(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
G01R 15/24

(45) 공고일자 2001년12월15일
(11) 등록번호 10-0310374
(24) 등록일자 2001년09월17일

(21) 출원번호	10-1996-0701813	(65) 공개번호	특1996-0705217
(22) 출원일자	1996년04월01일	(43) 공개일자	1996년10월09일
번역문제출일자	1996년04월01일		
(86) 국제출원번호	PCT/DE1994/01100	(87) 국제공개번호	WO 1995/10045
(86) 국제출원일자	1994년09월21일	(87) 국제공개일자	1995년04월13일
(81) 지정국	국내특허 : 캐나다 일본 대한민국 노르웨이 미국 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 사이프러스 독일 덴마크 스페인 핀랜드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투칼 스웨덴		

(30) 우선권주장 P4333538.1 1993년10월01일 독일(DE)
P4423981.5 1994년07월07일 독일(DE)

(73) 특허권자 지멘스 악티엔게젤샤프트 칼 하인쯔 호르닝어
독일 뮌헨 80333 비텔스파허프라쯔 2
(72) 발명자 보쎌만, 토마스
독일연방공화국 데-91054 에어랑엔 임 호이슈라크 9
멩케, 페터
독일연방공화국 데-91054 에어랑엔 카톨리셔 키르헨플랏츠 7
(74) 대리인 남상선

심사관 : 강성균

(54) 패러데이 효과를 이용해서 2개의 반대방향 광신호로전류를측정하기위한방법및장치

명세서

[발명의 명칭]

패러데이 효과를 이용해서 2개의 반대방향 광신호로 전류를 측정하기 위한 방법 및 장치

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 전류도체에 배치된 패러데이 소자에 의해 전류 도체내의 전류를 측정하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

패러데이 효과를 이용해서 전류 도체내의 전류를 측정하기 위한 광학 측정장치는 공지되어있다. 이러한 장치는 자기광학 전류 변환기라고도 한다. 패러데이 효과는 자기장에 따라 선형으로 편광되는 빛의 편광면이 회전하는 것을 의미한다. 회전각은 비례상수로서 소위 베르데(Verdet)상수를 가지고 빛의 진행 거리를 따른 자기장의 거리 적분에 비례한다. 베르데상수는 일반적으로 재료 온도 및 파장에 의존한다. 전류를 측정하기 위해, 예컨대 유리와 같은 시각적으로 투명한 재료로된 패러데이 소자가 전류 도체의 근처에 배치된다. 전류에 의해 발생된 자기장은 패러데이 소자에 의해 전송된 선형으로 편광되는 빛의 편광면을 회전시키고, 이러한 회전각은 측정신호로서 평가될 수 있다. 일반적으로 패러데이 소자는 전류도체를 둘러싸므로, 측정빛이 폐쇄된 통로로 전류 도체를 순회한다. 이 경우에, 회전각의 값은 양호한 근사시 측정될 전류의 진폭에 정비례한다.

패러데이 소자는 중실의 유리링으로서 전류 도체 둘레에 형성될 수 있거나(유럽 특허 제 0 088 419호) 또는 광전도 모노모드-섬유로된 측정 코일의 형태로 전류도체를 둘러쌀 수 있다(섬유코일).

종래의 유도성 전류 변환기에 비한 자기광학 전류 변환기의 장점은 그것의 전위가 분리되고 전자기 장애에 대한 민감하지 않다는 것이다. 그러나, 자기광학 전류변환기의 사용시에는 그것의 온도 민감성 및 진동 민감성이 문제가 된다.

국제 공개 제 WO 92/13280호에는 패러데이 측정코일로서 전류도체 둘레에 형성된 광섬유를 가진 자기광학 전류변환기의 실시예가 공지되어 있다. 상기 공지된 실시예에서는 패러데이 회전에 비해 높은 고유의 원형 복굴절(ρ0)을 가진 광섬유를 제공하고 적합하게 신호처리함으로써, 진동영향을 가급적 보상한다. 상기 공지된 실시에서의 측정원리는 선형으로 편광되는 2개의 반대방향 광신호(S) 및 (T)를 섬유코일로 전송하는 것이다. 2개의 광신호(S) 및 (T)는 패러데이 소자를 통과한 후에 서로 수직의 편광면을 가진 2개의 광분할 신호(S1) 및 (S2) 또는 (T1) 및 (T2)로 분할되고, 이 광신호(S1) 및 (S2) 또는 (T1) 및 (T2)는 광검출기에 의해 상응하는 전기 세기신호(IS1) 또는 (IS2) 또는 (IT1) 또는 (IT2)로 변환된다. 상기 4개의 세기 신호(IS1) 및 (IS2) 및 (IT1) 및 (IT2)는 총세기(IS1+IS2) 또는 (IT1+IT2)에 상응하는 진폭 제곱으로 분할됨으로써 세기 표준화된다. 4개의 세기 표준화된 신호(is1) 또는 (is2) 또는 (it1) 또는 (it2)로부터 측정신호(M) M = ((is1-is2) - (it1- it2)) / ((is1- is2) + (it1- it2)가 유도된다. 패러데

이 효과는 비-상반 효과이므로, 2개의 광신호(S) 및 (T)가 반대방향으로 동일한 패러데이 각(ρ) 만큼 회전된다. 이에 반해, 섬유 재료내의 선형 복굴절은 상반 효과이므로 2개의 광신호(S) 및 (T)의 동일한 변조를 일으킨다. 상기 공지된 방법에 의해 형성되는 측정신호(M)는 양호한 근사시 ρ/ρ0 이므로 두 광신호(S) 및 (T)의 패러데이 회전(ρ) 및 측정전류에 대한 정보를 포함하기는 하지만, 특히 섬유의 진동에 의한 선형의 장애 복굴절 효과가 실제로 완전히 제거된다. 그러나, 측정신호(M)는 검정값으로 사용되는 원형의 복굴절(ρ0)에 의존하며 그것의 온도 자체에 대한 의존도로 인해 온도에 의존한다.

본 발명의 목적은 진동 민감성 뿐만 아니라 온도 민감성이 가급적 억압되도록 구성된, 패러데이 효과를 이용한 전류 측정 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

상기 목적은 본 발명에 따라 특허청구의 범위 제 1항 또는 11항의 특징에 의해 달성된다. 본 발명은 패러데이 회전에 비해 무시될 수 있는 원형의 복굴절을 가진 패러데이 소자 및 적합한 신호처리수단을 사용함으로써, 진동 및 온도에 가급적 의존하지 않은 측정신호가 얻어질 수 있다는 사실을 기초로 한다.

측정방법 및 측정장치의 바람직한 실시예는 특허청구의 범위의 종속항에 제시된다.

본 발명의 실시예를 첨부한 도면을 참고로 상세히 설명하면 하기와 같다.

제 1도는 전류 측정장치의 기본적인 구성을 나타낸 개략도이고,

제 2도 및 3도는 특정 신호평가가 이루어지는 전류 측정장치의 또다른 실시예이다.

도면에서 서로 상응하는 부품은 동일한 도면부호로 표시한다.

제 1도에는 전류도체(2), 패러데이 소자(3), 전송구간으로서 2개의 광도파로(4), (6), 선형으로 편광되는 광원(5), 광분할수단으로서 3개의 빔 스플리터(7), (8), (9), 2개의 변환기 유닛(11), (21), 2개의 분석기(15), (25), 2개의 표준화 유닛(12), (22), 및 신호처리유닛(30)이 도시된다.

광원(5)의 선형으로 편광되는 빛은 빔 스플리터(7)에서 2개의 상응하게 편광된 광신호(S') 및 (T')로 분할된다. 이때, 제 1 광신호(S')는 통과하고, 제 2 광신호(T')는 편향된다. 제 I 광신호(S')는 후속하는 빔 스플리터(8)을 통과하고, 광도파로(4)를 통해 측정코일의 형태로 전류 도체(2)를 둘러싸는 패러데이 소자(3)의 제 1 단자(3A)내로 전송된다. 제 2 광신호(T')는 빔 스프리터(9)내에서 재차 편향되고 광도파로(6)를 통해 패러데이 소자(3)의 제 2 단자(3B)로 전송된다. 2개의 광도파로(4) 및 (6)는 바람직하게는 편광을 유지하도록 형성되고, 예컨대 HiBi 섬유 또는 편광 중성 LoBi 섬유와 같은 모노-모드 섬유일 수 있다. 패러데이 소자(3)의 단자(3A) 및 (3B)에는 광도 파로(4) 또는 (6)과 풀릴 수 있는 접속으로서 도시되지 않은 스플리스가 제공될 수 있다. 광도파로(4) 및 (6)과 패러데이 소자(3)는 단하나의 통과 광도파로로도 형성될 수 있다. 섬유 코일 외에, 패러데이 소자로서, 바람직하게는 전류도체(2) 둘레로 폐쇄된 광통로를 형성하는 중실의 유리링 또는 다수의 개별 유리몸체가 제공될 수 있다. 끝으로, 패러데이 소자가 전류 도체를 완전히 둘러싸는 것이 아니라, 전류 도체 열에 배치될 수도 있다.

패러데이 소자(3)는 패러데이 효과에 대한 원형의 복굴절을 갖지 않도록 형성된다. 이러한 방식으로 형성된 패러데이 소자(3)에 대한 예는 모든 통상의 유리몸체, 특히 유리링, 또는 템퍼링된 광섬유(어닐링된 섬유)이다.

2개의 광신호(S') 및 (T')는 반대방향으로 패러데이 소자(3)를 통과하며 (S) 및 (T)로 표시된 광신호로서 각각의 반대 단자(3B) 또는 (3A)에 결합된다. 이러한 방향에서 2개의 광신호(S') 및 (T')의 편광면은 전류(1)에 의해 전류 도체(2)내에 생기는 자기장에 의해 반대방향으로 동일한 패러데이 측정 각(ρ) 또는 (-ρ) 만큼 회전되고 동시에 패러데이 소자(3)에서의 선형 복굴절에 의해 동일하게 변조된다. 2개의 광신호(S') 및 (T')의 편광상태에 대한 원형 복굴절에 의한 영향은 패러데이 소자(3)의 선택에 의해 실제로 존재하지 않는다. 편광면이 측정각(ρ) 또는 (-ρ) 만큼 회전된 광신호(S) 및 (T)는 광도파로(6) 또는(4)를 통해 빔 스플리터(9) 또는 (8)로 전송된다. 광신호(S)는 빔 스플리터(9)를 통과하여 변환기 유닛(11)에 공급된다. 광신호(T)는 빔 스플리터(8)에서 편향되어 변환기 유닛(21)에 공급된다. 따라서, 두 광신호(S') 또는 (S) 및 (T') 또는 (T)는 2개의 빔 스플리터(8) 및 (9) 각각을 한 번 통과하므로, 빔 스플리터(8) 및(9)에서 잃은 두 광신호(S) 및 (T)의 세기손실이 거의 동일하다.

광원(5) 및 빔 스플리터(7), (8) 및 (9)는 광도파로(4) 및 (6) 또는 -이것에 대한 대안으로- 상응하는 자유 빔 전송구간과 함께 패러데이 소자(3)을 통해 2개의 선형으로 편광된 반대방향 광신호(S') 및 (T')의 전송수단을 형성하며, 그것의 편광면은 패러데이 소자(3)의 통과 후에 패러데이 효과로 인해 측정각(ρ) 또는 (-ρ) 만큼 반대방향으로 회전된다.

각각의 변환기 유닛(11) 및 (21)에서, 상응하는 광신호(S) 또는 (T)가 각각의 분석기(15) 또는 (25)에 의해 서로 상이한 편광면을 가진 2개의 광신호(S1) 및 (S2) 또는 (T1) 및 (T2)로 분할된다. 바람직하게는 상기 2 편광면은 적어도 거의 서로 수직으로 놓인다. 분석기(15) 및 (25)로서, 예컨대 월라스톤(Wollaston)프리즘과 같은 편광 빔 스플리터 또는 하나의 빔 스플리터를 가진, 상응하는 각 만큼 교차된 2개의 편광필터가 제공될 수 있다. 예컨대 증폭기 회로내로 접속되는 포토다이오드와 같은 도시되지 않은 광전 변환기에서 광분할신호(S1) 및 (S2) 그리고 (T1) 및 (T2)는 상응하는 전기 세기신호(IS1) 또는 (IS2) 또는(IT1) 또는 (IT2)로 변환된다. 광신호(S1) 및 (S2) 그리고 (T1) 및 (T2)를 분석기(15) 또는 (25)로부터 광전 변환기로 전송하는 것은 자유 빔 장치 또는 상응하는 광도파로를 통해 이루어진다. 변환기 유닛(11) 및 (21)은 패러데이 소자의 통과 후에 2개의 광신호(S) 및 (T)를 상이한 편광면을 가진 2개의 광분할 신호 (S1) 및 (S2) 또는 (T1) 및 (T2)로 분할하고, 상응하는 광분할 신호의 세기에 대한 척도인 상응하는 전기 세기신호(IS1) 또는 (IS2) 또는 (IT1) 또는 (IT2)로 상기 광신호(S1), (S2), (T1) 및 (T2)를 변환시키는 수단을 형성한다.

제 1 광신호에 대한 세기신호(IS1) 및 (IS2)는 표준화 유닛(12)에 공급되고, 제 2 광신호에 대한 세기신호(IT1) 및 (IT2)는 표준화 유닛(22)에 공급된다. 표준화 유닛(12) 및 (22)에서 세기 신호(IS1) 및 (IS2) 또는 (IT1) 및 (IT2)로부터 세기 표준화된 신호(PS) 또는 (PT)가 발생된다.

세기 표준화된 신호(PS) 및 (PC)는 예컨대 전송구간에서의 감쇠손실 또는 광원(4)의 변동에 의해 야기될 수 있는 두 광신호(S) 및 (T) 그리고 그것의 광분할 신호(S1) 및 (S2) 또는 (T1) 및 (T2)에서의 세기편차와는 무관하게 형성된다.

바람직하게는 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)는 관련 두 세기신호(IS1) 및 (IS2) 또는 (IT1) 및 (IT2)의 차를 합으로 나눔으로써 형성된다. 즉,

PS=(IS1 - IS2)/(IS1 +IS2) (1a), 및

PT=(IT1 - IT2)/(IT1 +1T2) (1b).

이것을 위해 표준화 유닛(12) 및 (22)에는 바람직하게는 차신호(IS1-IS2) 또는 (IT1- IT2)를 형성하기 위한 감산기(SUBI) 또는 (SUB2), 합신호(IS1+IS2) 또는 (IT1+IT2)을 형성하기 위한 가산기(ADD1) 또는 (ADD2), 및 상기 차신호 및 합신호로부터 상신호(Quotient signal)((IS1-IS2) / (IS1+IS2) 또는 (IT1-IT2) / (IT1+IT2))를 형성하기 위한 제산기(DIV1) 또는 (DIV2)가 제공된다.

2개의 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)는 신호처리 유닛(30)에 공급된다. 신호처리 유닛(30)은 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)로부터 진동 및 온도 보상되는 전류도체(2)에서의 전류(1)에 대한 측정신호를 유도해낸다. 여기서 온도보상은 패러데이 소자(3)에서 무시될 수 있는 원형 복굴절로 인해 예컨대 국제공개 제 92/13280호에 공지된 장치에서 보다 훨씬 더 양호하다.

도시되지 않은 제 1 실시예에서는 측정신호(M)가 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)로부터 하기와 같이 유도된다. 먼저, 2개의 신호 PA = PS + PT 및 PB = PS - PT가 형성된다. 이렇게 형성된 제 1 신호(PA)는 단지 선형 복굴절의 함수이며, 패러데이 회전각(ρ)의 함수는 아니다. 이에 반해, 제 2 신호(PB)는 패러데이 회전(ρ)에만 의존한다. 측정신호(M)는 제 1 신호(PA)의 함수 f(PA)와 제 2 신호(PB)의 적이다. 즉,

M = f(PA) · PB.

신호(PA) 및(PB)로부터 바람직하게는 미리 측정된 값 테이블(룩-업테이블)에 저장된 적합한 값과의 비교로부터 측정신호(M)가 검출된다. 값 테이블은 수로 산출되거나 또는 실험을 토대로 검출될 수 있다. 함수 f(PA)는 필요한 검정 측정의 수를 줄이기 위해 선형 또는 2차 핏(fit)함수에 의해 계산될 수 있다. 물론, 2개의 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT) 자체 그리고 상응하는 값 테이블이 측정신호(M)의 유도에 직접 사용될 수도 있다.

보다 높은 정확도를 얻기 위해, 측정신호가 두 신호(PA) 및 (PB)의 일반 함수 M = f(PA, PB)로서 바람직하게는 재차 값 테이블에 의해 결정될 수 있다. 또한, 모든 실시예에서 값 테이블 대신에 검정 함수가 사용될 수도 있다.

등식(1a) 및 (1b)에 따라, 관련 두 세기 신호(IS1) 및 (IS2) 또는 (IT1) 및 (IT2)의 합으로 차를 나눔으로써 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)가 형성되는 특히 바람직한 실시예에서, 측정신호(M)로서 바람직하게는 두 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)의 2개의 선형 함수가 변수로서 사용된다. 이 경우, 측정신호(M)는 특히 하기식에 의해 얻어진다:

$$M=(a^{*}PS-b^{*}PT)/(c^{*}PS+d^{*}PT+e^{*}E) \qquad (2)$$

상기식에서는 a, b, c, d는 실계수이고 E는 단위 신호이다. 단위 신호(E)는 2개의 세기 신호(IS1) 또는 (IS2) 또는 (IT1) 또는 (IT2) 중 하나가 정확히 사라지면 세기 표준화된 신호(PS) 또는 (PT)에 상응한다.

제 2도에 도시된 실시예에서는 차(PS - PT)와 합(PS+PT+K'·E)의 상이 형성되는 방식으로, 측정신호(M)가 2개의 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)로부터 유도된다. 즉,

M=(PS-PT)/(PS+PT+K'·E) (3).

상기식에서, K'는 미리주어진 실제 보정인자이다. E는 2개의 관련 세기신호(IS1) 또는 (IS2) 또는 (IT1) 또는 (IT2) 중 하나가 사라지는 경우 세기 표준화된 신호(PS) 또는 (PT)의 값에 상응하는 단위신호이다. 이 경우, 두 표준화 유닛(12) 및 (22)의 두 제산기(DIV1) 및 (DIV2)의 출력레벨이 서로 동조됨으로써, 2개의 제산기(DIV1) 및 (DIV2)의 출력에서 동일한 단위신호(E)가 얻어진다. a=b=1, c=d=1, 및 e=K'을 선택하면, 등식(3)에 따른 상기 측정신호(M)가 일반식(2)으로부터 얻어진다.

등식(3)에 따른 측정신호(M)를 유도하기 위해, 신호처리 유닛(30)에서는 바람직하게는 차신호(PS-PT)를 유도하기 위한 감산기(SUB3), 합신호(PS+PT)를 형성하기 위한 제 1 가산기(ADD3), 제 1 가산기(ADD1)의 합신호(PS+PT)와 K'배 단위신호(K'·E)로부터 합신호(PS+PT.K'·E)를 형성하기 위한 제 2 가산기(ADD4), 및 감산기(SUB3)의 차신호(PS-PT)와 제 2 가산기(ADD4)의 합신호(PS+PT+K'·E) 합신호로부터 측정신호(M)로서 상신호{(PS-PT) / (PS+PT+K'· E)}를 형성하기 위한 제산기(DIV3)가 제공된다

보정인자(K')의 설정에 의해, 측정신호(M)의 온도 의존도가 적어도 거의 없어진다. 일반적으로, 보정인자(K')는 -3 내지 3의 범위에 놓인다.

특별한 실시예에서 보정인자(K'), 패러데이 소자(3)의 선형 복굴절의 고유 축과 패러데이 소자(3)내로 결합된 광신호(S') 및 (T')의 편광면 사이의 결합각(η), 및 선형 복굴절의 상기 고유 축과 분석기(15) 또는 (25)의 고유축 사이의 소위 분리각(η)은 적어도 거의 하기 식을 충족시키도록 설정된다:

Sin(2Θ-2η)=1 (4a) 및

cos(2Θ+2η)=-K'/3 (4b).

복굴절 재료의 고유축은 편광방향에 의해 정해지며, 상기 고유축 아래에서 재료내로 결합된, 선

형 편광된 빛이 그것의 편광과 관련해서 변동없이 재차 재료를 벗어난다.

상기 등식(4a) 및 (4b)을 풀기 위한 가능한 각값은 예컨대 K'= 2일때 η= 10.45° 및 Θ = 55.45° 이다. 전술한 식(4a) 및 (4b)을 정확히 충종시키는 각값으로부터의 편차는 특히 패러데이 소자(3)에서 선형 복굴절이 클 때 있을 수 있으며 약 5% 이하이다.

계산으로부터 나타나는 바와 같이, 각(Θ) 및 (η)이 그러한 방식으로 보정인자(K')에 따라 선택될 때 측정신호는

$$M \cong (2/K')^{*}\sin(2\rho) \qquad (5)$$

이고 그에따라 양호한 근사시 복굴절 성분없이, 2/K'로 스케일되어, 이론적으로 예상되는 그것의 값 sin(2ρ)에 상응한다.

제 3도에는 측정장치의 또다른 바람직한 실시예가 도시된다. 제 2도에 따른 실시예에서와 마찬가지로, 이 실시예에서도 먼저 표준화 유닛(12) 및 (22)에서 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)가 등식(1a) 및 (1b)에 따라 관련 세기 신호(IS1) 및 (IS2) 또는 (IT1) 및 (IT2)의 차와 합의 상신호로서 형성된다. 이것을 위해, 바람직하게는 재차 감산기(SUB1) 또는 (SUB2), 가산기(ADD1) 또는 (ADD2), 및 제산기(DIV1) 또는 (DIV2)가 표준화 유닛(12) 또는 (22)에 제공된다.

신호처리 유닛(30)에서, 재차 2개의 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)로부터 차신호(PS-PT)가 감산기(SUB3)에 의해 그리고 합신호(PS+PT)가 가산기(ADD3)에 의해 형성된다. 가산기(ADD3)의 출력에 있는 합신호(PS+PT)는 승산기(MULT)의 입력에 공급된다. 승산기(MULT)에서 입력신호가 미리 주어진 실계수(K)와 곱해진다. 승산기(MULT)로서 증폭기가 제공되고, 이 증폭기의 증폭계수는 보정값(K)으로 설정된다. 승산기(MULT)의 출력에 있는, 보정인자(K)와 곱해진 합신호(K^{*}(PS+PT))는 가산기(ADD5)의 한 입력에 공급되고, 가산기(ADD5)에 의해 인자 2와 곱해진 단위 신호(2^{*}E)와 가산된다. 2개의 세기 신호(IS1) 또는 (IS2) 또는 (IT1) 또는 (IT2) 중 하나가 사라지면, 단위 신호(K)의 값은 세기 표준화된 신호(PS) 또는 (PT)의 값에 상응한다. 감산기(SUB3)의 출력 및 가산기(ADD4)의 출력은 제산기(DIV3)의 한 입력에 접속된다. 제산기(DIV3)는 그것의 2개의 입력신호(PS-PT) 및 $2^{*}E+K^{*}$(PS+PT)로부터 상신호(PS-PT) / ($2^{*}E+K^{*}$(PS+PT))를 발생시킨다. 상기 상신호는 전류도체(2)내의 전류(1)에 대한 측정신호로 사용된다.

신호처리 유닛(30)은 2개의 세기 표준화된 신호(PS) 및 (PT)로부터 측정신호(M)를 유도하기 위한 수단을 형성한다. 여기서, 측정신호(M)는 상신호로서

$$M=(PS-PT)/(K^{*}(PS+PT)+2^{*}E) \qquad (6)$$

정해진다. 특수한 경우로서 a=b=1, c=d=K 및 e=2가 설정되면, 상기 측정신 호(M)가 일반식(2)으로부터 얻어진다.

실계수(K)는 바람직하게는 측정신호(M)의 온도의존도가 적어도 거의 최소이도록 설정된다. 일반적으로 보정인자의 역수는 -1.5 내지 1.5의 범위에 놓인다.

특히 바람직한 실시예에서 보정인자(K)는 결합각(η) 및 분리각(Θ)에 따라, 적어도 거의 하기 두 식이 충족되도록 설정된다:

$$\sin(2\cdot\eta-2\cdot\Theta)=1 \qquad (7a)$$

$$\cos(2\cdot\eta+2\cdot\Theta)=-2/(3\cdot K) \qquad (7b).$$

결합각(η)은 재차 패러데이 소자(3)내로 결합된 2개의 광신호(S') 및 (T')의 편광면과 패러데이 소자(3)내의 선형 복굴절의 고유축 사이의 각으로 정해지며, 분리각(Θ)은 재차 선형 복굴절의 상기 고유축과, 광신호(S) 및 (T)를 각각 2개의 광분할 신호(S1) 및 (S2) 또는 (T1) 및 (T2)로 분할하기 위해 제공된 분석기(15) 또는 (25)의 고유축 사이의 각으로 정해진다.

보정인자(K), 결합각(η) 및 분리각(Θ)이 상기 방식으로 설정될 때 측정신호(M)는 복굴절 성분없이 그리고 보정인자(K)에 따른 인자로 스케일링 없이 그것의 이론값

$$M=\sin(2\rho) \qquad (8)$$

에 상응한다. 따라서, 이 실시예에서는 선형 복굴절이 존재하지 않을 때 신호처리 유닛(30)의 출력에 있는 측정신호(M)가 이론적 신호 sin2ρ에 상응하도록 보정인자를 설정하는 방식으로, 측정장치가 매우 간단히 최소 온도드리프트로 조절될 수 있다. 상기 식(7a) 및 (7b)을 충족시키기 위한 가능한 값은 예컨대 K = 1, η= 10.45° 및 Θ= 55.45° 이다. 상기 식(7a) 및 (7b)을 정확히 충족시키는 각값으로 부터의 편차는 특히 패러데이 소자(3)에서의 선형 복굴절이 클 때 있을 수 있고 약 5° 이하이다.

2개의 반대방향 광신호(S') 및 (T')를 패러데이 소자(3)를 통해 전송하기 위한 수단은 제 2도 및 3도에 도시된 실시예에서 소형 빔 스플리터(47), (48) 및 (49), 소형 분석기(15) 및 (25), 광원(50), 및 관련 광도파로(6) 또는 (4)와 빔 스플리터(48) 및 (49)를 광학적으로 결합시키기 위한 도시되지 않은 콜리메이터 렌즈를 포함한다. 상기 빔 스플리터 수단의 각각의 부품(47), (48), (49), (15) 및 (25)은 바람직하게는 서로 접착되고 소형의 광학 유니트를 형성한다. 그러나, 제 1도에 따른 실시예에서와 같이 개별 광학 부품이 제공될 수도 있다.

제 2도 및 3도에 도시된 표준화 유닛(12) 및 (22) 그리고 신호처리 유닛의 실시예는 합리적인 시간내에 세기 변동 보상 및 온도 보상을 가능하게 하는데, 그 이유는 그것이 아날로그 하드웨어 부품으로 구현될 수 있기 때문이다. 그러나, 측정신호(M)가 디지털로도 산출될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

전류도체(2)내의 전류(1)를 측정하기 위한 방법에 있어서,

a) 선형으로 편광되는 2개의 반대방향 광신호(S' 및 T')가 전류도체(2)내에 배치된 패러데이 소자(3)를 통해 전송되고, 상기 2개의 광신호(S 및 T)의 편광면은 패러데이 소자(3)의 통과 후에 패러데이 효과에 의해 반대방향으로 각각 전류(I)에 의존하는 측정각(ρ 또는 -ρ) 만큼 회전되며,

b) 상기 2개의 광신호(S 및 T)는 각각 패러데이 소자(3)의 통과 후에 상이한 편광면을 가진 2개의 선형으로 편광된 광분할 신호(S1 및 S2, T1 및 T2)로 분할되고,

c) 상기 광분할 신호(S1, S2, T1, T2)는 각각 상응하는 전기 세기 신호(IS1, IS2, IT1, IT2)로 변환되며,

d) 상기 패러데이 소자(3)를 통과한 상기 2개의 광신호(S 및 T) 각각에 대해 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)가 유도되고, 상기 세기 표준화된 신호는 상기 2개의 관련 세기신호(IS1 및 IS2 또는 IT1 및 IT2)의 차(IS1-IS2 또는 IT1-IT2)와 합(IS1+1S2 또는 IT1+1T2)의 상{(IS1-IS2) / (IS1+1S2) 또는 (IT1-IT2) / (IT1+IT2)}에 상응하며,

e) 측정각(ρ 또는 -ρ)에 비해 무시될 수 있는 원형 복굴절을 가진 패러데이 소자(3)가 사용되고,

f) 상기 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)로부터 전류(I)에 대한, 가급적 온도에 의존하지 않는 측정 신호(M)가 유도되며, 상기 측정신호는 상기 2개의 세기 표준화된 신호(PS, PT)의 2개의 선형 함수의 상에 상응하는 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법.

청구항 2

전류도체(2)내의 전류(I)를 측정하기 위한 방법에 있어서,

a) 선형으로 편광되는 2개의 반대방향 광신호(S' 및 T')가 전류도체(2)내에 배치된 패러데이 소자(3)를 통해 전송되고, 상기 2개의 광신호(S 및 T)의 편광면은 패러데이 소자(3)의 통과 후에 패러데이 효과에 의해 반대 방향으로 각각 전류(I)에 의존하는 측정각(ρ 또는 -ρ) 만큼 회전되며,

b) 상기 2개의 광신호(S 및 T)는 각각 패러데이 소자(3)의 통과 후에 상이한 편광면을 가진 2개의 선형으로 편광된 광분할 신호(S1 및 S2, T1 및 T2)로 분할되고,

c) 상기 광분할 신호(S1, S2, T1, T2)는 각각 상응하는 전기 세기 신호(IS1, IS2, IT1, IT2)로 변환되며,

d) 상기 패러데이 소자(3)를 통과한 2개의 광신호(S 및 T) 각각에 대해 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)가 유도되고, 상기 세기 표준화된 상기 신호는 2개의 관련 세기신호(IS1 및 IS2 또는 IT1 및 IT2)의 차(IS1-IS2 또는 IT1-IT2)와 합(IS1+IS2 또는 IT1+IT2)의 상{(IS1-IS2) / (IS1+IS2) 또는 (IT1-IT2) / (IT1+IT2)}에 상응하며,

e) 측정각(ρ 또는 -ρ)에 비해 무시될 수 있는 원형 복굴절을 가진 패러데이 소자(3)가 사용되고,

f) 상기 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)로부터 전류(I)에 대한, 가급적 온도에 의존하지 않는 측정 신호(M)가 유도되며, 상기 측정신호는 전류(I)에 의존하는 2개의 세기 표준화된 신호(PS, PT)의 차(PS-PT)와, 패러데이 소자(3)내의 선형 복굴절에만 의존하는 두 세기 표준화된 신호(PS, PT)의 합(PS+PT)의 함수인 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 측정 신호(M)가 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)의 차(PS - PT)와, 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)와 보정인자(K')와 곱해진 단위 신호(E)와의 합의 상{(PS - PT) / (PS + PT +K'E)}에 상응하며, 상기 단위신호(E)는 각각의 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)에 할당된 2개의 세기 신호(IS1 또는 IS2 또는 IT1 또는 IT2)중 하나가 정확히 사라질 때 나타나는 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)와 값이 동일한 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 보정인자(K')는 측정 신호(M)의 온도 의존도가 최소이도록 설정되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 보정인자(K'), 패러데이 소자(3)내로 결합시 2개의 광신호(S' 및 T') 각각의 편광면과 패러데이 소자(3)내의 선형 복굴절의 고유축 사이의 결합각(η), 및 상기 고유축과 광신호(S 및 T)를 2개의 광분할 신호(S1 및 S2 또는 T1 및 T2)로 분할하기 위해 제공된 분석기(15 또는 25)의 고유축 사이의 분리각(Θ)이 적어도 하기식에 따라 설정되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법 :

$$\sin(2\Theta - 2\eta)=1$$

$$\cos(2\Theta+2\eta)=-K'/3$$

청구항 6

제 1항에 있어서, 측정 신호(M)가 2개의 세기 표준화된 신호의 차(PS - PT)와 미리 추어진 보정

인자(K)와 곱해진 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)의 (K^*(PS + PT)) 합과 인자 2와 곱해진 단위 신호(E)와의 합(K^*(PS + PT) + 2^*E)의 상{(PS - PT) / (K^*(PS+PT) + 2^*E)}에 상응하고, 상기 단위 신호(E)는 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)에 할당된 2개의 세기 신호(IS1 또는 IS2 또는 IT1 또는 IT2)중 하나가 정확히 사라질 때 나타나는 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)와 값이 동일한 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서, 보정인자(K)는 측정신호(M)의 온도 의존도가 최소이도록 설정되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 보정인자(K), 패러데이 소자(3)내로 결합된 2개의 광신호(S' 및 T')각각의 편광면과 패러데이 소자(3)내의 선형 복굴절의 고유축 사이의 결합각(η), 및 상기 고유축과 광신호(S 또는 T)를 2개의 광분할 신호(S1 및 S2 또는 T1 및 T2)로 분할하기 위해 제공된 분석기(15 또는 25)의 고유축 사이의 분리각(Θ)은 적어도 하기식을 충족시키도록 설정되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법 :

$$\sin(2 \cdot \Theta - 2 \cdot \eta) = 1$$

$$\cos(2 \cdot \Theta + 2 \cdot \eta) = -2/(3 \cdot K).$$

청구항 9

제 2항에 있어서, 측정신호(M)가 미리 검출된 값 테이블 또는 검정 함수에 의해 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)로부터 유도되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 방법.

청구항 10

전류도체(2)내의 전류(I)를 측정하기 위한 장치에 있어서,

a) 전류도체(2)에 배치된 패러데이 소자(3),

b) 편광면이 패러데이 소자(3)의 통과후 패러데이 효과에 의해 반대방향으로 각각 전류(I)에 의존하는 측정각(ρ 또는 -ρ) 만큼 회전되는 선형으로 편광되는 2개의 반대 방향 광신호(S' 및 T')를 패러데이 소자(3)를 통해 전송하기 위한 수단(5, 7, 8, 9 또는 47, 48, 49, 50),

c) 패러데이 소자(3)의 통과후 2개의 광신호(S 및 T)를 상이한 편광면을 가진 2개의 선형으로 편광되는 광 분할 신호(S1 및 S2 또는 T1 및 T2)로 분할하고, 상기 광 분할 신호(S1, S2, T1, T2)를 상응하는 전기 세기 신호(IS1 또는 IS2 또는 IT1 또는 IT2)로 변환시키는 수단(11,12),

d) 2개의 광신호(S 및 T) 각각에 대한 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)를 유도하기 위한 수단(12, 22)을 포함하는데, 상기 세기 표준화된 신호는 2개의 관련 세기신호(IS1 및 IS2 또는 IT1 및 IT2)의 차(IS1-IS2 또는 IT1-IT2)와 합(IS1+1S2 또는 IT1+1T2)의 상{(IS1-IS2) / (IS1+IS2) 또는 (IT1-IT2) / (IT1+1T2)}에 상응하고;

e) 측정각(ρ 또는 -ρ)에 비해 무시될 수 있는 원형 복굴절을 갖는 패러데이 소자(3), 및

f) 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)로부터 전류에 대해 온도에 의존하지 않는 측정신호(M)를 유도하기 위한 수단(30)을 포함하며, 상기 측정신호는 2개의 세기 표준화된 신호(PS, PT)의 2개의 선형 함수의 상에 상응하는 것을 특징으로 하는 전류 측정 장치.

청구항 11

전류도체(2)내의 전류(I)를 측정하기 위한 장치에 있어서,

a) 전류도체(2)에 배치된 패러데이 소자(3),

b) 편광면이 패러데이 소자(3)의 통과후 패러데이 효과에 의해 반대 방향으로 각각 전류(I)에 의존하는 측정각(ρ 또는 -ρ) 만큼 회전되는 그러한 선형으로 편광되는 2개의 반대 방향 광신호(S' 및 T')를 패러데이 소자(3)를 통해 전송하기 위한 수단(5, 7, 8, 9 또는 47, 48, 49, 50),

c) 패러데이 소자(3)의 통과후 2개의 광신호(S 및 T)를 상이한 편광면을 가진 2개의 선형으로 편광되는 광 분할 신호(S1 및 S2 또는 T1 및 T2)로 분할하고, 상기 광 분할 신호(S1, S2, T1, T2)를 상응하는 전기 세기 신호(IS1 또는 IS2 또는 IT1 또는 IT2)로 변환시키는 수단(11 ,12),

d) 2개의 광신호(S 및 T) 각각에 대한 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)를 유도하기 위한 수단(12, 22)을 포함하는데, 상기 세기 표준화된 신호는 2개의 관련 세기신호(IS1 및 IS2 또는 IT1 및 IT2)의 차((IS1-IS2 또는 IT1-IT2)와 합(IS1+IS2 또는 IT1+IT2)의 상((IS1-IS2) / (IS1+1S2) 또는 (IT1-IT2) / (IT1+IT2)에 상응하고;

e) 측정각(ρ 또는 -ρ)에 비해 무시될 수 있는 원형 복굴절을 갖는 패러데이 소자(3), 및

f) 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)로부터 전류에 대한 가급적 온도에 의존하지 않는 측정신호(M)를 유도하기 위한 수단(30); 상기 측정신호(M)는 전류(I)에 의존하는 2개의 세기 표준화된 신호(PS, PT)의 차(PS-PT)와, 패러데이 소자(3)내의 선형 복굴절에만 의존하는 두 세기 표준화된 신호(PS, PT)의 합(PS+PT)의 함수인 것을 특징으로 하는 전류 측정 장치.

청구항 12

제 10항에 있어서, 측정신호(M)를 유도하기 위한 수단(30)은 측정신호가 2개의 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)의 차(PS-PT)와, 미리 주어진 보정인자(K)와 곱해진 두 세기 표준화된 신호(PS 및 PT)의 합(K^*(PS+PT))과 2배의 단위신호(2^*E)의 합(K^*(PS+PT)+2^*E)과의 상{(PS-PT) / (K^*(PS+PT)+2^*E)}에 상응하도록 설계되며, 상기 단위신호(E)는 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)에 할당된 2개의 세기 신호(IS1 또는 IS2 또는 IT1 또는 IT2)중 하나가 정확히 사라질 때 나타나는 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)와 값이 동일한 것을 특징으로 하는 전류 측정 장치.

청구항 13

제 12항에 있어서, 보정인자(K)는 측정신호(M)의 온도 의존도가 최소이도록 설정되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 장치.

청구항 14

제 13항에 있어서,

a) 2개의 광신호(S 및 T) 각각을 2개의 광분할신호(S1 및 S2 또는 T1 및 T2)로 분할하기 위해 각각 하나의 분석기(15 또는 25)가 제공되고,

b) 보정인자(K), 패러데이 소자(3)내로 결합된 2개의 광신호(S' 및 T') 각각의 편광면과 패러데이 소자(3)내의 선형 복굴절의 고유축 사이의 결합각(η), 및 상기 고유축과 분석기(15 또는 25)의 고유축 사이의 분리각(Θ)이 적어도 하기식을 충족시키도록 설정되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 장치:

$$\sin(2 \cdot \eta - 2 \cdot \Theta) = 1$$

$$\cos(2 \cdot \eta + 2 \cdot \Theta) = -2/(3 \cdot K).$$

청구항 15

제 10항에 있어서, 측정신호(M)를 유도하기 위한 수단(30)은 측정신호(M)가 2개의 세기 표준화된 신호(PS, PT)의 차와, 2개의 세기 표준화된 신호(PS, PT)와 보정인자(K')와 곱해진 단위신호(E)와의 합(PS+PT+K' · E)의 상{(PS-PT)/(PS+PT.K' · E)}에 상응하게 설계되고, 상기 단위신호(E)는 각각의 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)에 할당된 2개의 세기신호(IS1 또는 IS2 또는 IT1 또는 IT2)중 하나가 정확히 사라질 때 나타나는 세기 표준화된 신호(PS 또는 PT)와 값이 동일한 것을 특징으로 하는 전류 측정 장치.

청구항 16

제 15항에 있어서,

a) 2개의 광신호(S 및 T) 각각을 2개의 광분할신호(SI 및 S2 또는 T1 및 T2)로 분할하기 위해 각각 하나의 분석기(15 또는 25)가 제공되고,

b) 보정인자(K), 패러데이 소자(3)내로 결합된 2개의 광신호(S' 및 T') 각각의 편광면과 패러데이 소자(3)내의 선형 복굴절의 고유축 사이의 결합각(η), 및 상기 고유축과 분석기(15 또는 25)의 고유축 사이의 분리각(Θ)이 적어도 거의 하기식을 충족시키도록 설정되는 것을 특징으로 하는 전류 측정 장치 :

$$\sin(2 \cdot \eta - 2 \cdot \Theta) = 1$$

$$\cos(2 \cdot \eta + 2 \cdot \Theta) = -K'/3.$$

요약

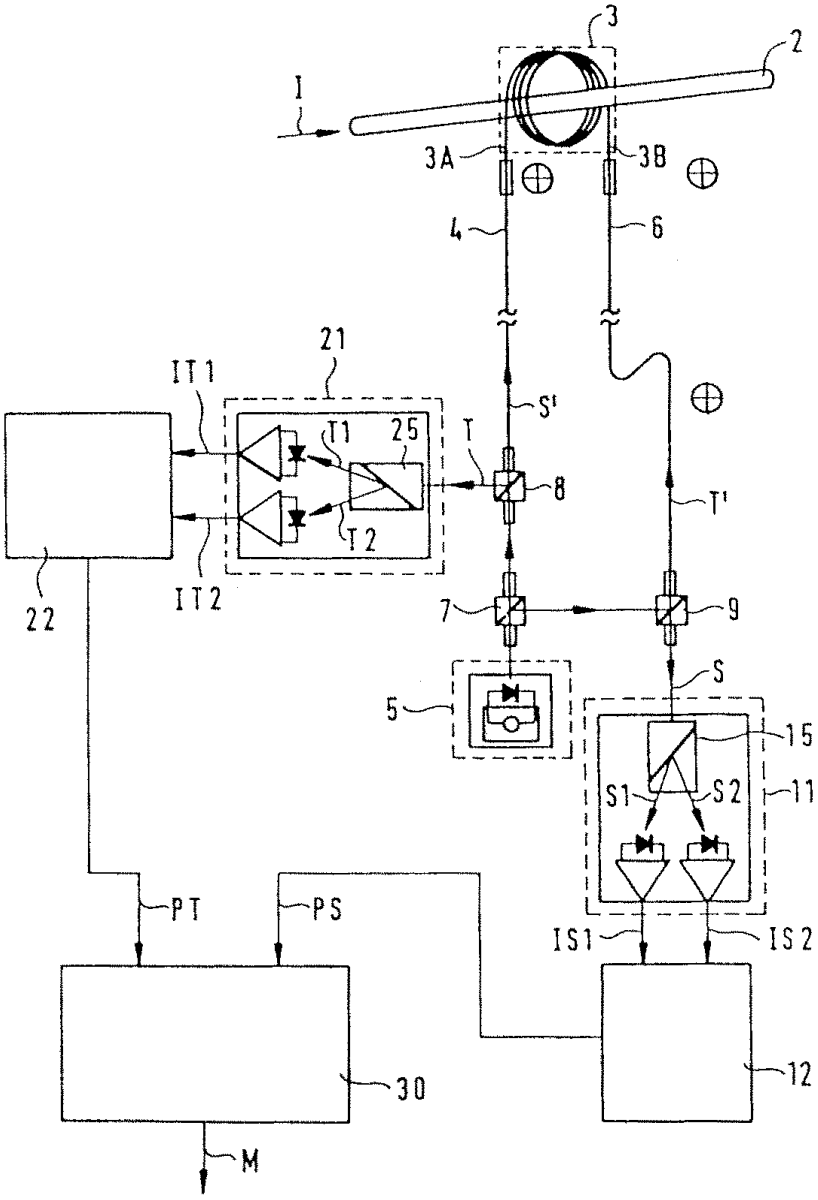
전류도체(2)내의 전류(1)를 측정하기 위해, 2개의 반대방향 광신호(S,T)가 전류도체(2)를 둘러싸는 패러데이 소자(3)를 통해 전송되고 패러데이 소자(3)의 통과후에 각각 2개의 광분할신호로 세분된다. 상기 광분할신호로부터 각각의 광신호(S,T)에 대해 세기 표준화된 신호(PS, PT)가 유도된다. 패러데이 소자(3)는 무시될 수 있는 원형의 복굴절을 가지며, 본 발명의 장치는 진동 및 온도에 의존하지 않는 측정신호(M)를 유도하기 위한 신호처리 유닛을 포함한다.

대표도

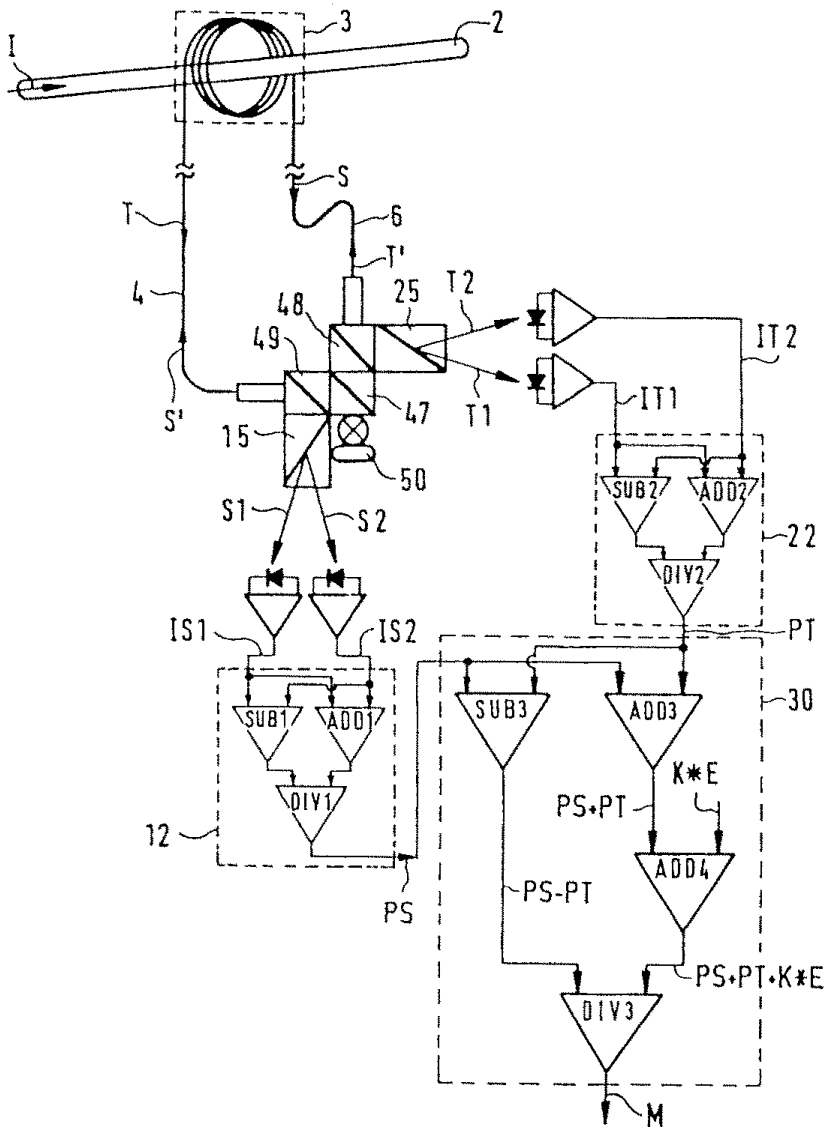
도1

도면

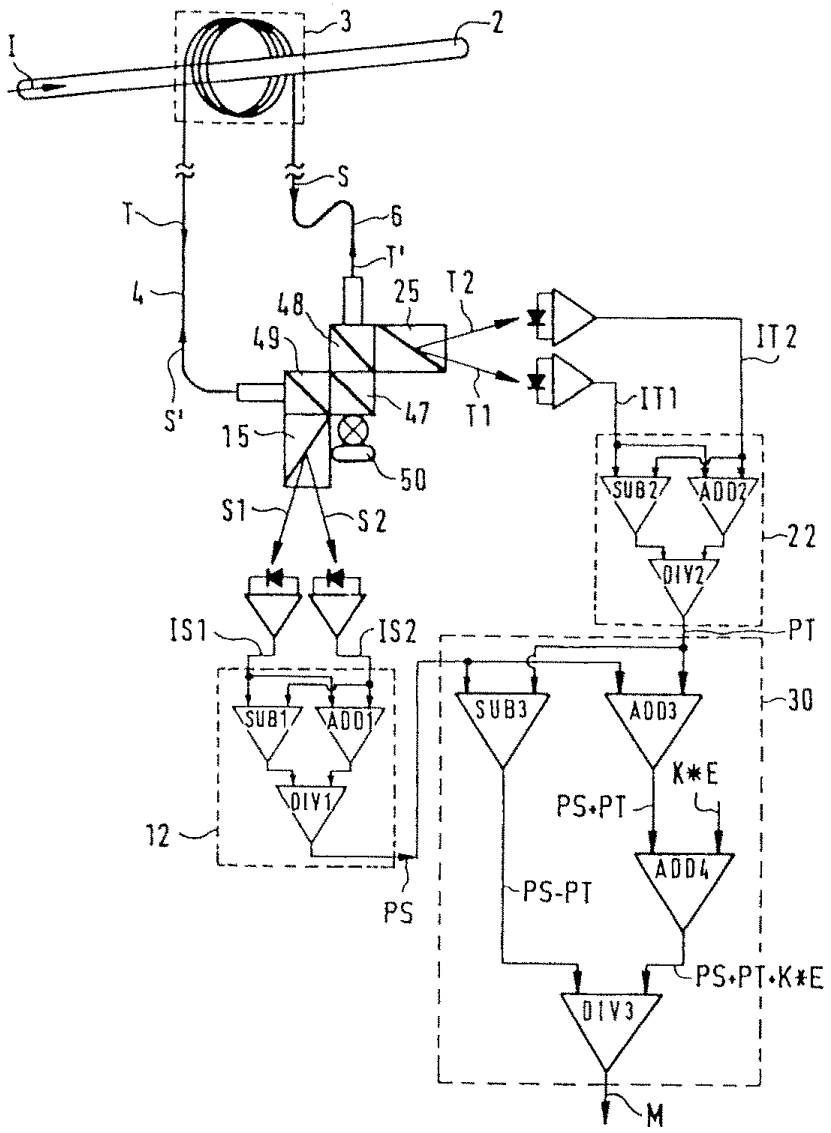
도면1


3
2
I
3A
3B
4
6
21
IT1
S'
T1
25
T
8
T'
T2
IT2
22
7
9
S
5
15
S1
S2
11
PT
PS
IS1
IS2
30
12
M

도면2


I
3
2
S
T
6
T'
4
25
T2
48
49
IT2
S'
47
T1
IT1
15
50
SUB2
ADD2
22
S1
S2
DIV2
IS1
IS2
PT
SUB1
ADD1
SUB3
ADD3
30
DIV1
K*E
PS+PT
12
ADD4
PS
PS-PT
PS+PT+K*E
DIV3
M

도면3


I
3
2
S
T
6
T'
4
25
T2
48
49
IT2
S'
47
T1
IT1
15
50
SUB2
ADD2
22
S1
S2
DIV2
IS1
IS2
PT
SUB1
ADD1
SUB3
ADD3
30
DIV1
K*E
PS+PT
12
ADD4
PS
PS-PT
PS+PT+K*E
DIV3
M