

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> G11B 7/08	(45) 공고일자 1998년 12월 15일	(11) 등록번호 특0162266	(24) 등록일자 1998년 08월 29일
(21) 출원번호 특 1995-043995	(65) 공개번호 특 1997-029393	(43) 공개일자 1997년 06월 26일	
(22) 출원일자 1995년 11월 27일			
(73) 특허권자 주식회사에스.케이.씨 장용균			
(72) 발명자 조용국			
(74) 대리인 최종왕			

심사관 : 이우영

(54) 자기광학특성 측정장치

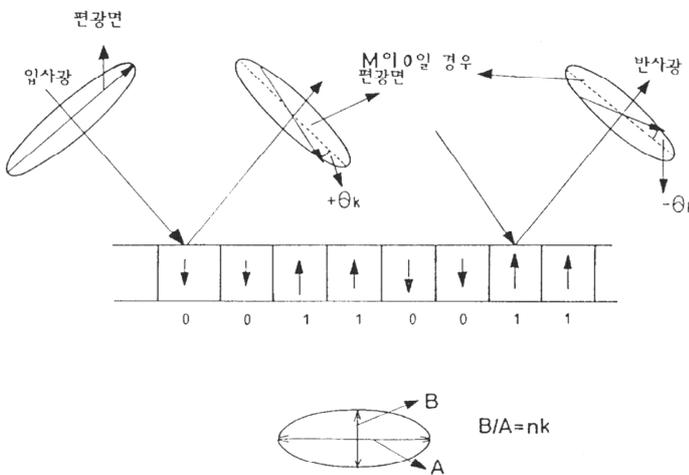
요약

본 발명은 광자기 기록재료로 사용되는 물질의 여러특성중 자기광학적 성질인 케어(Kerr)회전각을 측정하는 자기광학특성 측정장치에 관한 것이다.

종래의 자기광학특성 측정장치는 편광자를 통과한 직선편광이 샘플에 반사될 경우 자기광학효과에 의하여 케어회전각이 발생한 것을 편광자와 직교한 상태에 있는 검광자를 통하여 미세한 전류로 검출할 수 밖에 없었는데 자기케어효과를 나타내는 물질들의 케어회전각은 약 0.1~0.5° 이기 때문에 이러한 종래의 자기광학특성 측정기로서는 잡음성분의 영향으로 인하여 정확히 미소한 케어회전각을 측정하기가 어려운 문제점이 있었다.

본 발명은 광학부에서 편광자(12)를 거쳐 빔스프릿터(14)로 입력되는 레이저를 자기광학변조시키고, 광검출기(30)의 검출신호를 이용하여 X-Y 레코더(28)에 기록하는 전자회로부에서 록-인 증폭기(50; Lock-In Amplifier)를 사용함으로써 미소한 케어회전각을 정확히 측정할 수 있도록 된 발명임.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

자기광학특성 측정장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 자화방향에 따른 케어회전각  $\theta_k$ 의 변화와 케어타원을  $\eta_k$ 를 설명하기 위한 도면.

제2도는 케어효과를 설명하기 위한 도면.

제3도는 종래 자기광학특성 측정장치를 설명하기 위한 도면.

제4도는 종래 자기광학특성 측정장치의 측정방법을 설명하기 위한 도면.

제5도는 본 발명에 따른 자기광학특성 측정장치를 설명하기 위한 도면.

제6도는 본 발명에 따른 록-인 증폭기의 주요부분에 대한 파형을 설명하기 위한 도면.

제7도는 본 발명의 일실시예에 따른 측정결과를 설명하기 위한 도면.

제8도는 본 발명의 다른 실시예에 따른 측정결과를 설명하기 위한 도면이다.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- |              |               |
|--------------|---------------|
| 10 : 레이저발생기  | 12 : 편광자      |
| 14 : 빔스프릿터   | 16 : 검광자      |
| 18 : 전자석     | 20 : 마그네트전원   |
| 22 : 흡소자     | 24 : H축 증폭기   |
| 26 : M축 증폭기  | 28 : X-Y 레코더  |
| 30 : 광검출기    | 32 : 반사경      |
| 40 : 편광변조기   | 42 : 시그날제네레이터 |
| 44 : 고역통과필터  | 46 : 대역통과필터   |
| 48 : 노치필터    | 50 : 록-인 증폭기  |
| 52 : 페이즈 시프터 | 54 : 스위칭회로    |
| 56 : 차동증폭기   | 60 : 적분기      |
| 62 : 저역통과필터  | S : 샘플        |

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 자기광학특성 시험장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광자기 기록재료로 사용되는 물질의 여러특성중 자기광학적 성질인 케어(Kerr)회전각을 측정하는 자기광학특성 측정장치에 관한 것이다.

일반적으로 광자기디스크는 디스크기판에 성막한 자성체 박막에 레이저를 조사하여 온도를 상승시킨 수온도가 상승된 부분만 자화방향을 변화시켜 기록하는 자기기록방식의 디스크이다.

이러한 디스크의 재생시에는 자기광학효과를 이용하게 되는데, 자기광학효과라 함은 레이저의 편광방향이 자화의 방향에 따라 회전하는 것을 의미한다.

이에 대해 좀더 상세히 설명하면 일반적으로 물질에 직선편광을 경사지게 입사시키면, 반사광은 타원편광이 되고, 그 주축의 방향이 입사광의 편광의 방향으로부터 회전한다.

이러한 현상은 타원측정법(Ellipsometry)로서 물질의 광학정수 n과 k를 구하고, 박막의 두께를 측정하는데 이용된다.

등방성의 물질에 광을 수직으로 입사시키는 경우에는 이런 현상이 일어나지 않는다.

그러나 예시도면 제1도에 도시된 바와 같이, 물질이 자화를 가지고 있고 직선편광이 수직으로 입사할 경우 주축의 방향이 입사편광에 대하여 기울어진 타원편광이 반사되는 이러한 현상을 케어효과라 하며, 이 경우의 자기선광각을 회전각  $\theta_k$ , 타원편광의 장축과 단축의 비를 케어 타원을  $\eta_k$ 라 부른다.

여기서 회전방향은 입사광방향과 자화의 방향이 일치할 경우에는 우회전하고, 입사광방향과 자화의 방향이 반대일 경우에는 좌회전하며,  $\theta_k$ ,  $\eta_k$ 의 부호는 자화의 방향에 반대가 되면 음의 부호를 붙인다.

케어효과가 제2도에 도시된 바와 같이 극케어효과(Polar Kerr Effect), 종케어효과(Longitudinal Kerr Effect), 횡케어효과(Transverse Kerr Effect) 등의 3종류가 있으나, 현재 광자기기록매체에 사용되는 것은 반사면의 법선방향에 평행하게 자화되어 있는 경우의 극케어효과이다.

여기서 미설명 부호 M은 자화의 방향 및 크기를 나타낸다.

자기케어효과가 있는 기록막에 기록된 정보를 재생할 경우 재생신호의 신호 대 잡음 비(S/N 비)는 다음의 식과 같이 나타난다.

$$S/N \propto \sqrt{R} \cdot e$$

즉 S/N 비는 기록막의 반사율과 케어회전각에 비례한다. 따라서 기록물질개발 및 최적 조성 선정 및 기록막의 성막공정조건 등의 선정에 있어 케어회전각의 평가가 매우 중요하다.

예시도면 제3도는 종래 자기광학특성 측정장치를 설명하기 위한 도면이다.

여기서 도면 부호 10은 레이저 발생기를 나타내는 것이다.

편광자(12)는 레이저광의 상태를 선편광으로 만들어 내보내 주는 렌즈 즉 자연광이나 타원편광 및 원편광으로부터 직선편광을 선택하여 내보내는 광학렌즈로서, 직선편광이라 함은 광을 전자기파라고 했을 때 전계가 일정한 방향으로 진동하는 것을 말한다.

또한 빔스프릿터(14)는 레이저빔의 방향을 바꾸어 주는 광학렌즈이고, 검광자(16)는 편광자(12)와 같은 기능을 하는 것으로서 선편광의 투과방향은 편광자의 90° (직교 상태)를 이룬다.

그리고 전자석(18)은 샘플(S)의 수직한 방향으로 자화를 걸어주기 위한 것으로, 전류가 흐르는 방향에

따라 N극과 S극의 방향이 변경가능한 전자석이고, 마그네트전원(20)은 전자석(18)에 전류를 공급하는 전원이다.

홀소자(22)는 샘플(S)의 하방에 설치되어 자화의 크기와 방향에 따라 미소전류를 발생시키는 자화센서이다.

한편 H축 증폭기(24)는 홀소자(22)에서 발생한 미소전류를 증폭하여 그 후단에 연결되는 X-Y 레코더(28)에서 X축을 플로팅할 수 있도록 증폭하는 작용을 하는 것이고, M축 증폭기(26)는 케어회전각에 의하여 검광자(16)를 통과한 미소한 빛이 광검출기(30)에 닿으면 전류가 발생하는데 이 값이 미세하므로 X-Y 레코더(28)에서 Y축을 플로팅할 수 있도록 증폭하는 작용을 하는 것이다.

미설명 부호 32는 반사경을 나타낸다.

이와 같은 구성요소로서 이루어진 종래의 자기광학특성 측정장치는 제4도에 도시된 바와 같이 편광자(12)를 통과한 직선편광이 샘플(S)에 반사될 경우 자기광학효과에 의하여 케어회전각이 발생한 것을 편광자(12)와 직교한 상태에 있는 검광자(16)를 통하여 미세한 전류로 검출할 수 밖에 없었다.

즉, 이때 광검출기(30)에서 출력되는 신호는

$$I_0 = K \cdot P \cdot \sin^2 \theta + i \quad \dots\dots(식 1)$$

과 같이 표현될 수 있는데 그 크기는 매우 작다.

여기서  $I_0$  : 광검출기(30)의 출력전류,

K : 광검출기(30)의 이득,

P : 레이저의 세기

i : 편광자의 저소광 비에 의한 잡음

을 각각 나타낸다.

그런데 일반적으로 지금까지 자기케어효과를 나타내는 물질들의 케어회전각은 약 0.1~0.5° 이기 때문에 이러한 종래의 자기광학특성 측정기로서는 잡음성분의 영향으로 인하여 정확히 미소한 케어회전각을 측정하기가 어려운 문제점이 있었다.

본 발명은 상기한 사정을 감안하여 발명한 것으로, 광학부에서 편광자를 거쳐 빔스프릿터로 입력되는 레이저를 자기광학변조시키고, 광검출기의 검출신호를 이용하여 X-Y 레코더에 기록하는 전자회로부에서 록-인 증폭기(Lock-In Amplifier)를 사용함으로써 미소한 케어회전각을 정확히 측정할 수 있도록 된 자기광학특성 측정장치를 제공하고자 함에 발명의 목적이 있다.

이하 본 발명의 구성 및 작용효과를 예시도면에 의거하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

본 발명은 레이저발생기(10)의 레이저출력을 편광자(12)를 매개로 빔스프릿터(14)에 통과시켜 반사경(32)을 통해 샘플(S)에 조사 및 반사시킨 후 검광자(16)의 출력을 광검출기(30)로 검출하여 M축 증폭기(26)를 통해 X-Y 레코더(28)의 Y축에 입력시키는 한편 마그네트전원(20)으로 전자석(18)을 통해 샘플(S)에 자계를 형성시켜주어 홀소자(22)로부터 검출되는 전압을 H축 증폭기(24)로 증폭한 다음 X-Y 레코더(28)의 X축에 입력시켜 케어회전각을 검출하도록 하는 자기광학특성 측정장치에 있어서, 상기 레이저발생기(10)에서 발생하는 레이저빔을 상기 편광자(12)와 빔스프릿터(14) 사이에서 시그널 제네레이터(42)에 의해 자기광학변조 시키도록 하는 편광변조기(40)를 설치한 구조로 되어 있다.

또한 상기 광검출기(30)의 출력단에는 고역통과필터(44)와 대역통과필터(46), 노치필터(48)를 차례로 매개하여 록-인 증폭기(50)를 연결하고, 상기 록-인 증폭기(50)에는 적분기(60)와 저역통과필터(62)를 차례로 매개하여 X-Y 레코더(28)의 Y축 입력단을 연결한 구조로 되어 있다.

그리고 록-인 증폭기(50)는 상기 노치필터(48)의 출력을 입력으로 하는 페이즈 시프터(52)와 상기 페이즈 시프터(52)의 출력단에 스위칭회로(54)를 매개로 차동증폭기(56)의 일측 입력단을 연결하고, 또한 상기 페이즈 시프터(52)의 출력단에 상기 차동증폭기(56)의 (-1)배 입력단을 직접 연결하여 구성한 것이다.

제5도는 본 발명에 따른 자기광학특성 측정장치의 구성도를 도시한 것이다.

여기서 편광변조기(40)는 파라데이의 회전현상을 이용한 자기광학변조장치로서, 파라데이 회전현상은 자계내에 놓여 있는 물질중을 통과하는 광의 편광면이 인가자계에 의하여 회전하는 현상을 말하며, 회전각  $\theta$ 는  $\theta = VHL$ 로 표현된다(V는 베르디정수, H는 자계, L은 물질의 길이를 각각 나타낸다).

여기서 인가하는 자계는 솔레노이드 코일을 이용한 전자석을 사용하는데 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어 줌으로써 즉 시그널제네레이터(42)에서 주파수  $\omega$ 를 갖는 교류전류를 흘려줌으로써 자계의 방향을 바꾸어 줄 수 있게 되고, 편광면이 자계가 존재하지 않을 경우 즉 H=0일때의 위치를 중심으로 하여 좌우로 (+,-)편광면을 진동시킬 수 있게 된다.

편광자(12)와 검광자(16)의 위치가 직교상태로부터  $\theta$ 만큼 벗어나 있는 경우 광검출기(30)의 신호는 앞서의 (식 1)과 같다.

이때  $\theta$ 가 작은 경우 (식 1)은

$$I_o = K \cdot P \cdot \theta^2 + i \quad \dots\dots(식 2)$$

와 같이 표현될 수 있다.

편광자(12)와 검광자(16)를 직교시키고 편광자(12)를 통과한 레이저빔을 편광자(12)와 검광자(16) 사이에 있는 편광변조기(40)에 의하여 각속도  $\omega$ 로 변조시켜 자기광학효과가 있는 물질에 반사시킨 경우  $\theta$ 는 (식 3)과 같이 표시된다.

$$\theta = \theta_k + \theta_m \cdot \cos(\omega t) \quad \dots\dots(식 3)$$

여기서  $\theta_k$  : 물질의 케어회전각,

$\theta_m$  : 각변조의 진폭,

이때 광검출기(30)의 출력전류는 (식 2)에 의하여 다음과 같이 표시된다.

$$I_o = K \cdot P \cdot (\theta_k + \theta_m \cdot \cos \omega t)^2 + i \quad \dots\dots(식 4)$$

이 출력전류를 변조주기  $\omega$ 에 의하여 분리하여 표시하면 다음과 같다.

$$I_o = I_x + I_\omega + I_{2\omega} \quad \dots\dots(식 5)$$

$$I_x = K \cdot P \cdot (\theta_k^2 + \theta_m^2/2) \quad \dots\dots(식 6)$$

$$I_\omega = 2K \cdot P \cdot \theta_k \cdot \theta_m \quad \dots\dots(식 7)$$

$$I_{2\omega} = K \cdot P \cdot \theta_m^2/2 \quad \dots\dots(식 8)$$

즉 DC(직류)성분,  $\omega$ 성분 그리고  $2\omega$ 성분으로 나뉘어 진다.

그리고 (식 6)에서  $\theta_k^2$ 은 값이  $10^{-5} \sim 10^{-6}$  정도의 작은 값이므로 무시할 수 있다.

따라서 자기광학효과에 의한 케어회전각  $\theta_k$  성분은  $\omega$ 성분의 출력전류값에 존재하게 되므로, DC(직류)성분 및  $2\omega$ 성분을 제거하고  $\omega$ 성분만 남기기 위하여 다음과 같은 여러 종류의 필터를 사용한다.

이와 같이 종래 자기광학효과를 측정하는 장치에서는 잡음원으로서 광검출기(30)의 쇼트노이즈(Short Noise)와 레이저의 출력변동에 의한 노이즈, 마그네틱필름의 결함에 의한 노이즈 등이 있으나, 상기와 같이 편광변조방법을 사용하게 되면 위와 같은 노이즈들이 제거될 수 있는 것이다.

필터회로의 구성에 의한  $\omega$ 성분의 신호분리 방법은 다음과 같다.

먼저 광검출기(30)에서 나온 출력전류를 고역통과필터(44)에 통과시켜 직류성분의 전류를 제거한다. 그리고  $\omega$ 성분만 통과시키기 위하여 대역통과필터(46)를 통과시키고  $2\omega$ 성분을 완전히 제거하기 위하여 노치필터(48)를 통과시킨다.

그후 다음의 록-인 증폭기(50)를 사용하여 미소한 케어회전각  $\theta_k$ 를 측정할 수 있다.

즉 노치필터(48)를 통과시킨 출력전류는  $\omega$ 성분만 포함하게 되는데 스위칭회로(54)에 입력되는 주파수  $\omega$ 의 구형파와 동기를 맞추어 주기 위하여 페이즈 시프터(52)를 통과시킨다.

스위칭회로(54)에서는 주파수  $\omega$ 의 구형파가 +레벨일 때만 입력신호를 출력시킨다.

스위칭회로(54)를 통과한 신호는 2배하여 차동증폭기(56)로 입력시키고, 페이즈 시프터(52)를 통과시키고 스위칭회로(54)를 통과시키지 않은 신호는 (-1)배하여 차동증폭기(56)로 입력시킨다.

이때 록-인 증폭기(50)의 주요부분에 대한 파형도는 제6도에 도시된 바와 같다.

제6도(a)는 케어회전각  $\theta_k$ 가 (+)인 경우로서, (a)는 스위칭회로(54)의 출력, (b)는 페이즈 시프터(52)의 출력, (c)는 차동증폭기(56)의 출력을 각각 나타낸다. 또한 제6도 (b)는 케어회전각  $\theta_k$ 가 (-)인 경우로

서, (a)는 스위칭회로(54)의 출력, (b)는 페이지 시프터(52)의 출력, (c)는 차동증폭기(56)의 출력을 각각 나타낸다.

그리고 차동증폭된 신호는 적분기(60)에 의해 평활하게 되며, 평활된 신호의 평균레벨은 케어회전각에 비례하여 케어회전각이 크면 높은 값을 갖게 된다.

이와 같이 적분기(60)에 의해 평활된 신호는 저역통과필터(62)에서 그 후단에 연결되는 출력장치인 X-Y 레코더(28)에서 사용될 수 있도록 더욱 평활한 신호로서  $\theta_k$ 의 방향에 따른, 그리고  $\theta_k$ 의 정도에 따른 직류값이 출력된다.

이와 같이 페이지 시프터(52)와 스위칭회로(54) 및 차동증폭기(56)로 이루어진 록-인 증폭기(50)를 사용함으로써 0.1-0.5° 정도의 미소한 케어회전각에서 발생하는  $\omega$ 성분의 신호를 증폭시킬 수가 있고 민감하게 케어회전각을 측정할 수가 있다.

위와 같은 본 발명에 따른 자기광학특성 측정장치로부터 TbFeCo 박막의 케어회전각을 자장의 세기의 변화에 따라 측정된 결과를 제7도에 나타내었다.

측정시료의 준비는 다음과 같다.

[실시예 1]

플리카보네이트 기판위에 SiN(Silicon Nitride) 막을 1100Å, 기록막을 230Å, SiN막을 400Å, Al막을 300Å 스퍼터링 방법을 연속하여 코팅하였다.

스퍼터링 하기 위한 초기진공도는  $1 \times 10^{-6}$  Torr, 스퍼터링시의 Ar 압력은 2mTorr로 하였다.

이때 기록막의 조성은 TbFeCo를 기본적으로 하여 다음과 같이 변경하여 제작하였다.

[표 1]

단위: Atomic Percent

	Tb	Fe	Co	Cr
시료 1-1	21.31	65.30	10.55	2.84
시료 1-2	21.66	64.79	10.63	2.91
시료 1-3	22.13	64.24	10.67	2.96

이에 대해 앞서 설명된 본 발명에 따른 자기광학특성 측정장치로 TbFeCo 박막의 케어회전각을 자장의 세기의 변화에 따라 측정된 결과를 제7도에 나타내었다.

여기서 시료 1-1, 1-2는 0.33° 로 평가되었고, 시료 1-3은 보상조성이기 때문에 무한대의 항자력(Hc)를 가짐으로 해서 100Koe 정도의 자장으로는 기록물질을 자화시킬 수 없어 케어회전각이 측정되지 않았다.

[실시예 2]

상기 실시예와 같은 방법으로 시료를 준비하고 TbFeCo를 기본으로 하여 기록막의 조성이 Zr과 Pt 각각 9.73a/o(Atomic Percent), 12.1a/o가 되도록 기록막을 제작하였다.

시료 2-1은 특별히 기록막 스퍼터링중 산화처리를 실시하였다.

[표 2]

단위: Atomic Percent

	Tb	Fe	Co	Zr	Pt
시료 2-1	24.08	68.23	7.69		
시료 2-2	22.52	60.78	7.15	9.73	
시료 2-3	21.47	60.04	6.39		12.1

이에 대해 앞서 설명된 본 발명에 의한 자기광학특성 측정장치로 TbFeCo 박막의 케어회전각을 자장의 세기의 변화에 따라 측정된 결과를 제8도에 나타내었다.

시료 2-1은 0.33° 시료 2-2는 0.28° , 시료 2-3은 다량의 Pt를 함유함으로써 자기광학효과를 얻지 못하였다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

레이저발생기(10)의 레이저출력을 편광자(12)를 매개로 빔스프릿터(14)에 통과시켜 반사경(32)을 통해 샘플(S)로 조사 및 반사시킨 후 검광자(16)의 출력을 광검출기(30)로 검출하여 M축 증폭기(26)를 통해

X-Y 레코더(28)의 Y축에 입력시키는 한편 마그네트전원(20)으로 전자석(18)을 통해 샘플(S)에 자계를 형성시켜주어 홀소자(22)로부터 검출되는 전압을 H축 증폭기(24)로 증폭한 다음 X-Y 레코더(28)의 X축에 입력시켜 케어회전각을 검출하도록 하는 자기광학특성 측정장치에 있어서, 상기 레이저발생기(10)에서 발생하는 레이저빔을 상기 편광자(12)와 빔스프릿터(14) 사이에서 시그널제네레이터(42)에 의해 자기광학변조시키도록 하는 편광변조기(40)를 설치한 구조로 되어 있는 자기광학특성 측정장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 광검출기(30)의 출력단에는 고역통과필터(44)와 대역통과필터(46), 노치필터(48)를 차례로 매개하여 록-인 증폭기(50)를 연결하고, 상기 록-인 증폭기(50)에는 적분기(60)와 저역통과필터(62)를 차례로 매개하여 출력장치인 X-Y 레코더(28)의 Y축 입력단을 연결한 구조로 되어 있는 것을 특징으로 하는 자기광학특성 측정장치.

**청구항 3**

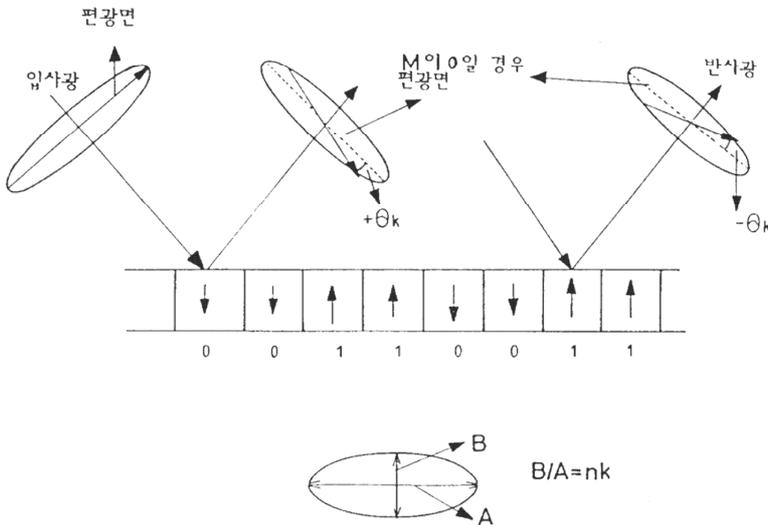
제2항에 있어서, 상기 록-인 증폭기(50)는 상기 노치필터(48)의 출력을 입력으로 하는 페이즈 시프터(52)와 상기 페이즈 시프터(52)의 출력단에 스위칭회로(54)를 매개로 차동증폭기(56)의 일측 입력단을 연결하고, 또한 상기 페이즈 시프터(52)의 출력단에 상기 차동증폭기(56)의 (-1)배 입력단을 직접 연결하여 구성된 것을 특징으로 하는 자기광학특성 측정장치.

**청구항 4**

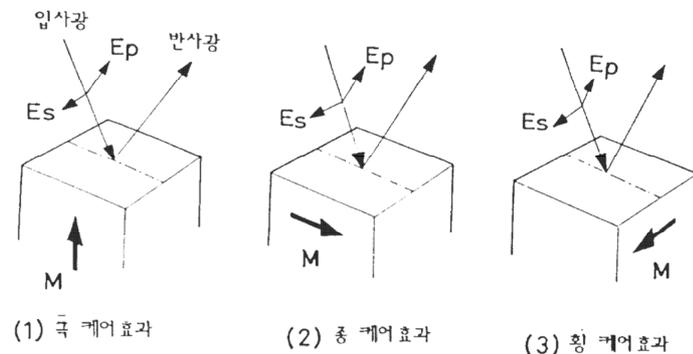
제3항에 있어서, 상기 차동증폭기(56)는 스위칭회로(54)의 입력을 2배하고 페이즈 시프터(52)의 입력을 (-1)배 하여 입력받도록 구성된 것을 특징으로 하는 자기광학특성 측정장치.

**도면**

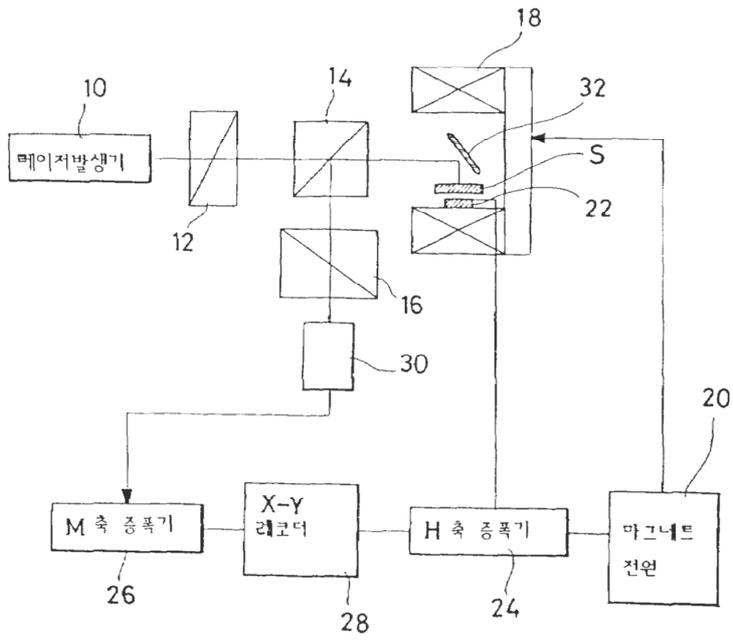
**도면1**



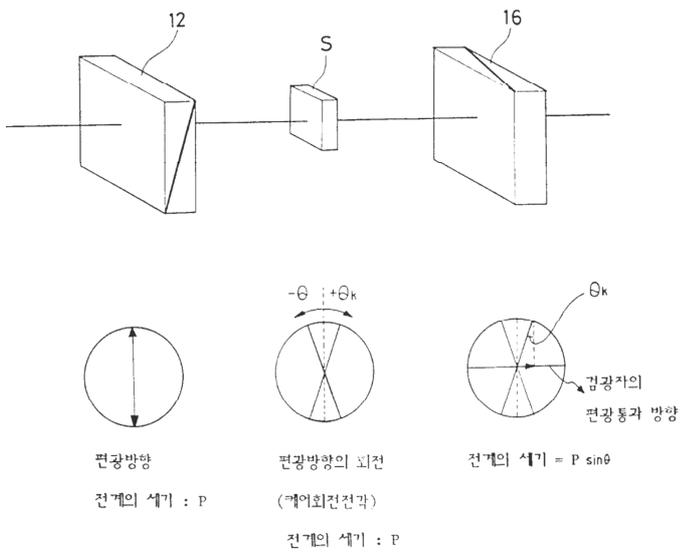
**도면2**



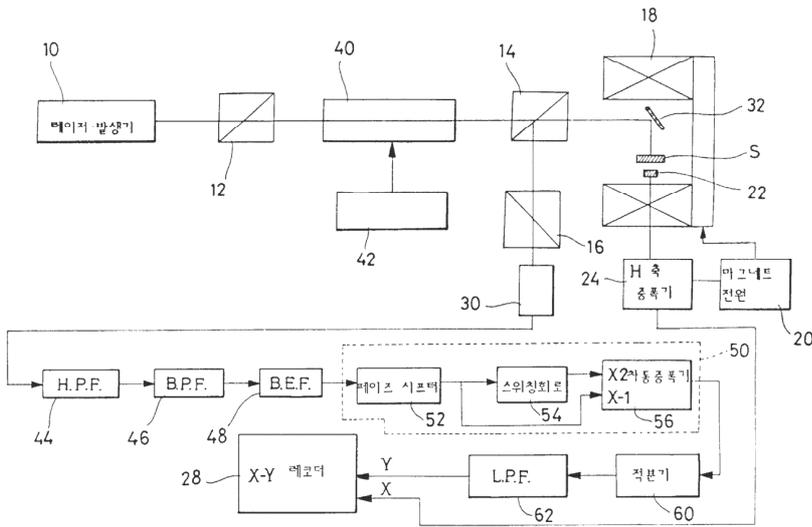
도면3



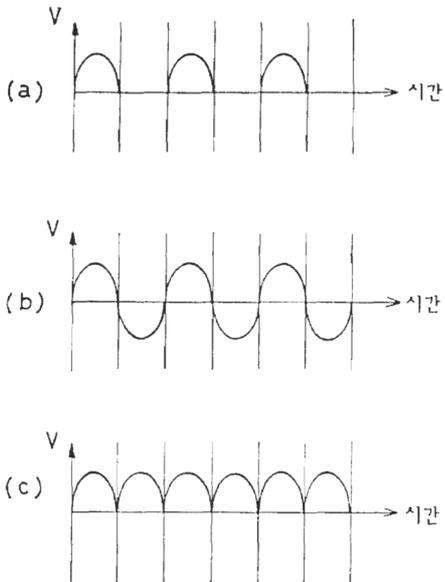
도면4



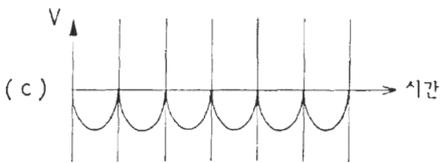
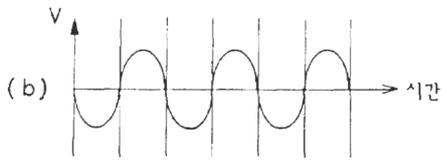
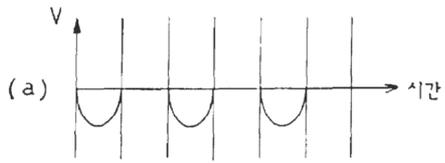
도면5



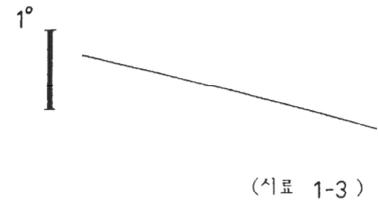
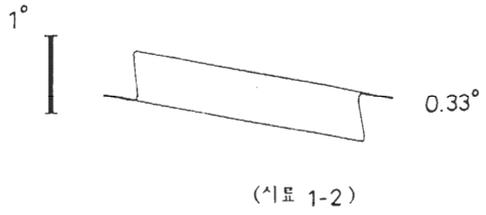
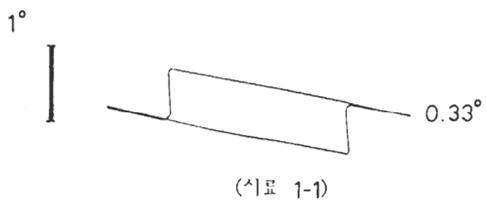
도면6a



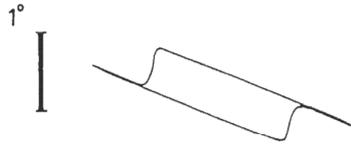
도면6b



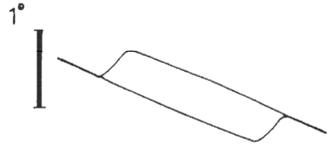
도면7



도면8



(시료 2-1)



(시료 2-2)



(시료 2-3)