



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0088013
(43) 공개일자 2010년08월06일

(51) Int. Cl.

C25D 3/56 (2006.01) *C25D 3/12* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0007136

(22) 출원일자 2009년01월29일

심사청구일자 2009년01월29일

(71) 출원인

창원대학교 산학협력단

경남 창원시 사림동 9 창원대학교내

(72) 발명자

이찬규

경상남도 창원시 사파동 사파동성아파트 112동 501호

박찬우

경상남도 창원시 사파동 대동아파트 9동 305호

(74) 대리인

이민영

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법

(57) 요약

본 발명은 전해증착법을 이용하여 다양한 자기적 특성을 가지는 Co계 합금박막을 제조하기 위한 것으로, 보다 상세하게는 전해증착법에 의해 Co계 합금박막을 증착하고 공정 중 변수인 전류밀도를 조절함으로써 각 분야에 적합한 다양한 특성을 갖는 Co계 합금박막을 제조하는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 Co계 합금박막 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1

(a) Co-P 전해조건

전 해 물	농도(mol/L)
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.42
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	0.03 ~ 0.56
NH ₄ Cl	1.87
pH	3.7

(a) Co-Ni-P 전해조건

전 해 물	농도(mol/L)
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.42
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	0 ~ 0.56
NiSO ₄ ·6H ₂ O	0.2
NH ₄ Cl	1.87
pH	4.5

특허청구의 범위

청구항 1

다양한 자기적 특성을 가지는 Co계 합금박막을 제조하는 방법에 있어서,

염화코발트(II)($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.42 mol/L과 차아인산나트륨($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 0.03~0.56 mol/L과 염화암모늄(NH_4Cl) 1.87 mol/L의 전해용액을 50℃의 전해온도와 DC 20~3000A/m² 범위에서 전해증착하되, 증착 중 지속적인 교반을 실시하여 작업전극(3)에 사용되는 금속모재를 전해증착하는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

증착 중 음극인 작업전극(3)에 사용되는 금속모재의 표면에 활성화되는 전해용액(2)을 일정한 농도로 교반시키는 동시에 작업전극(금속모재)(3)의 표면에 발생하는 수소가스를 제거하기 위해 질소(N_2)가스를 지속적으로 공급하여 주는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 전해용액(3)의 농도는 pH 3.7인 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 작업전극(3)에 사용되는 금속모재는 내부응력을 제거하기 위한 600℃에서 1시간동안 열처리하는 1단계, 기계적연마의 2단계, 에탄올로 세척하는 3단계, 90% H_3PO_4 + 10% 에탄올에서 8V의 전압으로 5분간 전해연마하는 4단계, 증류수로 세척하는 5단계, 10% H_2SO_4 에서 산세척하는 6단계, 에탄올로 세척하는 7단계, 마지막 증류수로 세척하는 8단계의 전처리 과정을 거친 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

전류밀도 50A/m²~100A/m²에서 비정질상의 연자성 특성을 갖는 Co-P 합금 자성박막이 제조되는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

전류밀도 300A/m²~500A/m²에서는 결정질상의 경자성 특성을 갖는 Co-P 합금 자성박막이 제조되는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서는 수평자기 이방성의 자기적 특성을 가지는 Co-P 합금 자성박막이 제조되는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 전해용액(2)은 염화코발트(Ⅱ)($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.42 mol/L 과, 차아인산나트륨($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) $0 \sim 1.2\text{ mol/L}$ 과, 염화암모늄(NH_4Cl_2) 1.87 mol/L , 황산니켈($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.2 mol/L 로 대체하여 사용할 수 있는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

전해용액의 농도는 pH 4.5인 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

전류밀도 $20\text{A}/\text{m}^2 \sim 50\text{A}/\text{m}^2$ 에서는 비정질상의 연자성 특성을 갖는 Co-Ni-P 합금 자성박막이 제조되는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 11

제 8항에 있어서,

전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서는 결정질상의 경자성 특성을 갖는 Co-Ni-P 합금 자성박막이 제조되는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막 제조방법.

청구항 12

제 8항에 있어서,

전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서 수직자기 이방성의 자기적 특성을 가지는 Co-Ni-P합금박막이 제조되는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 코발트계 합금박막제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)와 고밀도 자기기록매체로의 활용을 위한 것으로, 전해증착법에 의해서 합금조성 중 Co가 대부분을 차지하며 여기에 P과 Ni을 첨가하여 Co계열 합금박막을 제작하는 방법에 관한 것이다.

[0002] 전류밀도 및 조성의 변화에 따라 박막을 증착함으로써, 연자성, 경자성, 수평이방성, 수직이방성 등의 다양한 특성을 구현할 수 있다.

배경 기술

[0003] 현재 서브모터, 자기엔코더 등의 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)분야의 활용을 위해 많은 경자성 자성박막이 개발되고 있으며, 특히 최근에는 고밀도 자기기록매체로의 활용을 위하여 기존 수평방식에서 벗어나 수직 자기이방성을 가지는 자성박막 재료들이 개발되는 경향에 있다.

[0004] 또한, 차량용 솔레노이드나 전자파흡수체 등에 활용되기 위한 연자성 박막의 개발도 중요시되고 있다.

[0005] 이에 본 개발에서 사용된 Co계 합금박막은 HCP구조가 가지는 높은 자기이방성을 통해 우수한 강자성체의 특성을 보여주면서 증착조건에 따라 비정질 구조의 우수한 연자성 특성도 가진다.

[0006] 따라서 본 발명에서는 이러한 전해증착법을 이용하여 제작된 Co-P와 Co-Ni-P 합금박막에 대한 물리적, 자기적 특성분석을 수행함으로써, 연자성과 경자성 수평, 이방성을 갖는 다양한 특성을 Co계 합금박막을 제작하고자 하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 이에 본 발명은 상기에 언급된 다양한 분야에 활용되기 위한 것으로, Co계 합금박막을 증착함에 있어 전류밀도의 조절에 따라 비정질 구조를 갖는 연자성 합금박막, 결정질 구조의 경자성 합금박막, 수평 이방성을 갖는 박막, 그리고 수직이방성을 가지는 박막을 제작하는 것을 목적으로 한다.

효 과

[0008] 상술한 바와 같이 목적을 가는 Co계 합금박막은 제조함에 있어서, 전해증착은 타측착법에 비해 증착공정이 비교적 간단하고 저비용이며, 빠른 증착속도를 가지기 때문에 산업체에서 대량생산과 형상의 다양화를 위해 매우 적합한 증착방법이라고 할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0009] 본 발명은 전해증착법을 이용하여 다양한 자기적 특성을 가지는 Co계 합금박막을 제조하기 위한 것으로, 보다 상세하게는 전해증착법에 의해 Co계 합금박막을 증착하고 공정 중 변수인 전류밀도를 조절함으로써 각 분야에 적합한 다양한 특성을 갖는 Co계 합금박막을 제조하는 것이 특징인 전해증착법을 이용한 Co계 합금박막 제조방법에 관한 것이다.

[0010] 상기와 같은 목적을 가지는 Co계 합금박막의 제조방법을 첨부한 도면에 의해 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0011] Co계 합금박막은 HCP구조가 가지는 높은 자기이방성을 통해 우수한 강자성체의 특성을 보여주면서 증착조건에 따라 비정질 구조의 우수한 연자성 특성도 함께 가진다.

[0012] 그리고 Co계 합금박막의 경우 결정립 계에서의 P, Ni, W, Cr, Mo 등의 합금원소를 편석시킴으로 인해 비자성체의 결정립석출을 통한 Co결정립의 고립화를 피하고, 이는 도메인의 에너지 장벽을 높여주는 효과가 있으며, 보자력을 높이는 결과를 보여준다.

[0013] 상기 원소 중에서 비교적 경제적인 합금소재인 P와 Ni의 합금원소를 편석시킨 합금박막에 제조방법에 대해 집중적으로 기술하기로 한다.

[0014] 도 1은 Co계 합금박막을 제조하기 위한 전해용액의 조건을 나타낸 구성도이며, 도 2는 Co계 합금박막을 제조하기 위한 개략도이다.

[0015] Co계 합금박막을 증착하기 위한 장치 구성은 도 2에 도시된 것과 같이 전해용액(2)을 수용할 수 있는 도금조

(1)에 상기 전해용액(2)을 가열하는 히터(7) 및 전해용액(2)을 교반할 수 있는 교반기(8)가 구성되는 한편, 도금조(1)내에는 음극의 작업전극(3)과 양극의 상대전극(4)이 구성된다.

- [0016] 작업전극(3)에는 금속모재로서 후술할 전처리 과정을 겪은 구리판을, 상대전극(4)에는 백금와이어가 구성된다.
- [0017] 상술한 구리판은 정확한 두께측정을 위한 본 실험을 위해 전처리 과정 후 테프론으로 마스킹한 것으로 노출부위는 1.77cm^2 로 한다.
- [0018] 그리고 상기 도금조(1)의 일측에는 도금조(1)내의 음극인 작업전극(3)의 구리와 백금와이어의 전위차를 일정하게 유지하여 증착효율을 일정하게 유지하기 위하여 참조전극(5)이 브릿지(6)되어 있다.
- [0019] 중매제 역할을 하는 브릿지(6)에 사용되는 원소는 KCl과 Agar이 주로 사용되며, 참조전극(5)에는 주로 Ag/AgCl이 사용된다.
- [0020] 끝으로 도금조(1)내에 질소(N_2)가스를 공급하기 위한 질소가스공급기(9)가 구비되어 후술할 적절한 구성의 전해용액(2)을 전해증착시 50°C 의 전해온도와 DC $20\sim 3000\text{A/m}^2$ 전류밀도의 범위에서 지속적인 교반과 함께 질소(N_2)가스도 지속적으로 공급하게 된다.
- [0021] 상술한 질소(N_2)가스는 전해용액(2)의 교반을 위하여 투입되는 것으로, 질소(N_2)가스의 공기방울을 계속하여 분사시킴으로써 도금조(1)내 전해용액을 특히, 음극쪽을 교반시키는 역할을 하게 된다.
- [0022] 이것은 전해증착시 음극(구리판)표면에 활성화되는 전해용액을 일정한 농도로 교반시키고 또한, 음극(구리판)표면에 수소가스가 발생하는데 이를 제거하기 위한 것이기도 한다.
- [0023] 상술한 설명 중 작업전극(3)은 일명 작업봉으로 상대전극(4)은 전극봉 그리고 참조전극(5)은 표준전극이라고도 불린다.
- [0024] 상술한 장치구성에서 Co-P의 합금박막을 제작하기 위한 최적의 전해용액(2)의 조건은 염화코발트(II)($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.42 mol/L 과, 차아인산나트륨($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) $0.03\sim 0.56\text{ mol/L}$ 과, 염화암모늄(NH_4Cl) 1.87 mol/L 의 전해용액을 pH 3.7의 농도로 한다.
- [0025] 그리고 Co-Ni-P의 합금박막을 제작하기 위한 조건은 상술한 장치 구성에서 전해용액(2)을 염화코발트(II)($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.42 mol/L 과, 차아인산나트륨($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) $0\sim 1.2\text{ mol/L}$ 과, 염화암모늄(NH_4Cl) 1.87 mol/L , 황산니켈($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.2 mol/L 을 pH 4.5의 농도로 하여 대체하게 된다.
- [0026] 한편, 상술한 내용에서 pH농도는 황산(H_2SO_4)과 염산(HCl) 용액을 첨가하여 원하는 농도로 유지할 수 있다.
- [0027] 도 3은 금속모재의 전처리 과정을 나타낸 모식도를 나타낸 것이다.
- [0028] 금속모재는 구리를 사용하였다.
- [0029] 상술한 설명 중 구리는 내부응력을 제거하기 위한 600°C 에서 1시간동안 열처리하는 1단계, 기계적 연마의 2단계, 에탄올로 세척하는 3단계, $90\%\text{H}_3\text{PO}_4 + 10\%$ 에탄올에서 8V의 전압으로 5분간 전해연마하는 4단계, 증류수로 세척하는 5단계, $10\%\text{H}_2\text{SO}_4$ 에서 산세척하는 6단계, 에탄올로 세척하는 7단계, 마지막 증류수로 세척하는 8단계의 전처리 과정을 거쳐야 한다.
- [0030] 2단계의 기계적 연마는 용(틸)을 사용하여 연마를 하는 것으로 큰 범위의 거칠기를 1차 연마하는 것이며, 4단계의 전해연마는 전기화학적 연마로서 기계적 연마보다 미세한 거칠기의 2차 연마이다.
- [0031] 이것은 구리기판의 표면 거칠기를 없애고 평탄도를 높여 박막증착을 보다 고르게 하고자 함이다.
- [0032] 그리고 산세정의 경우는 박막표면에 남겨져 있을지도 모르는 산화층이나 유지(기름기) 등의 이물질을 제거하기 위해서이다.
- [0033] 상술한 조건에 의해 전해증착된 Co-P의 합금박막은 도 4의 전해증착된 Co-P 합금박막의 수직단면을 나타낸 SEM 이미지사진에 나타난 바와 같이 두께 약 $2.5\mu\text{m}$ 로 증착되었으며, Co-Ni-P 합금박막도 동일한 두께를 따랐다.
- [0034] 도 5는 증착된 Co-P 합금박막의 전류밀도에 따른 P의 조성과 보자력의 변화를 나타낸 그래프이다.

- [0035] 도 5의 그래프에 의해 살펴보면 전류밀도 $100\text{A}/\text{m}^2$ 에서는 50 Oe 이하의 낮은 보자력을 보이며, 전류밀도의 증가와 함께 660 Oe까지 급격하게 보자력이 향상되었다.
- [0036] 이는 저 전류밀도에서 증착되었을 때, 박막 내 P의 조성이 12 at.% 이상이며, 낮은 보자력을 가지는 비정질 상이 형성되었음을 보여준다.
- [0037] 도 6은 전해증착된 Co-P 합금박막의 전류밀도에 따른 XRD 패턴을 보인 그래프로서 역시 $100\text{A}/\text{m}^2$ 이하에서는 비정질 박막이 증착되었음을 나타낸다.
- [0038] 또한, $300\text{A}/\text{m}^2$ 과 $100\text{A}/\text{m}^2$ 에서는 박막 내 12 at.%이하의 P 조성과 함께 결정질의 박막이 나타나면서 보자력이 660 Oe까지 증가함을 보여준다.
- [0039] 이는 XRD 패턴의 결과에서 나타난 HCP(110)피크의 급격한 증가와 부합하는 결과로 보이는데, 전류밀도로 조절된 박막 내 P의 조성 약 5 at.% 부근의 Co-P 박막은 막 성장과정에서 수평방향에 해당하는 (110)방향으로의 성장경향을 보여준다.
- [0040] 그리고 그 이상의 전류밀도에서는 막 내 P의 조성은 지속적으로 감소하였으나, 보자력은 오히려 감소하는 결과를 나타내었다.
- [0041] 또한, XRD 결과에서도 (110)피크가 감소하였는데, 이러한 현상은 임계치 이상의 과 전류밀도로 인하여 박막의 균일한 성장이 저해되어 나타나는 것으로 판단된다.
- [0042] 전해증착에 대한 일반적인 이론에 따르면 과 전류밀도에 의한 박막증착의 경우, 증착시 음극 표면의 pH를 급격하게 낮추는 현상이 발생하여, 증착되는 박막의 평판도에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다.
- [0043] 이러한 박막면의 평탄성은 박막의 특성에도 많은 영향을 미치는데, 과 전류밀도에 의해 생성되는 거친 박막면 또는 분말형태로 나타나는 증착의 경우 불규칙적인 원자배열로 증착이 이루어짐으로 인해 박막 내부의 결정 이방성을 낮추는 결과를 가져온다.
- [0044] 도 7은 전류밀도 $50\text{A}/\text{m}^2$ 에서 제조된 Co-P 합금박막의 자기적 특성을 보인 M-H곡선이며, 도 8은 전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서 제조된 Co-P 합금박막의 자기적 특성을 보인 M-H곡선이다.
- [0045] 도 7과 도 8의 M-H곡선에서 보인 바와 같이 $50\text{A}/\text{m}^2$ 의 전류밀도에서 전해증착된 Co-P 합금박막은 10 Oe이하의 연자성 특성을 보이며, $500\text{A}/\text{m}^2$ 의 전류밀도에서 전해증착된 Co-P 합금박막은 고 보자력 660 Oe를 가지는 경자성 특성을 보인다.
- [0046] 또한, 전해증착으로 제조된 모든 Co-P 합금박막은 모두 평면내상(in-plane)의 방향의 수평이방성을 가지는 것으로 나타났다.
- [0047] 도 9는 전해증착된 Co-Ni-P 합금박막의 전류밀도에 따른 보자력 변화를 나타낸 그래프로서 역시 같은 방법에 의해 제조된 Co-Ni-P 합금박막의 전류밀도에 따른 수평, 수직방향에서의 보자력 변화를 나타내었다.
- [0048] 전류밀도 $20\text{A}/\text{m}^2$ 과 $50\text{A}/\text{m}^2$, 즉 약 10 at.% 이상의 높은 P 조성에서는 낮은 보자력의 연자성 형태의 박막이 형성되었으나, 전류밀도의 증가에 따라 보자력도 증가하여 $500\text{A}/\text{m}^2$ (P≒5 at.%)에서 최고 1.8kOe(out of plane)까지 증가함을 보였다.
- [0049] 그리고 그 이상의 $1000\text{A}/\text{m}^2$ 과 $2000\text{A}/\text{m}^2$ 전류밀도 조건에서는 다시 보자력이 감소함을 보였는데, 이러한 자기적 특성변화는 도 10은 전해증착된 Co-Ni-P 합금박막의 전류밀도에 따른 XRD 패턴을 보인 그래프에서 보이는 것처럼 박막 결정구조의 분석결과와 관련하여 설명될 수 있다.
- [0050] 우선 저 전류밀도 $20\text{A}/\text{m}^2$ 과 $50\text{A}/\text{m}^2$ 에서의 Co-Ni-P 합금박막은 앞서 Co-P합금계에서 나타난 결과와 같이 박막 내 약 10 at.% 이상의 높은 P 조성비로 인하여 낮은 보자력의 비정질 형태의 박막이 형성되었으며, 전류밀도가 증가함에 따라 HCP(002) 방향으로의 결정성이 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0051] 이는 수직방향인 (002)방향으로의 막 성장경향을 의미하여 도 9에서 나타나는 수직방향에서의 급격한 보자력 증가와 일치하는 결과이다.

- [0052] 특히, 전류밀도 $300\text{A}/\text{m}^2$ 과 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서 이러한 박막의 수직성장 경향은 뚜렷하게 나타나며 그 이상의 전류밀도에서는 HCP(002)피크의 감소와 함께 다시 낮아짐을 보였다.
- [0053] 따라서, 도 11 전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서 제조된 Co-Ni-P 합금박막의 자기적 특성을 보인 M-H곡선에서 보인 바와 같이 전해증착에 의한 수직 이방성을 갖는 Co-Ni-P 합금박막이 제조됨을 알 수 있다.
- [0054] 특히, 전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서는 경자성 특성과 함께 수직특성도 가장 뚜렷하게 나타난다.
- [0055] 상술한 설명 중 in-plane은 박막면과 수평하게 자장을 가해 M-H곡선을 측정하였음을 의미하며, out of plane은 박막면과 수직으로 자장을 가해 M-H곡선을 측정함을 의미한다.
- [0056] Co-P의 경우 in-plane으로 측정하였을 때 out of plane으로 측정하였을 때보다 자화값의 포화가 빨리 이루어짐을 보이기 때문에 수평방향으로 보다 자화가 쉬운 수평방향의 이방성을 가진다고 볼 수 있다.
- [0057] 그리고 Co-Ni-P의 경우 포화자화는 비슷한 범위에서 이루어지지만 out of plane으로 측정시에 보자력이 높게 나타나기 때문에 박막입자가 수직방향성을 가지고 이방성 성장이 이루어졌음을 의미한다.

도면의 간단한 설명

- [0058] 도 1은 Co계 합금박막을 제조하기 위한 전해용액의 조건을 나타낸 구성도.
- [0059] 도 2는 Co계 합금박막을 제조하기 위한 개략도.
- [0060] 도 3은 금속모재의 전처리 과정을 나타낸 모식도.
- [0061] 도 4는 전해증착된 Co-P 합금박막의 수직단면을 나타낸 SEM 이미지사진.
- [0062] 도 5는 전해증착된 Co-P 합금박막의 전류밀도에 따른 P의 조성과 보자력의 변화를 나타낸 그래프.
- [0063] 도 6은 전해증착된 Co-P 합금박막의 전류밀도에 따른 XRD 패턴을 보인 그래프.
- [0064] 도 7은 전류밀도 $50\text{A}/\text{m}^2$ 에서 제조된 Co-P 합금박막의 자기적 특성을 보인 M-H곡선.
- [0065] 도 8은 전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서 제조된 Co-P 합금박막의 자기적 특성을 보인 M-H곡선.
- [0066] 도 9는 전해증착된 Co-N-P 합금박막의 전류밀도에 따른 보자력 변화를 나타낸 그래프.
- [0067] 도 10은 전해증착된 Co-Ni-P 합금박막의 전류밀도에 따른 XRD 패턴을 보인 그래프.
- [0068] 도 11은 전류밀도 $500\text{A}/\text{m}^2$ 에서 제조된 Co-Ni-P 합금박막의 자기적 특성을 보인 M-H곡선.
- [0069] <도면의 주요부분 부호설명>
- | | | |
|----------------|---------|----------|
| [0070] 1. 도금조 | 2. 전해용액 | 3. 작업전극 |
| [0071] 4. 상대전극 | 5. 참조전극 | 6. 브릿지 |
| [0072] 7. 히터 | 8. 교반기 | 9. 가스공급기 |

도면

도면1

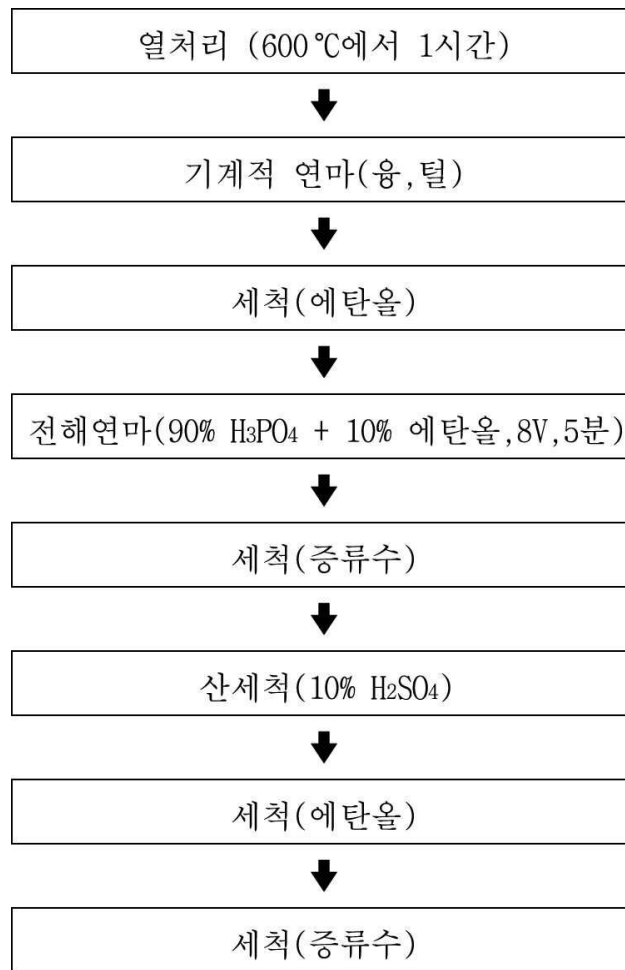
(a) Co-P 전해조건

전 해 물	농도(mol/L)
CoCl ₂ •6H ₂ O	0.42
NaH ₂ PO ₂ •H ₂ O	0.03 ~ 0.56
NH ₄ Cl	1.87
pH	3.7

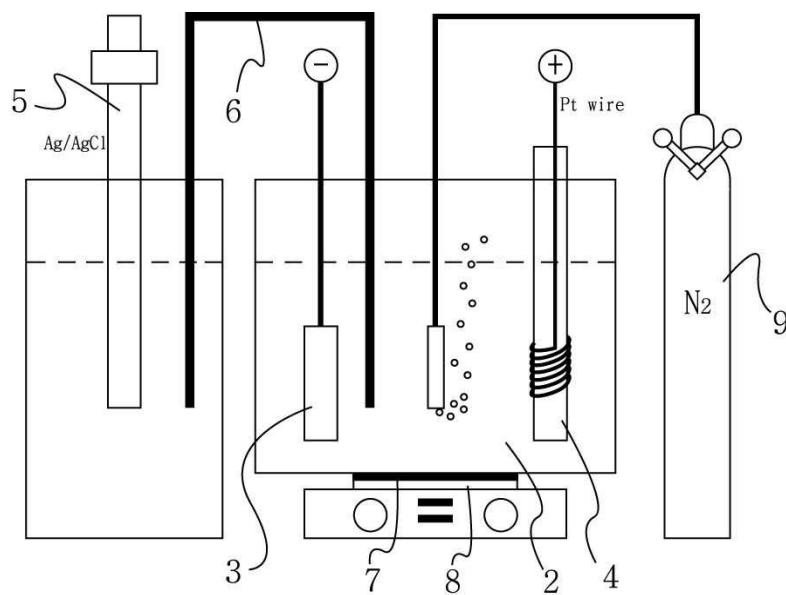
(a) Co-Ni-P 전해조건

전 해 물	농도(mol/L)
CoCl ₂ •6H ₂ O	0.42
NaH ₂ PO ₂ •H ₂ O	0 ~ 0.56
NiSO ₄ •6H ₂ O	0.2
NH ₄ Cl	1.87
pH	4.5

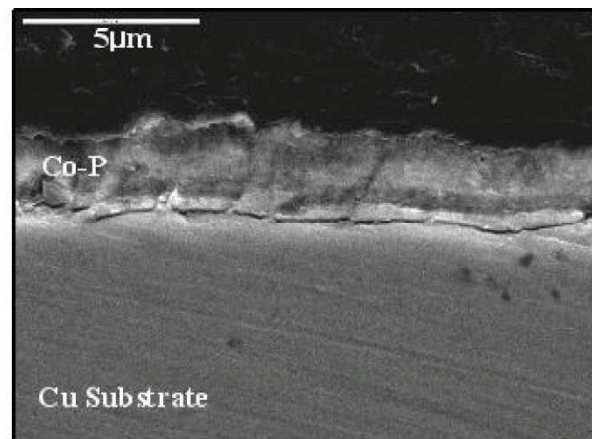
도면2



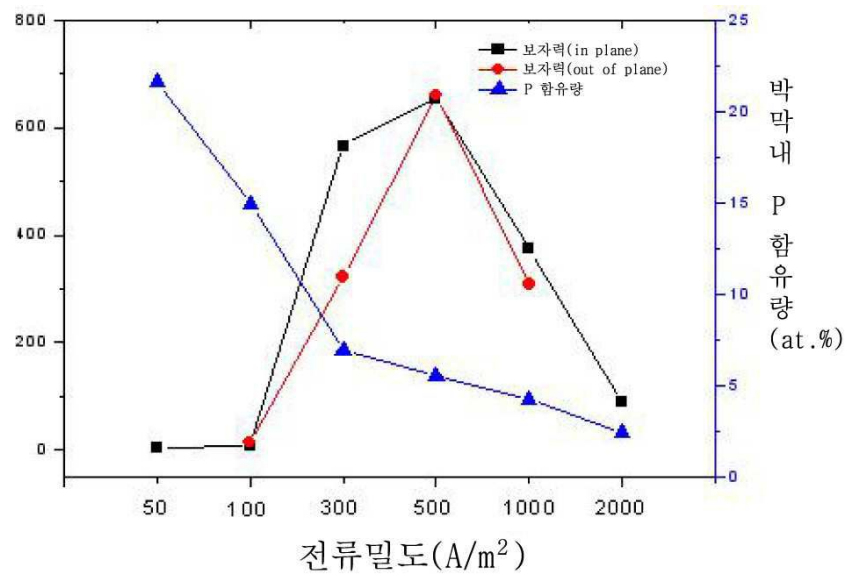
도면3



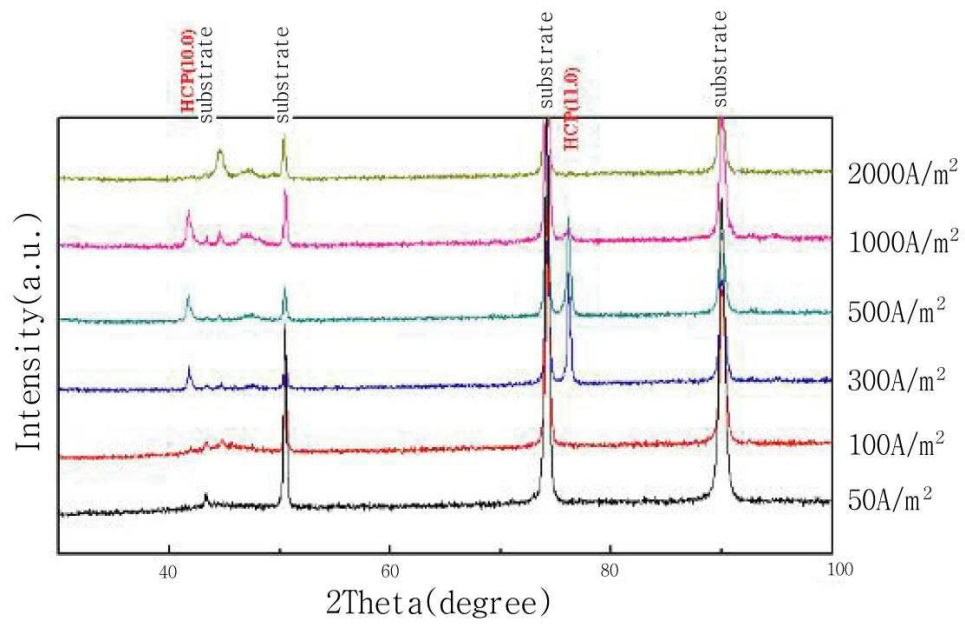
도면4



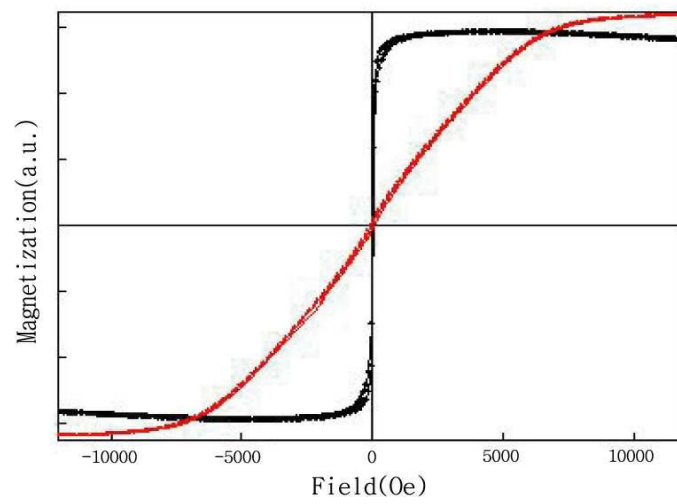
도면5



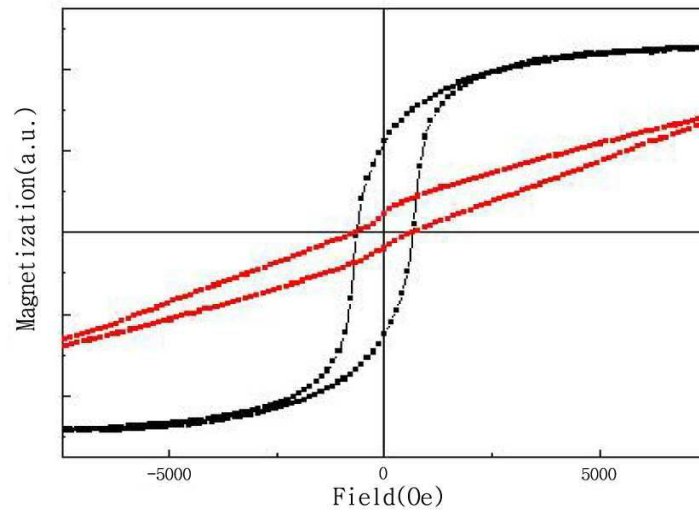
도면6



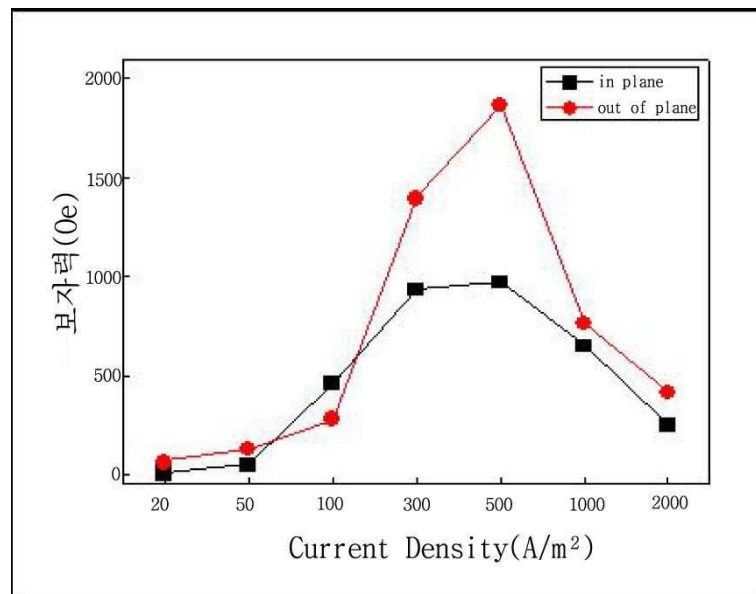
도면7



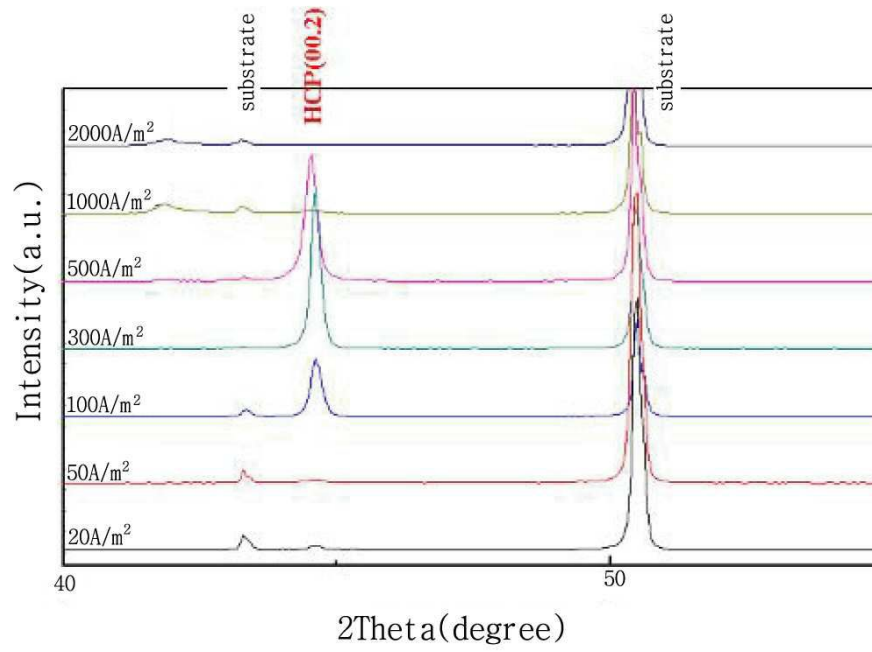
도면8



도면9



도면10



도면11

