



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년02월17일
(11) 등록번호 10-1594256
(24) 등록일자 2016년02월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01K 7/36 (2006.01) G01R 33/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0107717
(22) 출원일자 2014년08월19일
심사청구일자 2014년08월19일
(56) 선행기술조사문헌
JP2006047054 A
JP2013210214 A
KR1020060000070 A

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김태완
경기도 용인시 기흥구 언동로 193-26 103동 1102호
노화용
서울특별시 강남구 선릉로 221 도곡렉슬아파트 401동 1204
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 4 항

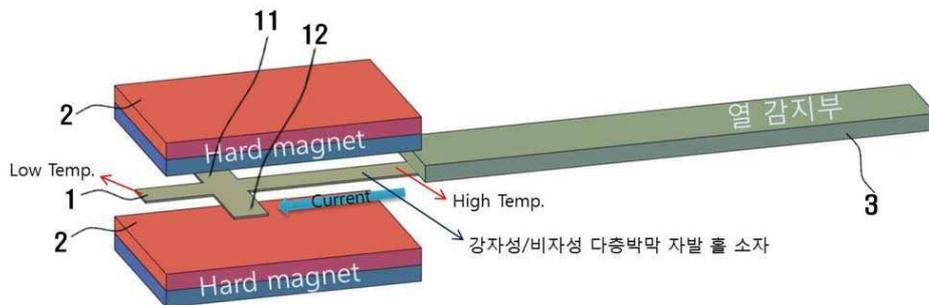
심사관 : 손병철

(54) 발명의 명칭 열 감지 마그네틱 센서

(57) 요약

자발 홀 효과와 네른스트 효과를 결합한 열 감지 마그네틱 센서가 개시된다. 이는 자발 홀 소자와, 자발 홀 소자에 수직방향으로 자기장을 인가하기 위한 자석과, 자발 홀 소자에 연결되는 열감지부를 포함한다. 자기장이 인가된 상태에서 열감지부가 감지한 열이 자발 홀 소자에 전달되면 열기울기에 의해 스핀 전류가 생성되며, 전위차를 감지하여 열 감지 및 온도 산출이 가능하다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이하나

서울 금천구 한대로 62, 11동 1304호 (독산동, 한
신아파트)

오즈거 케레치

터키 시이르트 주 56100 시이르트대학교 건축공학
과

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415131591

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업융합원천사업

연구과제명 저전력 차세대메모리용 자기저항변화(자기저항비 120% 이상) 및 고신뢰성 터널베리어 신소
재 개발

기여율 1/1

주관기관 한양대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

열 감지 마그네틱 센서로서:

자발 홀 소자;

상기 자발 홀 소자에 수직방향으로 자기장을 인가하기 위한 자석; 및

상기 자발 홀 소자에 연결되는 열감지부;를 포함하고,

상기 자발 홀 소자는 강자성/비자성 마그네틱 다중층인 것인, 열 감지 마그네틱 센서.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 자발 홀 소자는 CoSiB/Pt의 다중층인 것인, 열 감지 마그네틱 센서.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 열감지부는 전이금속 또는 전이금속 합금인, 열 감지 마그네틱 센서.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 열감지부는 Au, Ag, Cu, 및 W 중 어느 하나를 포함하는 금속 및 금속 합금인 것인, 열 감지 마그네틱 센서.

발명의 설명

기술분야

[0001]

본 발명은 열 감지 마그네틱 센서에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 금속의 자발홀 효과와 스핀 네른스트(nernst) 효과를 결합하여 정밀한 측정이 가능한 열 감지 마그네틱 센서에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

열 감지 센서는 다양한 분야에서 필수적으로 이용되고 있다. 여러 산업 현장의 제조 설비에 이용되는 센서로부터 가정용 체온계까지 그 종류도 다양하다.

[0003]

그 중 일반적으로 많이 사용되는 열 감지 센서는 서모커플이다. 이는 감지단에 서로 다른 금속을 사용하며, 감지단과 냉접전 말단의 기전력을 전위차계로 측정하여 온도값을 표시하는 원리를 이용한다. 이러한 서모커플은 기본적으로 크기와 부피가 커서 작은 영역의 미세한 열변화에 대한 감도의 한계가 있고, 별도의 전압 변환 회로

가 필요하다.

- [0004] 그런가 하면, 한국특허공개 10-2006-0000070은 마그네틱의 자기장을 이용한 열 감지 센서가 개시한다. 이러한 공개특허는 웨이퍼와 같은 측정대상물에 비접촉 온도 측정을 위해, 웨이퍼의 표면에 전도체를 배치하고 웨이퍼의 하부에서 자기장을 생성한 후, 전도체의 상부에서 자기장 변화를 측정하여 온도를 산출하는 방식이다. 이와 같은 공개특허 기술은 비접촉 온도 측정이 가능하다는 장점이 있지만, 자기장 센서가 필요하고, 웨이퍼의 온도 측정과 같은 특정 장치에 고정적으로 설치되는 제한이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 10-2006-0000070

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 자발홀 효과와 네른스트 효과가 결합된 열 감지 마그네틱 센서를 제공한다.
- [0007] 본 발명은 비교적 단순한 구성으로 미세한 열을 감지할 수 있는 열 감지 마그네틱 센서를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명은 열 감지 마그네틱 센서를 제공하며, 이는: 자발 홀 소자; 상기 자발 홀 소자에 수직방향으로 자기장을 인가하기 위한 자석; 및 상기 자발 홀 소자에 연결되는 열감지부;를 포함한다.
- [0009] 상기 자발 홀 소자는 강자성/비자성 마그네틱 다중층이다. 여기서, 자발 홀 소자는 CoSiB/Pt의 다중층일 수 있다.
- [0010] 상기 열감지부는 전이금속 또는 전이금속 합금이다. 여기서, 상기 열감지부는 Au, Ag, Cu, 및 W 중 어느 하나를 포함하는 금속 및 금속 합금일 수 있다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명에 따르면, 자발홀 효과와 네른스트 효과를 결합한 열 감지 마그네틱 센서가 제공된다. 이러한 열 감지 마그네틱 센서는 전체 구성이 매우 단순하면서도 미세한 열을 감지할 수 있는 효과가 가진다.

[0012]

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 열 감지 마그네틱 센서를 개략적으로 도시한 도면이다.
- 도 2 내지 도 5는 본 발명의 열 감지 마그네틱 센서에 적용된 강자성/비자성 다중층 샘플에 대한 네른스트 효과의 확인을 위한 구성에 대한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0015] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 열 감지 마그네틱 센서를 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0016] 도 1을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 열 감지 마그네틱 센서는 자발 홀 소자(1)와, 자발 홀 소자(1)에 수직방향으로 자기장을 인가하기 위한 자석(2)과, 자발 홀 소자(1)에 연결되는 열감지부(3)를 포함한다.
- [0017] 이와 같은 본 발명의 열 감지 마그네틱 센서는 자발 홀 소자(1)에 수직 방향으로 자기장이 인가된 상태에서 열 감지부(3)에 열이 감지되어 자발 홀 소자(1)로 전달되면 네른스트 효과에 의해 자발 홀 소자(1)에는 온도 기울기 방향으로 스핀전류가 생성되며, 그에 따라 온도 기울기와 자기장에 수직한 방향으로 발생하는 전위차를 감지함으로써 열 감지 동작을 수행한다.
- [0018] 본 발명의 열 감지 마그네틱 센서에 채용되는 자발 홀 소자(1) 강자성체/비자성체 다중층이며, 이는 CoSiB/Pt의 다중층일 수 있다. 또한, 도시한 바와 같이, 자발 홀 소자(1)는 바(bar) 형태를 가질 수 있고, 양 측면에 전위차를 측정하기 위한 접점(11, 12)을 구비할 수 있다.
- [0019] 자발 홀 소자(1)의 위와 아래에는 자기장을 인가하기 위한 자석(2)이 배치된다. 자석(2)은 자발 홀 소자(1)의 온도 기울기가 발생하는 길이방향과 직교하는 방향, 즉 수직 방향으로 자기장을 인가할 수 있도록 배치되며, 이들은 하드 마그네틱(hard magnetic)일 수 있다.
- [0020] 열감지부(3)는 자발 홀 소자(1)의 선단부에 연결되어, 열에 접촉하여 자발 홀 소자(1)로 전달한다. 이러한 열감지부(3)는 예를 들어 Au, Ag, Cu, 및 W 중 어느 하나를 포함하는 전이금속 또는 전이금속 합금이다. 여기서, 상기 열감지부는 Au, Ag, Cu, 및 W 중 어느 하나를 포함하는 금속 및 금속 합금일 수 있다.
- [0021] 이상과 같은, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 열 감지 마그네틱 센서는 열감지부(3)가 감지한 열이 자발 홀 소자(1)로 전달되어 소자에서 온도 기울기를 생성하면 스핀전류가 발생하고 자기장 및 온도 기울기와 수직된 방향으로 전위차가 발생한다. 이러한 전위차를 계산하여 온도를 계산할 수 있다.
- [0022] 이하에서는 본 발명의 열 감지 마그네틱 센서의 자발 홀 소자로 적용되는 강자성/비자성 다중층의 네른스트 효과를 확인하고, 열 감지 센서로의 응용에 대하여 설명한다.
- [0023] 실험예
- [0024] 도 2의 (a)는 홀-바 샘플을 포함하는 구성을 도시한 도면이고, 도 2의 (b)는 도 2의 (a)에 도시한 샘플의 홀-바 및 히터에 대한 광학 현미경 이미지이다. 도 2의 (c)는 도 2의 (a)에 도시한 샘플에서 N=7과 N=15에 대한 B에 따른 V_N 과 V_H 를 나타내는 그래프이다.
- [0025] 도 3의 (a)는 다양한 I_h 에 대하여 B에 따른 V_N 를 나타내고, 도 3의 (b)는 I_h 에 따른 V_N 의 포화값을 나타내며, (c)는 히터 파워에 따른 V_N 의 포화값을 로그-로그 스케일로 나타낸다.
- [0026] 도 4는 I_h 에 따른 항전계(coercive field: H_c)를 나타낸다.
- [0027] 도 5의 (a)는 I_h 가 60 mA일 때, 다양한 프로브 접점에 대하여 B에 따른 V_N 을 나타낸다. 도 5의 (b)와 (c)는 d에 따른 V_N 의 포화값으로서, (b)는 선형 스케일이고, (c)는 로그-로그 스케일이다.
- [0028] DC 마그네토론 스퍼터링을 이용하여 강자성 다중막 [CoSiB/Pt]을 산화된 Si 웨이퍼 상에 형성하였다. 50Å의 Ta와 30Å의 Pt로 버퍼층을 증착한 후에, 6Å의 CoSiB와 14Å의 Pt의 반복층을 증착하였다.
- [0029] 본 실험예에서는 N=7과 N=15의 2개의 다른 수의 [CoSiB/Pt]을 이용하였다. 이러한 다중막을 포토리소그래피와 이온-에칭(ion-milling)을 이용하여 자발 홀 소자를 홀-바(Hall bar)형으로 제작하였다. 또한 홀-바의 일단에 텅스텐 히터 패턴을 제조하였다. 도 2의 (a)는 [CoSiB/Pt] 다중층의 네른스트 효과를 측정하기 위한 구성을 나타내고, 도 2의 (b)는 도 2 (a)의 활성 영역에 대한 광학 현미경 사진이다. 홀-바의 폭은 10 μ m이고, 전압 접점 사이의 거리가 20 μ m이다. 히터로부터 가장 가까운 전압 접점은 60 μ m 거리에 있다. 히터를 통해 전류를 인가하고, 상기 다중막에 수직방향으로 자기장을 인가한 상태에서 측면 접점에서 네른스트 전압을 측정하였다. 모든 측정은 상온에서 Keithley 2400 source meter 및 전자석을 이용하여 수행하였다.
- [0030] 도 2의 (c) 및 (d)에서, N=7과 N=15 각각에 대해, 30mA의 히터 전류(I_h)에서 측정된 B에 따른 네른스트 전압 V_N

을 나타내었고, 50 μ A의 구동 전류에 대해 측정된 홀 전압 V_H 을 나타내었다. V_H 의 경우와 마찬가지로, 상기 다중 막의 자화로부터 유래된 이상 기여를 반영하는 V_N 의 히스테리시스(hysteresis)가 나타났다. V_H 을 측정할 때 구동 전류가 흐르지만, V_N 을 측정할 때는 구동전류가 흐르지 않는다. 대신, 히터에 의한 온도 기울기(temperature gradient)가 열 기류(thermal current) 흐름을 생성하고 홀-바에서의 열 기류의 전기적 기여가 자기장 B가 있을 때 V_N 을 생성하였다.

[0031] 발생된 V_N 신호가 열 기류에 기인하는 것을 확인하기 위해, I_h 을 변경하여 V_N 을 측정하였다. 도 3의 (a)는 여러 다른 I_h 에 대하여 B에 따른 V_N 을 보여준다. I_h 가 증가할 때 V_N 의 포화값이 증가하지만, 의존도는 비선형적이었다(도 3(b)). 도 3의 (c)에서 나타낸 바와 같이, V_N 의 크기는 히터에 의해 생성된 파워에 의존적이며, 로그-로그 스케일(log-log scale)에서 최적의 선형 피팅의 기울기가 약 1.15이었다. 이는 측정된 V_N 신호가 열원에 기인한다는 것을 의미한다. 도 3의 (a)의 데이터로부터 얻은 항전계(coercive field: H_c) 역시 I_h 에 의존적이다. 도 4에 나타낸 바와 같이, H_c 는 I_h 가 작을수록 커지고 이상 홀 측정으로부터 얻어진 값에 근접하며, I_h 가 커질수록 작아진다. 이는 히터 전류가 높아질수록 프로브 접점에서의 온도가 높아진다는 것을 의미한다. 이에 따라 자화 또는 이상 홀 효과와 같은 다른 독립 변수에 따라 결정되는 H_c 에 의존하는 온도에 비해 V_N 신호 자체를 통해 온도 측정이 가능하다는 것을 알 수 있다.

[0032] V_N 이 온도 기울기에 비례하기 때문에, 다른 프로브 접점에서 V_N 을 측정하면 온도 기울기의 히터로부터의 거리에 대한 의존도를 얻을 수 있다. 히터로부터 다양한 거리에서 V_N 을 측정하였고, 그 결과를 도 5의 (a)에 나타내었다. 도시한 바와 같이, 히터로부터 거리와 상관없이 유사한 이상 V_N 거동을 나타냈고, V_N 의 크기가 거리에 따라 감소하였다. 이는 온도 기울기가 홀-바의 방향에서 일정(constant)하지 않다는 것을 의미하는데, 이는 열전달을 단순히 1차원적인 것으로 본 결과이기 때문이다. 그러나, 본 실험의 샘플에서 열전달이 홀-바의 길이방향 뿐만 아니라 표면 상의 모든 방향과 샘플의 내부에서도 일어나며, 그 결과 온도 기울기는 그 지점에 의존한다.

[0033] 기존의 이상(anomalous) 네른스트 효과에 관한 대부분의 실험들은 사이즈가 큰 샘플의 일측에 열을 가한 상태에서, 일과적으로 온도 기울기가 $\Delta T/\Delta x$ 인 것으로 간주하였지만, 여기서 ΔT 는 가열단과 그 반대단(cold end)의 온도 차이이고 Δx 는 그러한 큰 사이즈 샘플의 양쪽 끝단의 거리이다. 이와 같은 방식에서는 V_N 에 대한 세밀한 공간적 변이를 구할 수 없다.

[0034] 본 실험에서는 국부적인 히터를 사용함으로써 지점에 대한 V_N 의 변화를 측정할 수 있다. 히터로부터의 거리에 대한 V_N 의 정밀한 의존도를 알아보기 위해, 거리(d)에 따른 V_N 의 포화 값을 도 5의 (b)와 (c)에 나타냈으며, 이들은 각각 선형 및 로그-로그 스케일이었다. 도 5의 (c)에 도시된 기울기로부터, V_N 이 대략 $1/d^{1.3}$ 에 비례한다는 것을 추론할 수 있다.

[0035] 보다 더 구체적으로 살펴보면, 열전달에 관한 열방정식(heat equation)은 아래와 같은 시간과 지점에 관련하여 온도(T)에 대한 편미분방정식이다.

[0036]
$$\Delta^2 T + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{\rho c_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t}$$

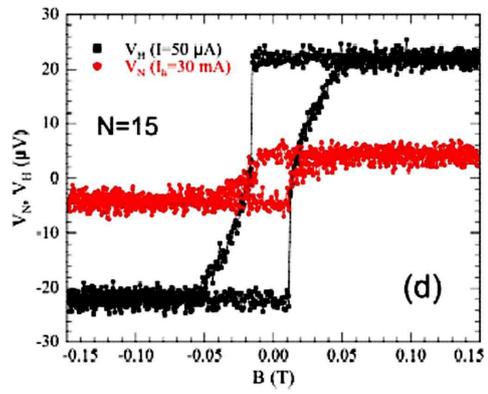
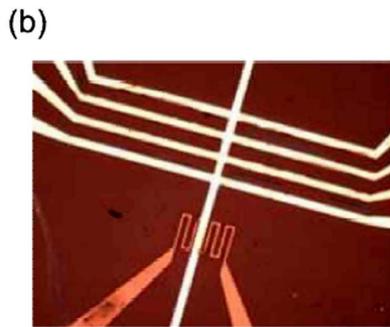
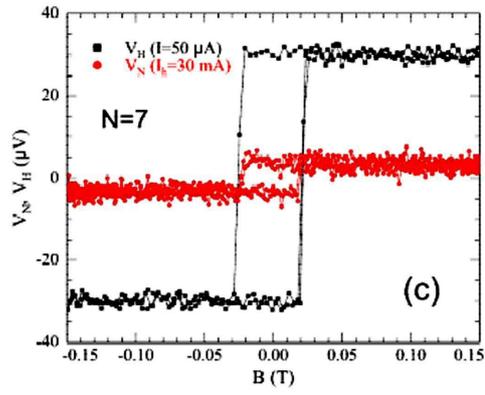
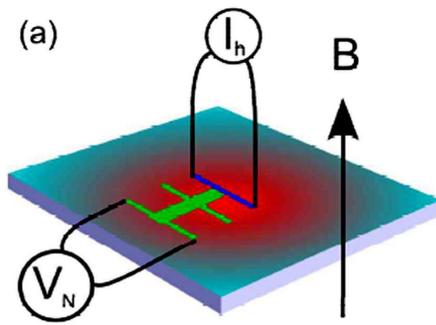
[0037] 여기서, k 는 열전도율이고, ρ 는 밀도이고, c_p 는 열용량이며, \dot{q} 는 열원의 에너지 생성율(또는 파워)이다. 정상 상태(steady state)에서, 상기 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

[0038]
$$\nabla^2 T + \frac{\dot{q}}{k} = 0$$

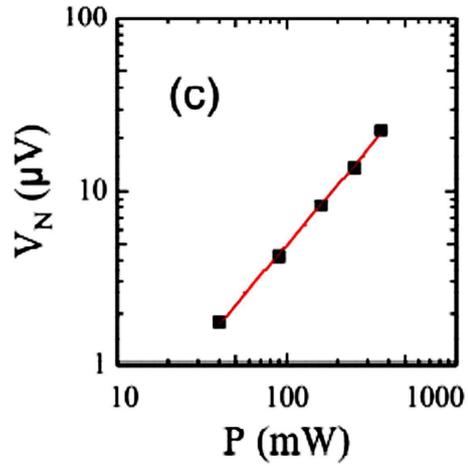
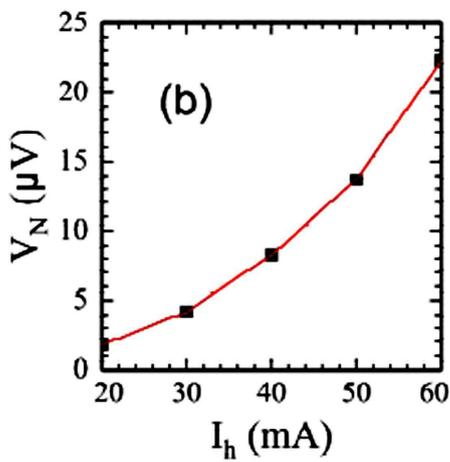
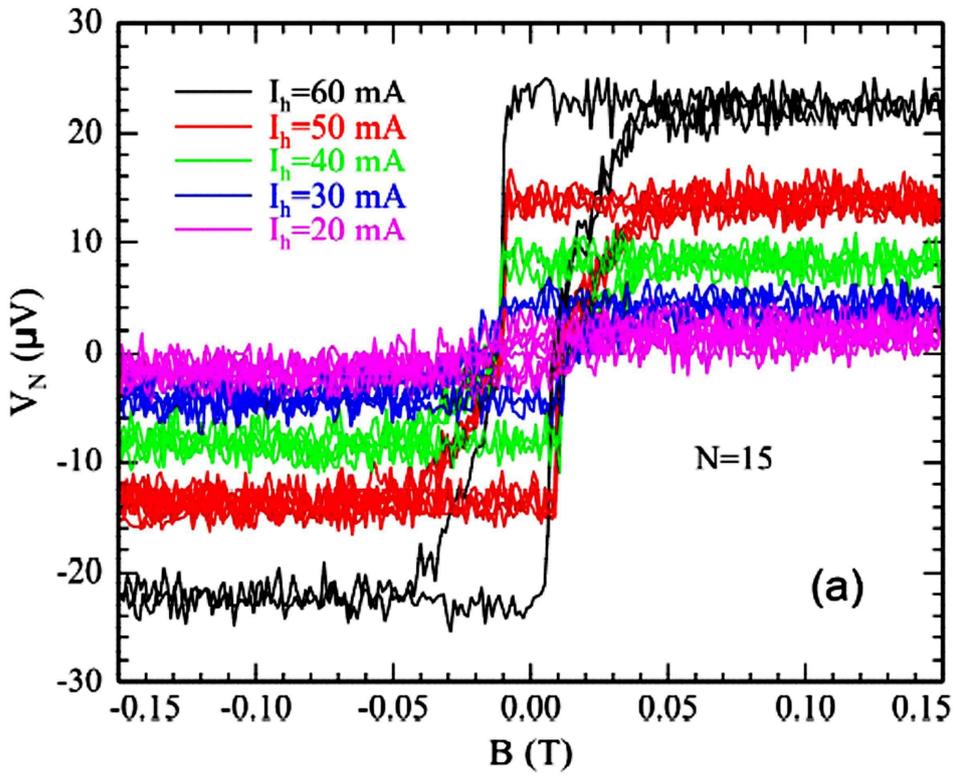
[0039] 이는 푸아송 방정식(Poisson equation)이다. 히터가 점($q = P \delta(\vec{x})$)이고, 샘플(홀-바) 사이즈가 무한하다고 가정하면, 상기 식은 3차원과 2차원에 대하여 아래와 같은 식으로 각각 구해진다.

[0040]
$$T = (P_0/k)(1/4\pi d) \dots 3d$$

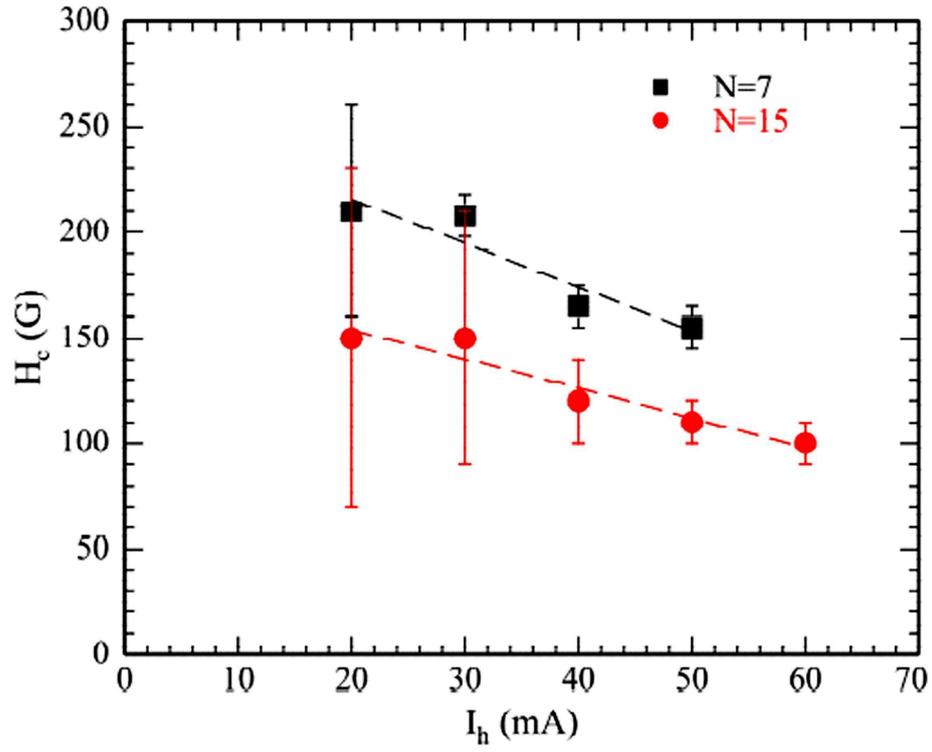
도면2



도면3



도면4



도면5

