(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2010 년 1 월 7 일 (07.01.2010)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2010/002184 A2

(51) 국제특허분류:
G01R 33/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2009/003573

(22) 국제출원일: 2009 년 7 월 1 일 (01.07.2009)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2008-0063810 2008 년 7 월 2 일 (02.07.2008) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE)** [KR/KR]; 대전 유성구 도룡동 1, 305-340 Daejeon (KR). **중앙대학교 산학협력단 (CHUNG-ANG UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMY COOPERATION FOUNDATION)** [KR/KR]; 서울 동작구 흑석동 221, 156-861 Seoul (KR).

(72) 발명자; 겸
(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **유권상 (RYU, Kwon Sang)** [KR/KR]; 대전 유성구 용산동 경남아너스빌 106-305, 305-500 Daejeon (KR). **박수영 (PARK, Soo Young)** [KR/KR]; 대전 중구 오류동 삼성아파트 16-1205, 301-758 Daejeon (KR). **박종서 (PARK, Jong Seo)** [KR/KR]; 대전 유성구 송강동 한마을아파트 102-903, 305-756 Daejeon (KR). **정인현 (CHEONG, In Hyun)** [KR/KR]; 대전 서구 둔산동 크로바아파트 111-701, 302-772 Daejeon (KR). **윤기봉 (Yoon, Kee-Bong)** [KR/KR]; 경기 용인시 상현동 861 만현마을 두산위브 802-504, 448-516 Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: **권오식 (KWON, Oh-Sig)** 등; 대전 서구 둔산동 921 주은리더스텔 4F, 302-120 Daejeon (KR).

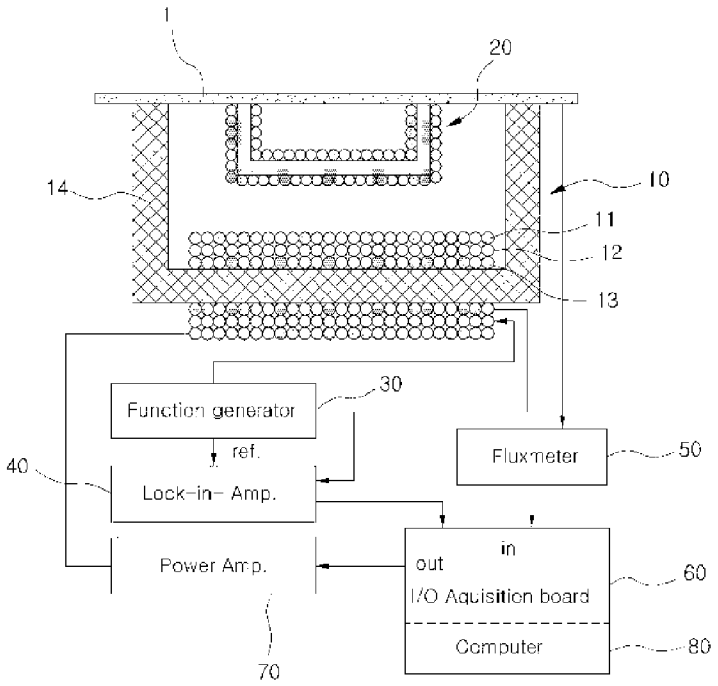
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: REVERSIBLE PERMEABILITY MEASURING DEVICE

(54) **발명의 명칭**: 가역투자율 측정 장치

[Fig. 3]



(57) **Abstract**: The present invention relates to a reversible permeability measuring device for measuring the magnetic characteristics and the magnetic flux change in a specimen, as one of a plurality of non-destructive methods for evaluating mechanical properties. The reversible permeability measuring device of the present invention directly measures a magnetic field change induced at the surface of a specimen through the use of a magnetic potentiometer (20) and a flux meter (50), thereby accurately evaluating the deterioration of materials.

(57) **요약서**: 본 발명은 가역투자율 측정 장치에 관한 것으로, 기계적 물성을 평가하기 위해 사용되는 비파괴적인 방법 중의 하나로 자기적 특성을 측정하는 것으로서 시편에서 발생하는 자속변화를 측정하는 가역투자율 측정 장치에 관한 것이다. 본 발명의 가역투자율 측정 장치는 시편의 표면에서 유도되는 자기장변화를 자기 포텐시오미터 (magnetic potentiometer)(20) 와 자 속 계 (fluxmeter)(50)를 사용하여 직접 측정함으로써 보다 정확하게 재료의 열화를 평가할 수 있는 효과가 있다.

WO 2010/002184 A2

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

가역투자율 측정 장치

기술분야

[1] 본 발명은 가역투자율 측정 장치에 관한 것으로, 기계적 물성을 평가하기 위해 사용되는 비파괴적인 방법 중의 하나로 자기적 특성을 측정하는 것으로서 시편에서 발생하는 자속변화를 측정하는 가역투자율 측정 장치에 관한 것이다.

배경기술

[2] 구조강이나 터빈로터 강 등의 기계적 물성은 자기적 특성과 관계되므로 비파괴적으로 자기적 특성을 측정하여 기계적 물성을 평가하게 된다.

[3] 이러한 자기적 특성을 측정하기 위한 자기적 특성 측정 장치에 사용되는 코일은 측정하려는 시편의 표면에 수직하게 코일을 놓아 시편에서 발생하는 자기선속 변화를 측정하는 서피스 타입(surface type) 프로브와 환봉이나 박편형태의 시편 주위에 코일을 감는 인서클링 타입(encircling type) 프로브로 크게 나누어진다. 전자는 Barkhausen noise(BN)나 고조파 측정에 사용되고 후자는 BN이나 고조파뿐만 아니라 자기이력곡선 측정에 사용되며, 비파괴적으로 운용 중인 재료의 자성 평가에는 전자가 유용하다.

[4] 가역투자율 측정 장치의 일예로는 본 발명자가 Journal of Magnetism and Magnetic Materials에 발표한 논문 “Nondestructive evaluation of aged 1Cr-1Mo-0.25V steel by harmonic analysis of induced voltage" (JMMM, Volume 231, 2001. 3)에 게재된 바 있다.

[5] 상기 논문에서는 인공열화된 1Cr-1Mo-0.25V 강의 기계적 물성인 비터스 경도, 항복강도 및 인장강도를 측정하고, 서피스 타입 프로브로 교류자기장의 제1차 고조파인 가역투자율을 비파괴적으로 측정하고 가역투자율 피크 간의 간격의 1/2인 보자력으로 기계적 특성을 유추할 수 있는 상관관계를 규명하였다.

[6] 상기 논문에서 사용한 서피스 타입 프로브로 가역투자율을 측정한 측정시스템을 도 1에 도시하였다.

[7] 페라이트 코어(Yoke)에 탐지코일(Pick up coil)을 권선한 후 교류섭동자기장 인가용 코일(AC driving coil)을 권선하며 직류자기장 인가용 코일(DC driving coil)을 권선하여 서피스 타입 프로브를 제작하고 직류는 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)에서 발생한 파형을 전력증폭기로 전력 증폭하여 인가하고, 교류 자기장은 파형발생기(Function generator)에서 발생한 파형을 인가하였다. 탐지코일에 유도되는 가역투자율은 교류자기장의 주파수를 참조신호(reference signal)로 하여 위상잠금 증폭기(lock-in amplifier)를 이용하여 측정하며, 션트(shunt)와 위상잠금 증폭기로 읽은 값은 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)의 입력 측을 통하여 측정한 후 컴퓨터에서 데이터 처리하게 된다.

[8] 상기와 같은 구조로 된 자기적 특성 측정 장치는 션트(shunt)에서 측정한 전압에서 전류를 구하여 하기 식(1)을 통하여 자기장 H를 간접적으로 계산하는 방식을 취하게 된다.

[9]

$$H = \frac{ni}{l} \quad (1)$$

[10] (n: 단위 길이당 권선수, i는 션트에서 구한 전류, l은 평균자기행로)

[11] 상기 식(1)에서와 같이 자기장 H를 산출할 때 간접적인 계산방식을 통해 산출되게 되므로 가역투자율의 측정값이 정확하지 못하게 되며 재료의 열화 평가 또한 신뢰성이 떨어지게 되는 문제점이 있었다.

[12] 상기 구조로 된 자기적 특성 측정 장치를 이용하여 도 2에서와 같이 가역투자율 피크 간의 간격(Peak Interval of Reversible Magnetic Permeability: PIRMP)의 1/2인 보자력으로 기계적 특성을 유추할 수 있는 상관관계를 구하였다.

[13] 이때, 도 2의 그래프에서와 같이 가역투자율 피크 간의 간격(PIRMP)의 1/2인 보자력의 측정이 이루어지기는 하나, 그래프가 대칭을 이루지 않은 결과값을 가지게 되므로 정확한 기계적 특성을 유추할 수 없다는 단점이 있었다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[14] 본 발명은 상기의 문제점을 해소하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 시편 표면에서 자기장을 직접 측정하여 보다 정확하게 재료의 열화를 평가할 수 있도록 하는 가역투자율 측정 장치를 제공하는 것이다.

기술적 해결방법

[15] 본 발명의 가역투자율 측정 장치는 최외측에 감기며 직류자기장이 인가되는 직류자기장 인가용 코일(11)과, 상기 직류자기장 인가용 코일(11)의 내측에 감기며 인가된 직류자기장에 교류섭동자기장을 인가하는 코일(12)과, 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12) 내측에 감기며 유도된 가역투자율을 측정하는 탐지코일(13)과, 상기 코일들(11,12,13)이 감기며 시편(1)과 상기 코일들(11,12,13)을 이격시키는 페라이트 코어(14)로 이루어지는 서피스 타입 프로브(10); 상기 서피스 타입 프로브(10) 내측에 구비되며 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 감지하는 자기 포텐시오미터(20); 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)로 교류자기장 파형을 인가시키는 교류파형발생기(30); 상기 교류파형발생기의 주파수를 참조신호로 하여 상기 탐지코일(12)에 유도되는 가역투자율을 측정하는 위상잠금 증폭기(40); 상기 자기 포텐시오미터(20)로부터 감지된 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 측정하는 자속계(fluxmeter)(50); 상기 직류자기장 인가용 코일(11)에 직류자기장

파형을 인가시키며, 상기 탐지코일(12)에 유도되는 시편의 가역투자율과 상기 자속계(50)에서 측정되는 시편(1)의 표면에서 유도되는 자기장이 입력되는 입출력 신회획득 보드(I/O acquisition board)(60); 상기 입출력 신호획득 보드(60)로부터 인가된 파형으로 전력을 상기 직류자기장 인가용 코일(11)에 인가시키는 전력증폭기(70); 및 상기 입출력 신호획득 보드(60)에 입력된 상기 탐지코일(13)에 유도되는 시편의 가역투자율과 상기 자속계(50)에서 측정되는 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 직접 계산하는 마이크로 컴퓨터(80); 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[16] 또한, 상기 자기 포텐시오미터(20)는 상기 페라이트 코어(14) 내측에 구비된 것을 특징으로 한다.

도면의 간단한 설명

[17] 도 1은 종래의 가역투자율 측정 장치를 나타낸 도면.

[18] 도 2는 종래의 가역투자율 측정 장치를 이용하여 가역투자율을 측정한 그래프.

[19] 도 3은 본 발명에 의한 가역추자율 측정 장치를 나타낸 도면.

[20] 도 4는 본 발명에 의한 가역투자율 측정 장치를 이용하여 가역투자율을 측정한 그래프.

[21] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[22] 1: 시편 10: 서피스 타입 프로브

[23] 11: 직류자기장 인가용 코일 12: 교류섭동자기장 인가용 코일

[24] 13: 탐지코일 14: 페라이트 코어

[25] 20: 자기 포텐시오미터 30: 교류파형발생기

[26] 40: 위상잠금 증폭기 50: 자속계

[27] 60: 입출력 신호획득 보드 70: 전력증폭기

[28] 80: 마이크로 컴퓨터

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[29] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 가역투자율 측정 장치를 자세히 설명한다.

[30] 도 3은 본 발명에 의한 가역투자율 측정 장치를 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명에 의한 가역투자율 측정 장치를 이용하여 가역투자율을 측정한 그래프이다.

[31] 도시된 바와 같이 본 발명의 가역투자율 측정 장치는 직류자기장 인가용 코일(11)과, 교류섭동자기장 인가용 코일(12)과, 탐지코일(13)과, 상기 코일들(11,12,13)이 감기는 페라이트 코어(14)로 이루어지는 서피스 타입 프로브(10); 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 감지하는 자기 포텐시오미터(20); 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)로 교류자기장 파형을 인가시키는 교류파형발생기(30); 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)에 유도되는 시편의 가역투자율을 측정하는 위상잠금 증폭기(40); 상기 시편(1)

표면에서 발생되는 자기장을 측정하는 자속계(fluxmeter)(50); 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)에 유도되는 시편의 가역투자율과 상기 자속계(50)에서 측정되는 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장이 입력되는 입출력 신호획득 보드(60); 전력을 상기 직류자기장 인가용 코일(11)에 인가시키는 전력증폭기(70); 및 상기 탐지코일(13)에 유도되는 시편의 가역투자율과 상기 자속계(50)에서 측정되는 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 직접 계산하는 마이크로 컴퓨터(80); 를 포함하여 이루어진다.

[32] 상기 서피스 타입 프로브(10)는 직류자기장 인가용 코일(11)과, 교류섭동자기장 인가용 코일(12)과, 탐지코일(13) 및 상기 코일들(11,12,13)이 감기는 페라이트 코어(14)로 이루어지며, 상기 페라이트 코어(14)의 내측으로부터 탐지코일(13)과 교류섭동자기장 인가용 코일(12) 및 직류자기장 인가용 코일(11)이 차례로 감긴다.

[33] 상기 직류자기장 인가용 코일(11)은 상기 페라이트 코어(14)의 최외측에 감기며 직류자기장이 인가된다. 이때 인가되는 직류자기장은 상기 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)(60)로부터 직류자기장 파형이 인가되어 이 인가된 직류자기장 파형으로 상기 전력증폭기(70)를 통하여 인가되게 된다.

[34] 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)은 상기 직류자기장 인가용 코일(11)의 내측에 감기며 인가된 직류자기장에 교류섭동자기장을 유도시키는 역할을 한다.

[35] 상기 탐지코일(13)은 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12) 내측에 감기며 직류자기장 및 교류섭동자기장에 의해 유도되는 시편의 가역투자율을 상기 위상잠금 증폭기(40)에 의해 교류섭동자기장의 주파수를 참조신호로 하여 감지한다.

[36] 상기 페라이트 코어(14)는 상기 코일들(11,12,13)이 감기며 시편(1)과 상기 코일들(11,12,13)을 이격시키게 된다.

[37] 상기 자기 포텐시오미터(20)는 상기 서피스 타입 프로브(10) 내측에 구비되며 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 감지하는 역할을 한다. 이때, 상기 자기 포텐시오미터(20)는 상기 페라이트 코어(14)의 내측에는 구비되는 것이 바람직하다.

[38] 상기 교류파형발생기(Function generator)(30)는 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)로 교류자기장 파형을 인가시키는 역할을 한다. 상기 직류자기장 인가용 코일(11)로부터 인가된 직류자기장은 상기 교류파형발생기(30)로부터 교류자기장을 인가시킴으로써 교류섭동자기장을 유도시킨다.

[39] 상기 위상잠금 증폭기(Lock-in Amplifier)는 교류자기장 파형의 주파수를 참조신호로 하여 상기 탐지코일(12)에 유도되는 시편의 가역투자율을 측정하는 역할을 한다.

[40] 상기 자속계(fluxmeter)(50)는 상기 자기 포텐시오미터(20)로부터 감지된 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 직접 측정하는 역할을 한다. 이에 따라 본

발명은 시편 표면에서 발생되는 자기장 H를 산출할 때 시편 표면에서 발생되는 자기장을 직접 측정하지 않고 간접적인 계산방식을 통해 산출되게 되는 종래의 방식과는 달리 시편 표면에서 발생되는 자기장을 직접 측정하게 되므로 측정값이 정확하고 재료의 열화 평가 또한 신뢰성이 향상되는 장점이 있다.

[41] 상기 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)(60)는 상기 직류자기장 인가용 코일(11)에 직류자기장 파형을 인가시키며, 상기 탐지코일(13)에 유도되는 가역투자율과 상기 자속계(50)에서 측정되는 시편(1) 표면에서 유도되는 가역투자율이 입력되게 된다.

[42] 상기 전력증폭기(70)는 상기 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)(60)로부터 인가된 파형으로 전력을 상기 직류자기장 인가용 코일(11)에 인가시키는 역할을 한다.

[43] 상기 마이크로 컴퓨터(80)는 상기 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)(60)에 입력된 상기 탐지코일(13)에 유도되는 가역투자율과 상기 자속계(50)에서 측정되는 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 직접 계산하게 된다.

[44] 도 4는 본 발명의 가역투자율 측정 장치를 이용하여 가역투자율을 측정한 그래프로서 직류자기장 변화에 따른 시편의 가역투자율을 측정한 것이다.

[45] 도시된 바와 같이, 그래프가 좌우 대칭(symmetry)을 이루는 결과값을 가지게 됨을 알 수 있다. 이와 같이 그래프가 좌우 대칭을 이루게 됨에 따라 가역투자율 피크 간의 간격(PIRMP)의 1/2인 보자력의 측정이 정확히 이루어질 수 있으며, 보다 정확한 기계적 특성을 유추할 수 있게 된다.

산업상 이용가능성

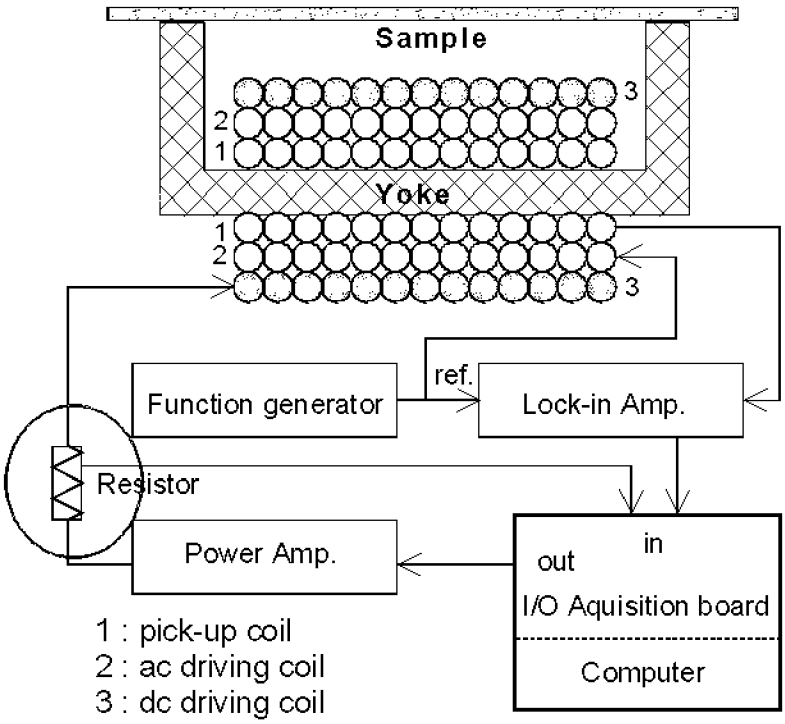
[46] 본 발명은 자기장 H를 산출할 때 간접적인 계산방식을 통해 산출되게 되므로 자기장의 측정값이 정확하지 못하게 되며 재료의 열화 평가 또한 신뢰성이 떨어지게 되는 문제점을 개선하여 자기 포텐시오미터(magnetic potentiometer)와 자속계(fluxmeter)를 사용하여 시편 표면에서 발생되는 자기장을 직접 측정함으로써 보다 정확하게 재료의 열화를 평가할 수 있는 효과가 있다.

청구범위

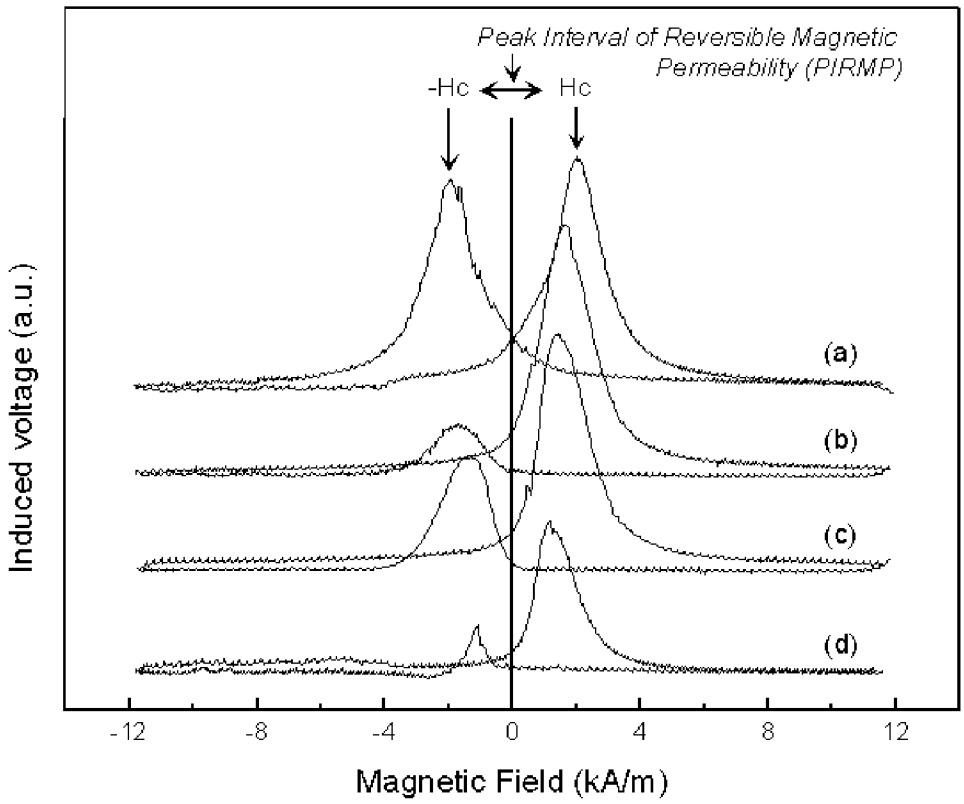
[1] 최외측에 감기며 직류자기장이 인가되는 직류자기장 인가용 코일(11)과,
상기 직류자기장 인가용 코일(11)의 내측에 감기며 인가된 직류자기장에 교류섭동자기장을 인가시키는 교류섭동자기장 인가용 코일(12)과,
상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12) 내측에 감기며 유도된 교류섭동자기장을 탐지하는 탐지코일(13)과,
상기 코일들(11,12,13)이 감기며 시편(1)과 상기 코일들(11,12,13)을 이격시키는 페라이트 코어(14)로 이루어지는 서피스 타입 프로브(10);
상기 서피스 타입 프로브(10) 내측에 구비되며 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 감지하는 자기 포텐시오미터(magnetic potentiometer)(20);
상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)로 교류자기장 파형을 인가시키는 교류파형발생기(30);
상기 인가되는 교류섭동자기장의 주파수를 참조신호로 하여 상기 탐지코일(13)에 유도되는 가역투자율을 측정하는 위상잠금 증폭기(40);
상기 자기 포텐시오미터(20)로부터 감지된 상기 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장을 측정하는 자속계(fluxmeter)(50);
상기 직류자기장 인가용 코일(11)에 직류자기장 파형을 인가시키며, 상기 교류섭동자기장 인가용 코일(12)에 교류자기장을 인가시키며 상기 자속계(50)에서 측정되는 시편(1) 표면에서 유도되는 자기장이 입력되는 입출력 신호획득 보드(I/O acquisition board)(60);
상기 입출력 신호획득 보드(60)로부터 인가된 파형으로 전력을 상기 직류자기장 인가용 코일(11)에 인가시키는 전력증폭기(70);
상기 입출력 신호획득 보드(60)에 입력된 상기 탐지코일(13)에 유도되는 가역투자율과 상기 자속계(50)에서 측정되는 상기 시편(1) 표면에서 발생되는 자기장을 직접 계산하는 마이크로 컴퓨터(80);
를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 가역투자율 측정 장치.

[2] 제 1 항에 있어서,
상기 자기 포텐시오미터(20)는 상기 페라이트 코어(14) 내측에 구비된 것을 특징으로 하는 가역투자율 측정 장치.

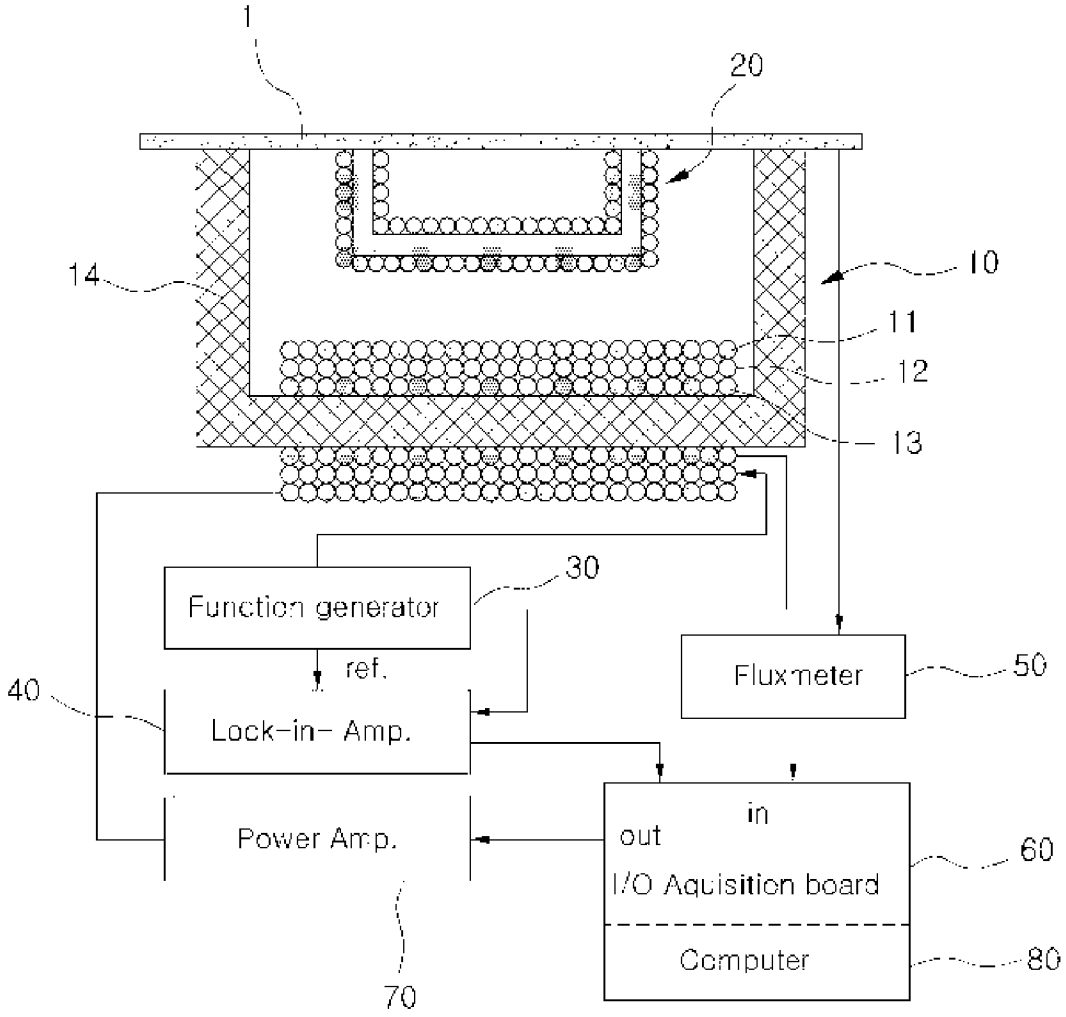
[Fig. 1]


Sample
3
2
1
Yoke
1
2
3
ref.
Function generator
Lock-in Amp.
Resistor
Power Amp.
in
out
I/O Aquisition board
Computer
1 : pick-up coil
2 : ac driving coil
3 : dc driving coil

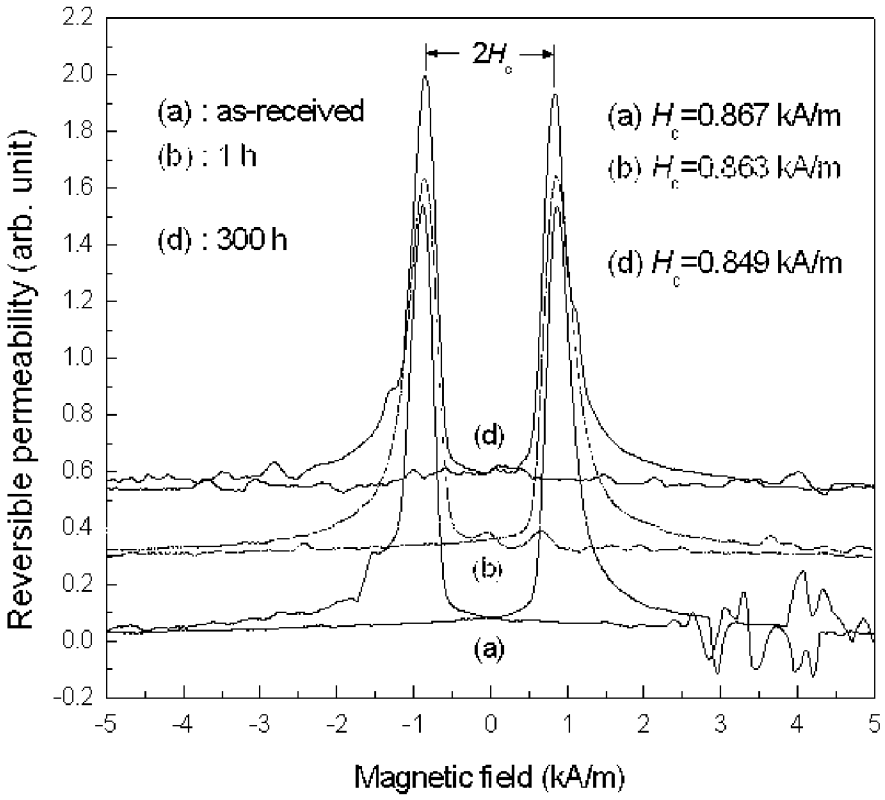
[Fig. 2]


Peak Interval of Reversible Magnetic Permeability (PIRMP)
-Hc
Hc
(a)
(b)
(c)
(d)
Induced voltage (a.u.)
-12
-8
-4
0
4
8
12
Magnetic Field (kA/m)

[Fig. 3]


1
20
14
10
11
12
13
Function generator
30
ref.
40
Lock-in- Amp.
Flux-meter
50
Power Amp.
in
out
I/O Aquisition board
60
Computer
80
70

[Fig. 4]


2Hc
(a) : as-received
(b) : 1 h
(d) : 300 h
(a) Hc=0.867 kA/m
(b) Hc=0.863 kA/m
(d) Hc=0.849 kA/m
(d)
(b)
(a)
Reversible permeability (arb. unit)
Magnetic field (kA/m)
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5