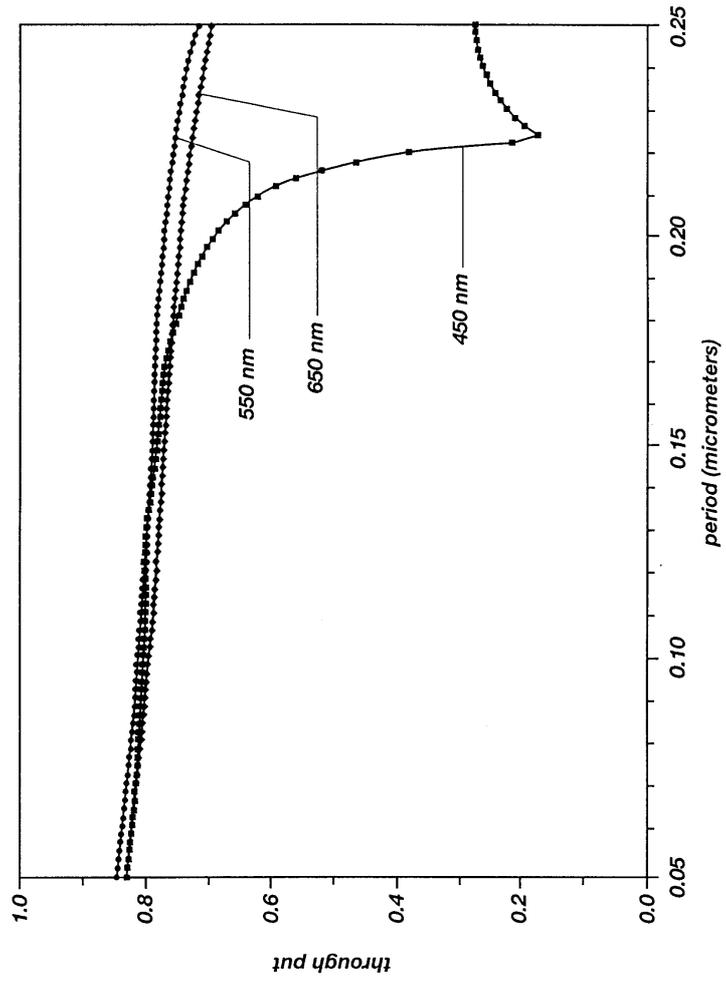
도면2d



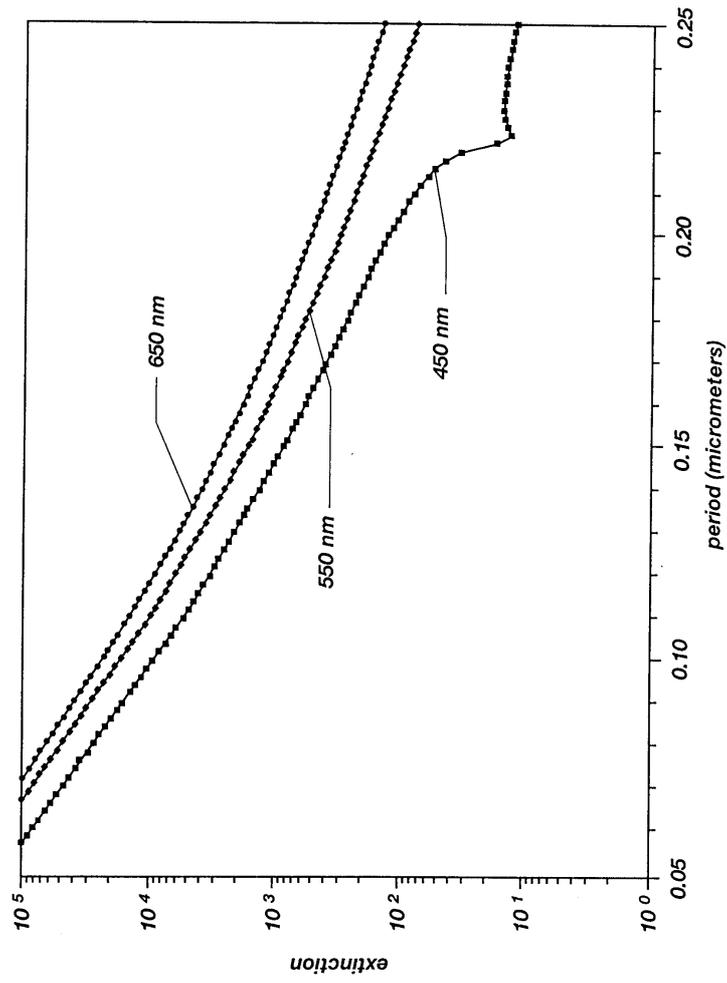
도면3a



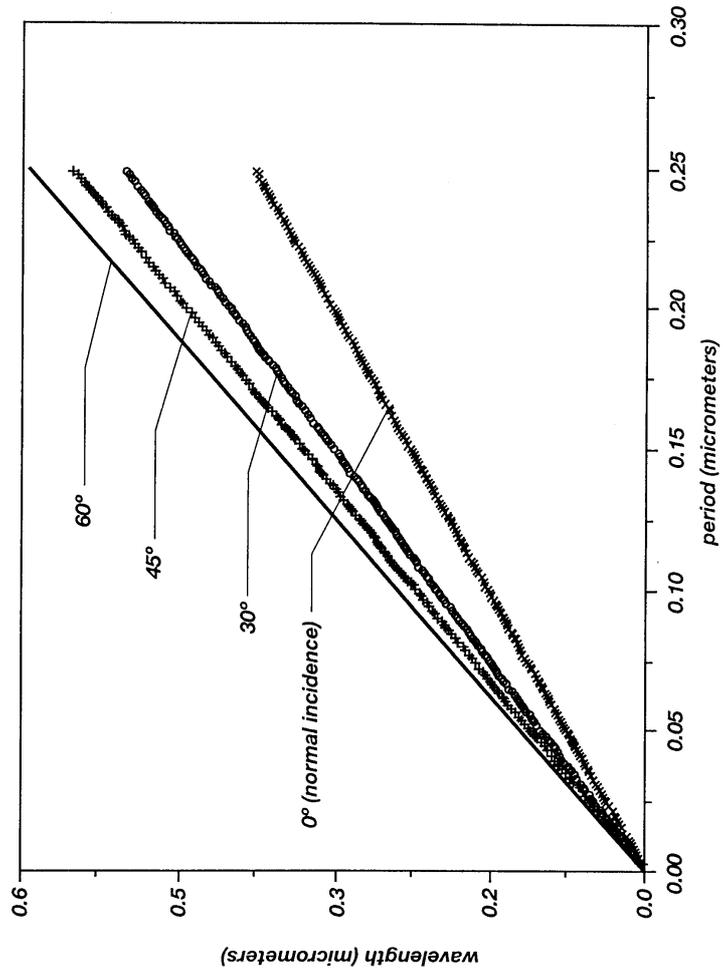
도면3b



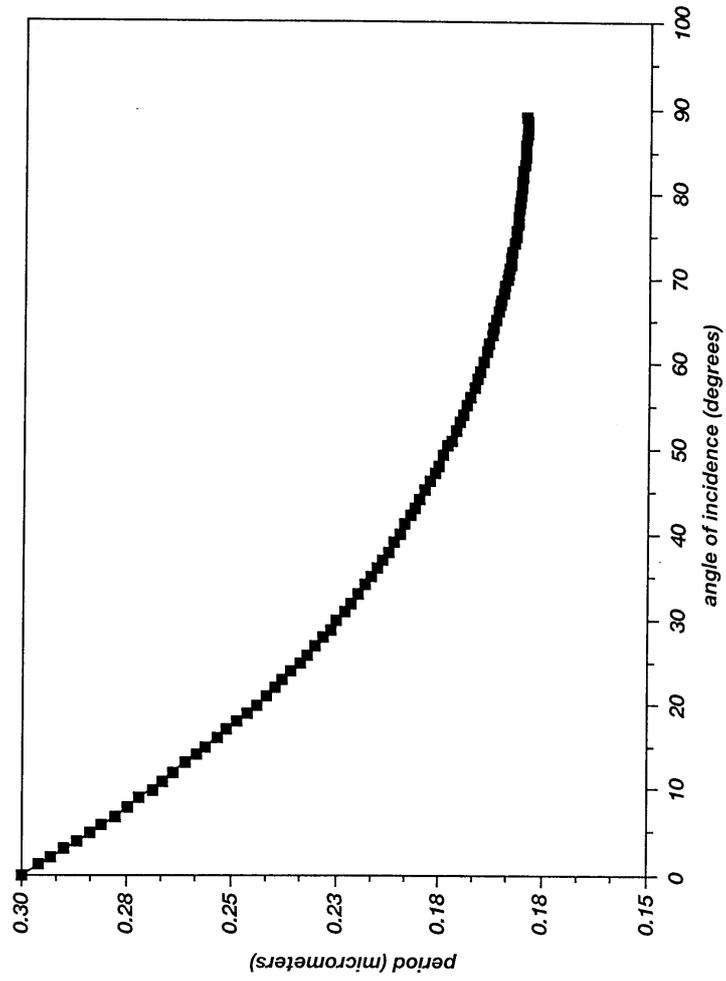
도면3c



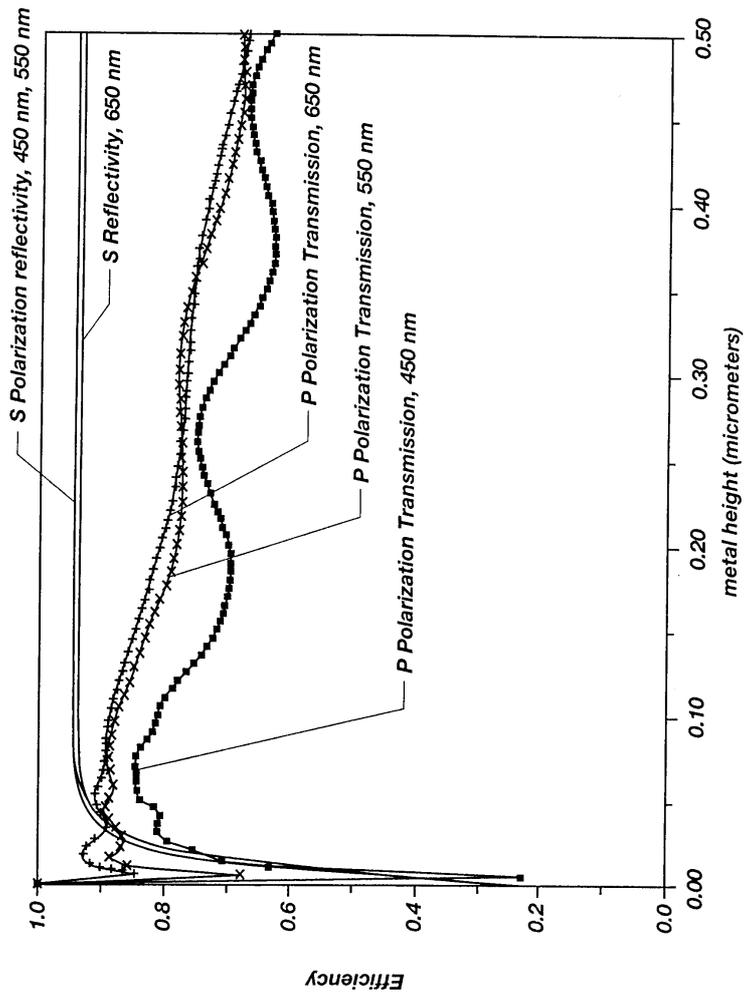
도면3d



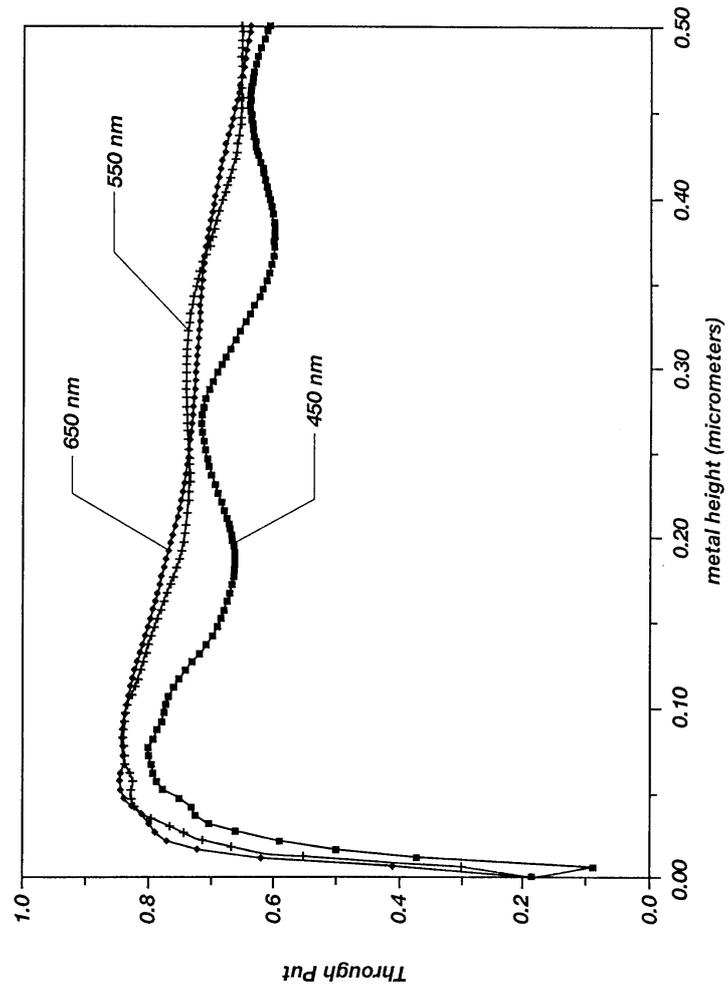
도면3e



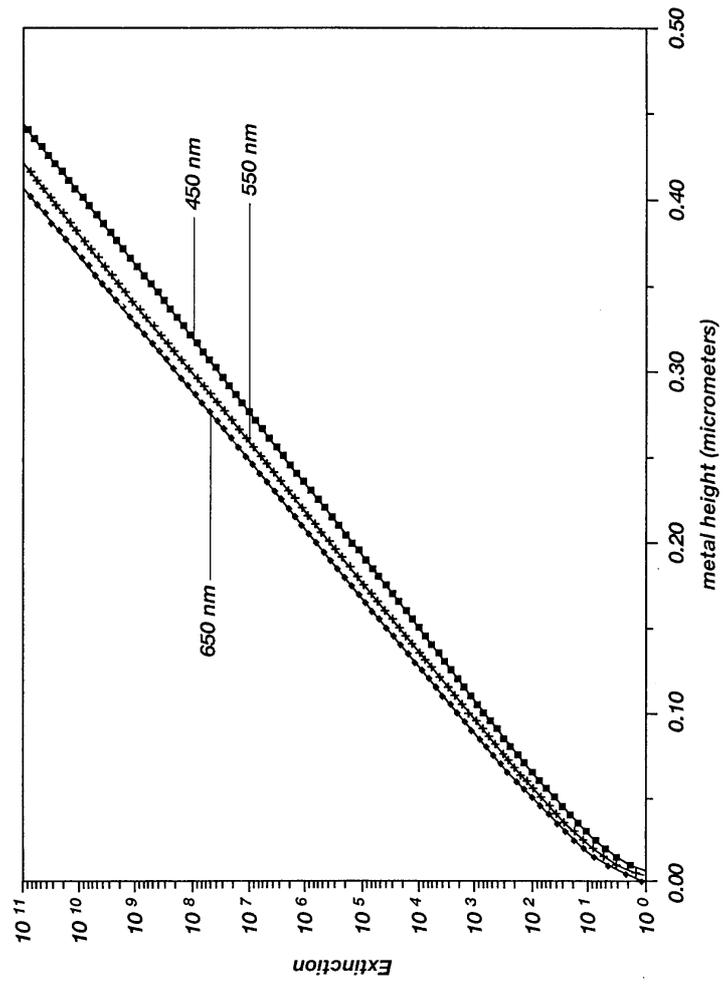
도면4a



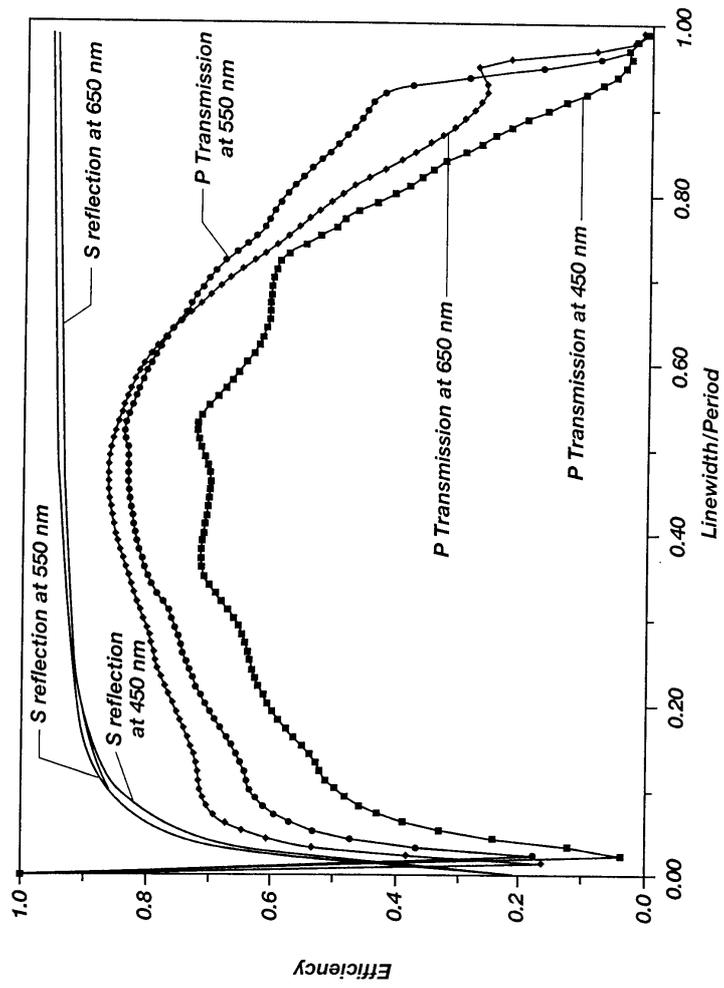
도면4b



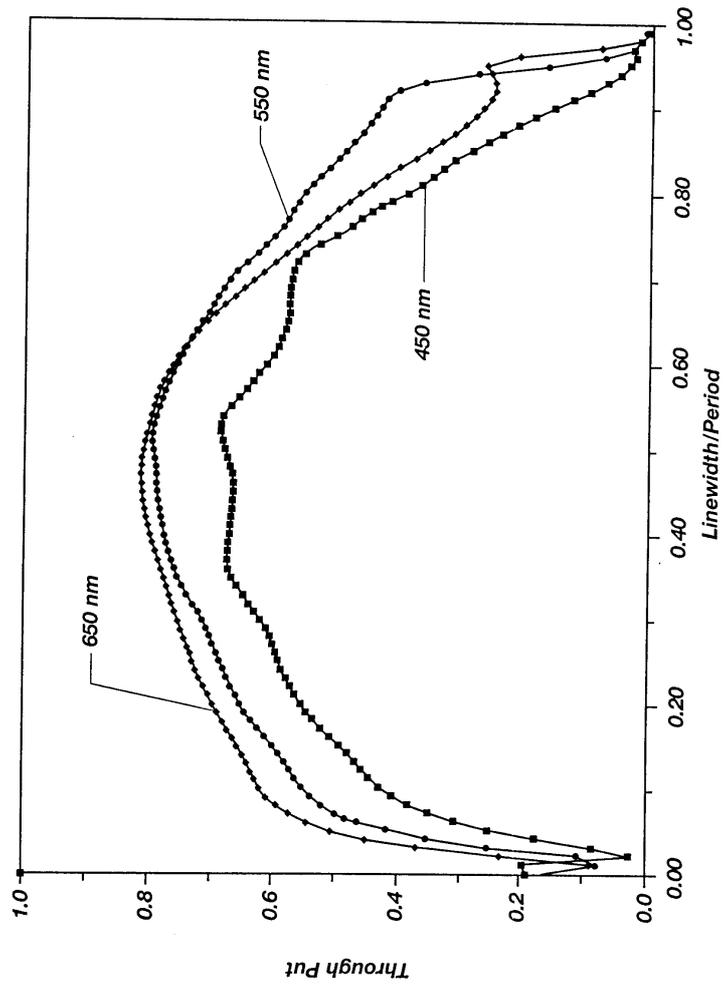
도면4c



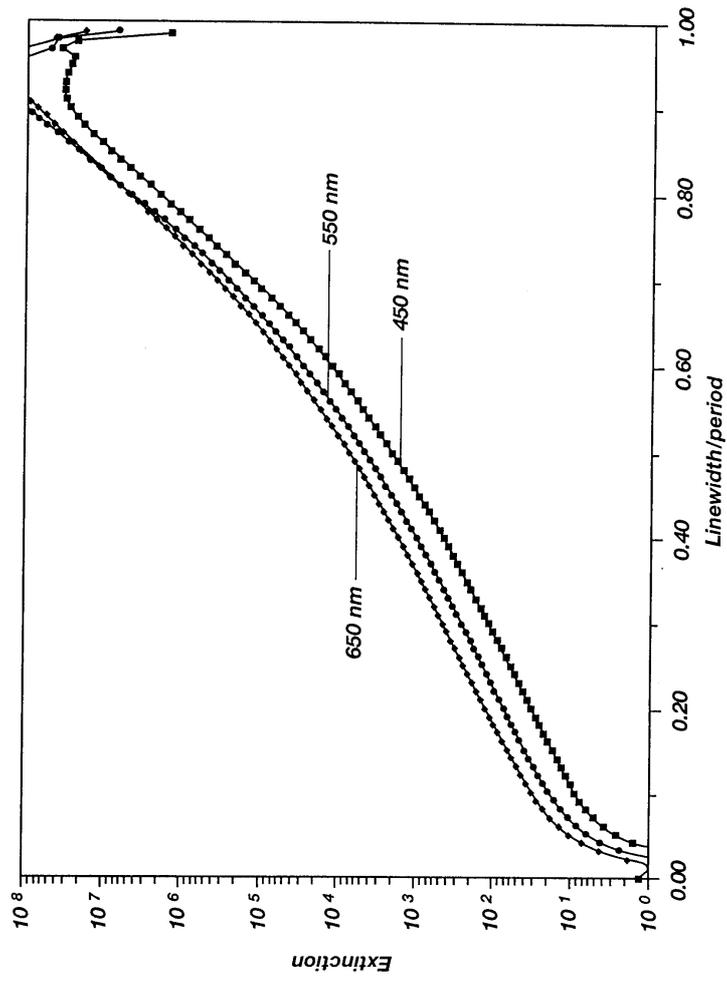
도면5a



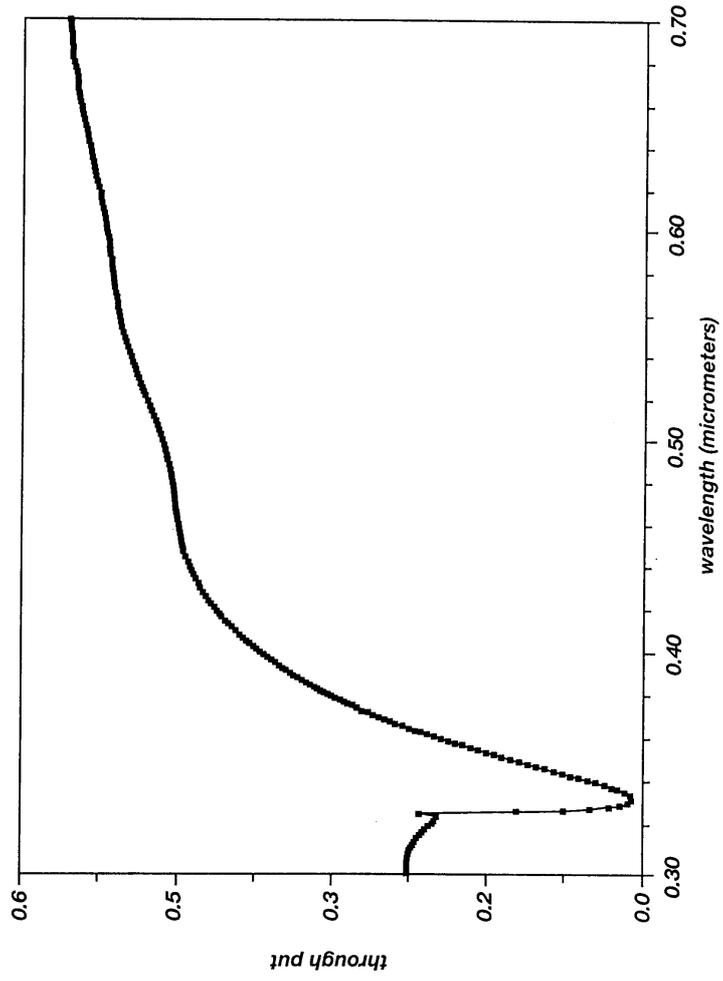
도면5b



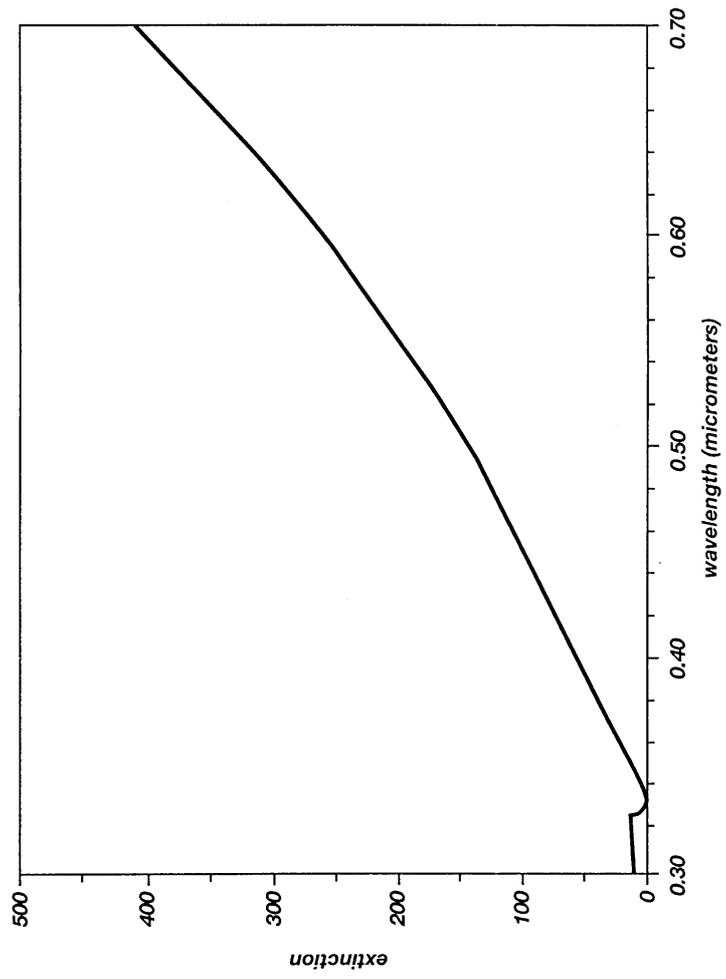
도면5c



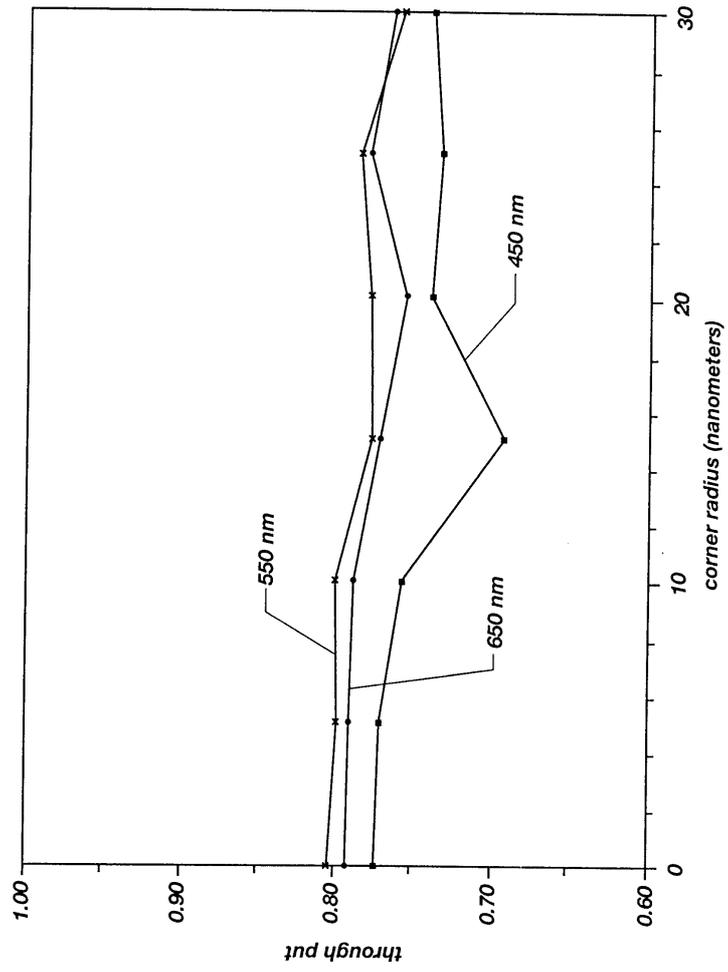
도면6a



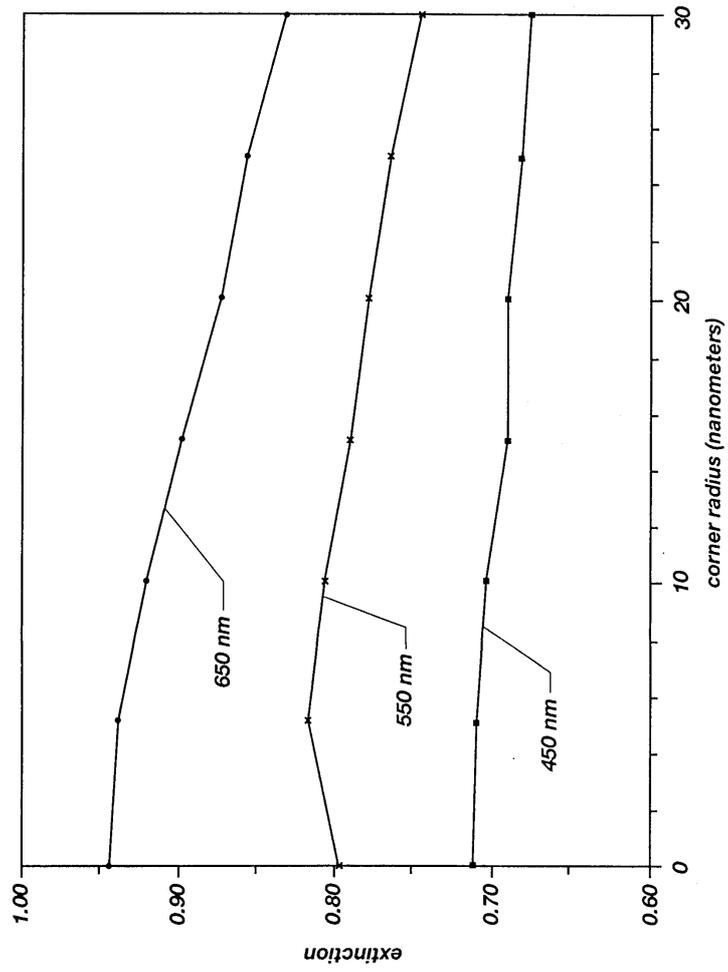
도면6b



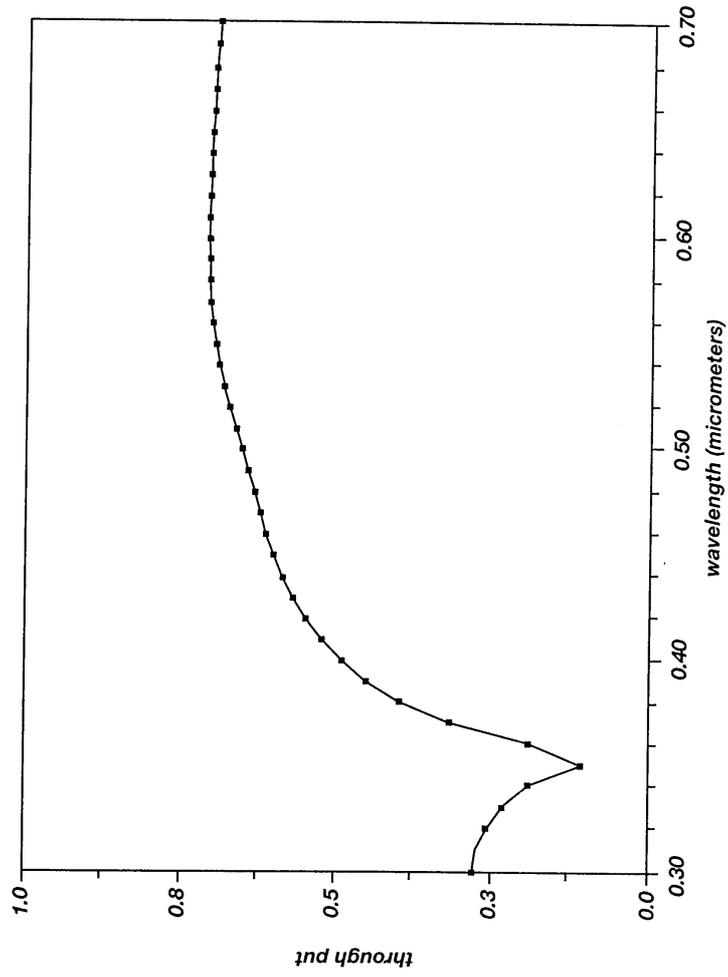
도면7a



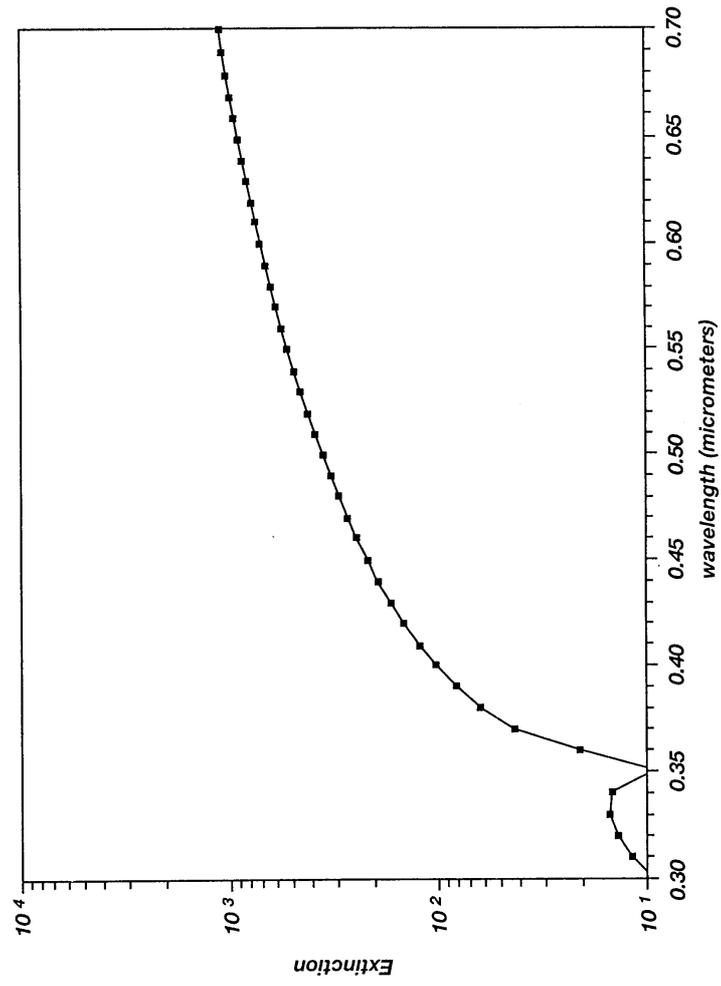
도면7b



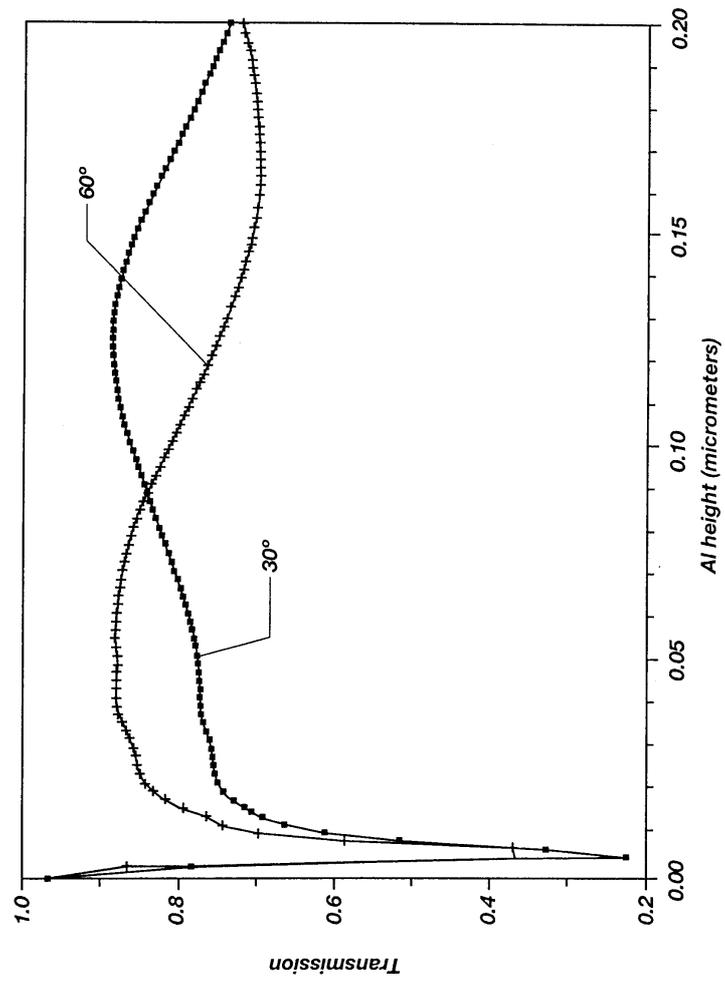
도면7c



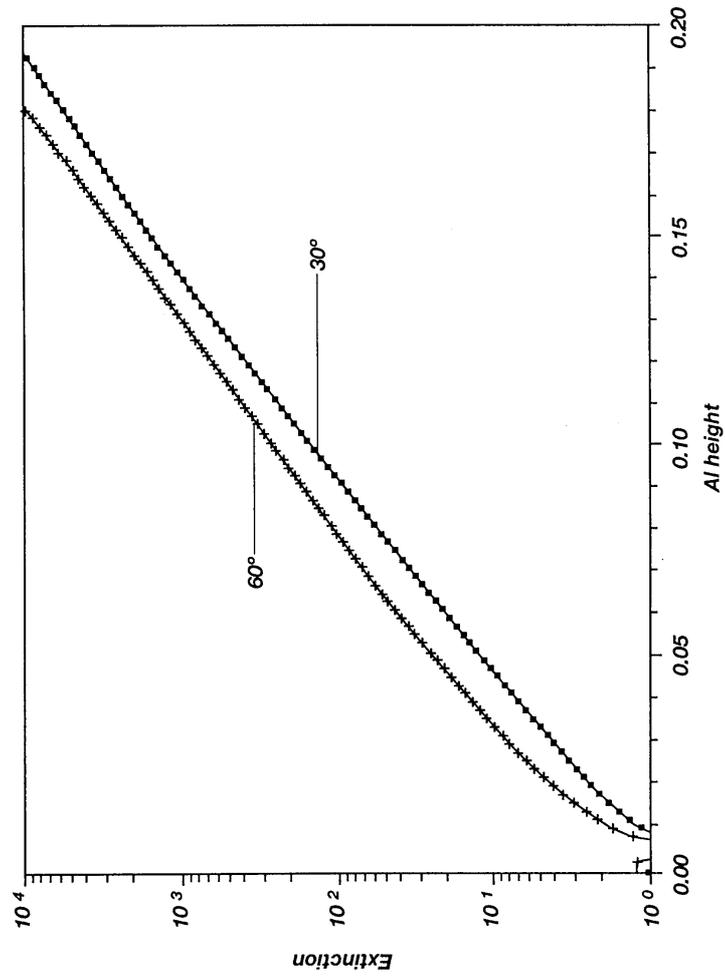
도면7d



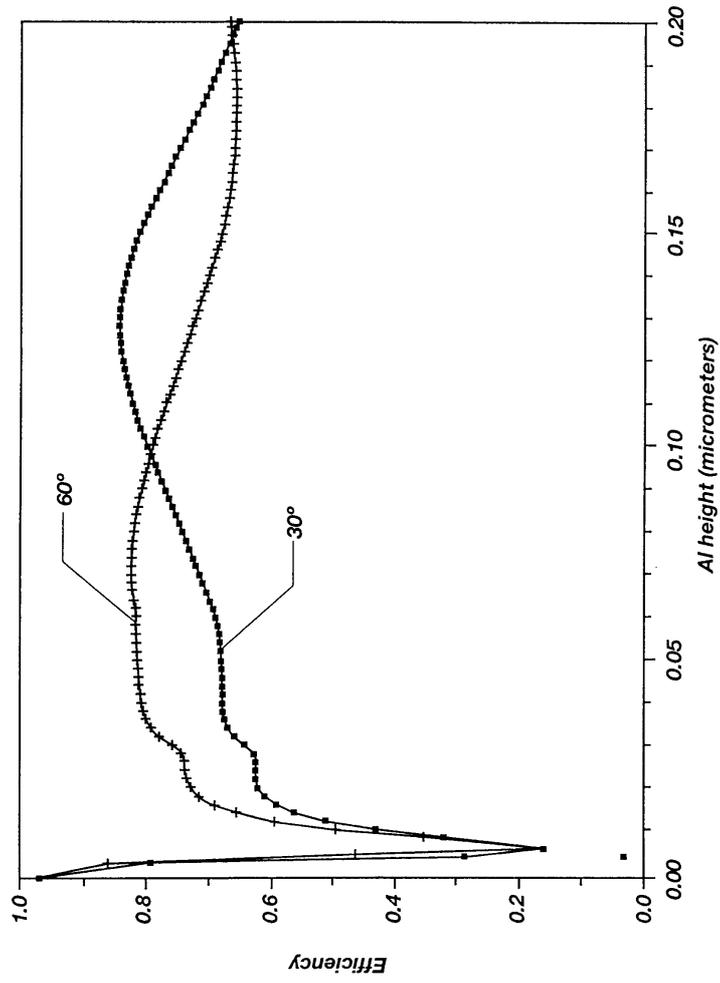
도면8a



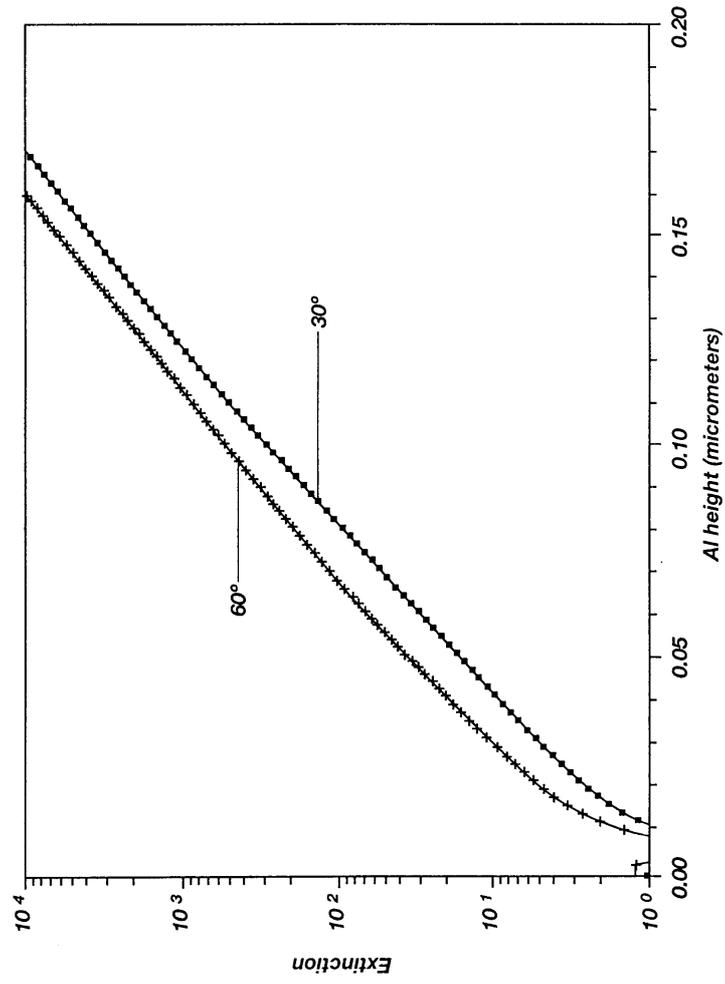
도면8b



도면8c



도면8d



도면8e

