



등록특허 10-2688217



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년07월25일

(11) 등록번호 10-2688217

(24) 등록일자 2024년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3213 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
H01L 23/532 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01L 21/32136 (2013.01)
H01J 37/321 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0148592

(22) 출원일자 2023년10월31일

심사청구일자 2023년10월31일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170001056 A*

KR102030548 B1*

KR1020230085507 A

KR102562321 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

백금빈

경상남도 김해시 활천로202번길 67(어방동, 태일빌라) A동

정지원

서울특별시 서초구 신반포로 270 (반포동, 반포자이아파트) 141동 2501호

(74) 대리인

특허법인 공간

전체 청구항 수 : 총 10 항

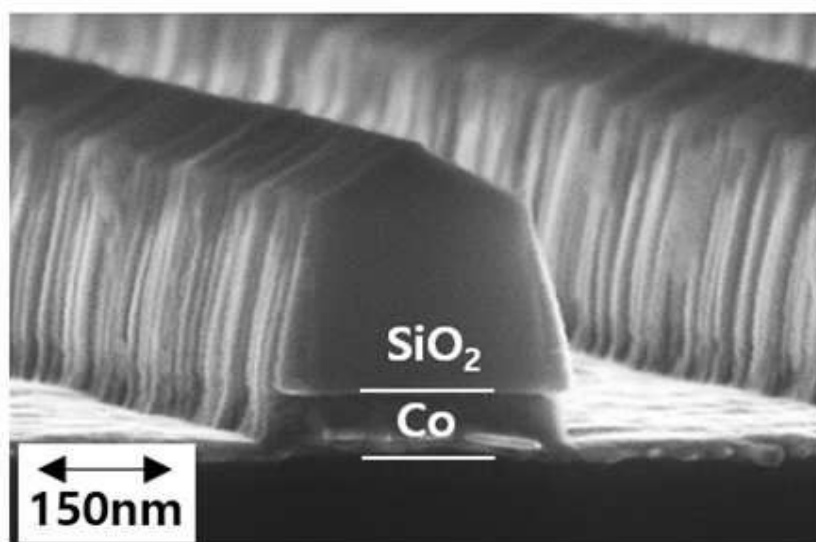
심사관 : 오창석

(54) 발명의 명칭 코발트 박막의 고밀도 플라즈마 식각방법

(57) 요약

본 발명은 코발트 박막의 식각방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 코발트 박막에 대하여 식각가스의 종류 및 식각가스의 농도 그리고 식각의 공정 변수 등을 포함한 최적의 식각공정 조건을 적용함으로써, 종래 코발트 박막의 식각법에 비해 재증착이 발생하지 않으면서 빠른 식각속도 및 높은 이방성 (또는 식각 경사)의 식각프로파일을 제공할 수 있는 코발트 박막의 식각방법에 관한 것이다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류

H01L 21/32139 (2013.01)

H01L 23/53209 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415180300
과제번호	70020-1
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	차세대시스템반도체설계소자공정기술개발사업
연구과제명 차년도)	코발트 금속배선 건식식각용 식각가스 개발 및 코발트 박막의 건식식각 공정개발(2
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교 산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 코발트 박막을 하드 마스크로 패터닝하고 식각하여 마스크하는 단계;

(b) 아세톤 (CH_3COCH_3), 및 불활성 가스를 포함하는 혼합가스를 플라즈마화하는 단계; 및

(c) 상기 (b) 단계에서 생성된 플라즈마를 이용하여 (a) 단계에서 마스크된 하드마스크를 이용하여 식각하는 단계를 포함하며,

상기 (a) 내지 (c) 단계에 있어서 코발트 박막이 증착된 기판의 온도는 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 인 것을 특징으로 하는, 코발트 박막의 식각방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 불활성 가스는 He, Ne, Ar 및 N_2 로 구성된 군에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 코발트 박막의 식각방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 하드 마스크는 이산화규소(SiO_2), Si_3N_4 , TiO_2 , TiN, Ti, Ta, W, Cr 및 탄소(C) 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 코발트 박막의 식각방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 하드 마스크가 이산화규소이고, 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 0.65 내지 1.1인 것을 특징으로 하는 코발트 박막의 식각방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 하드 마스크가 Ti 이고, 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 2 내지 6.3인 것을 특징으로 하는 코발트 박막의 식각방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 혼합가스내 아세톤 (CH_3COCH_3) 가스의 농도는 25~80 vol% 범위인 것을 특징으로 하는 코발트 박막의 식각방법

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는, 0.13~2.0 Pa 범위의 공정 압력으로 혼합가스를 주입하는 것을 특징으로 하는, 코발트 박막의

식각방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는, 700 W~900 W의 코일 고주파 전력 (ICP rf power)을 인가하여 수행되는 것을 특징으로 하는, 코발트 박막의 식각방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는, 200 V~ 400 V의 dc-bias 전압을 인가하여 수행되는 것을 특징으로 하는, 코발트 박막의 식각 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는, 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온식각법, 반응성 이온 식각법, 증기 식각법, (vapor etching), 원자층 식각법 (atomic layer etching) 및 펄스 모듈레이트된 (pulse-modulated) 고밀도 플라즈마 반응성 이온 식각법으로 구성된 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는, 코발트 박막의 식각방법.

청구항 12

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 코발트 박막의 식각방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 코발트 박막에 대하여 아세톤 (CH_3COCH_3)을 이용하여 최적의 식각공정 조건과 후처리 공정을 적용한 코발트 박막의 식각방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 반도체 소자와 디스플레이 소자에서 금속배선 물질로는 주로 구리가 사용된다. 특히 반도체 소자의 금속 배선 물질인 구리는 반응성 이온 식각 메커니즘에 따른 건식 식각공정의 부재로 식각공정을 사용하지 않는 방법인 damascene 공정을 이용하여 구리 배선이 형성되고 있다.

[0003] 한편, 차세대 반도체 소자의 집적도가 증가함에 따라서 소자내의 미세패턴의 크기는 지속적으로 감소하고 있는데, 소자의 임계 치수(critical dimension)가 수십 nm 이하로 축소됨에 따라서 구리 금속배선의 저항이 점진적으로 증가하는 경향을 보인다고 연구 결과 발표가 보고되고 있다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위한 해결책으로서, 구리의 직접적인 건식 식각공정 개발 또는 구리를 대체할 새로운 금속배선물질들의 도입 등이 제시되고 있다. 현재 가장 유력한 차세대 금속배선 후보 물질로는 코발트와 루테튬, 그리고 텅스텐을 예로 들 수 있다. 이들의 비저항 값, 전자이주(electromigration), 건식 식각 가능성 및 가격들을 비교하여 하기 표 1과 같이 제시된다. 코발트와 루테튬은 비록 비저항값은 구리보다는 크지만 electromigration 현상의 거의 없고 건식 식각 가능성도 구리보다는 우수하여 현재 차세대 금속배선 물질로 주목받고 있는 금속들이다.

표 1

	Resistivity (Ωm)	Electromigration	Dry etching	Price
Al	2.82×10^{-8}	Big	Excellent	low
Ag	1.62×10^{-8}	Big	Possible	high
Cu	1.72×10^{-8}	very low	Difficult	moderate
Co	6.2×10^{-8}	Few	Difficult	moderate
Ru	7.6×10^{-8}	Few	Possible	very high

[0005]

[0006]

일반적으로 미세 패터닝을 위한 박막들의 식각공정에는 습식 식각과 건식 식각 방법이 있으며, 식각할 패턴들의 크기가 수 마이크로미터 크기 이하 또는 나노미터 크기로 축소됨에 따라서 습식 식각의 적용이 어려워지고 있어, 패턴 전달에 충실한 플라스마를 이용하는 건식 식각의 필요성이 부각되고 있다.

[0007]

건식 식각공정은 저압의 플라스마를 이용하는 식각법으로서 플라스마의 화학반응성에 의하여 이온 밀링(ion milling) 식각법 및 반응성 이온 식각(reactive ion etching)법 두 가지로 구분될 수 있고, 상기 이온 밀링(ion milling) 식각법은 불활성 가스인 아르곤(Ar) 플라스마를 이용하며, 반응성 이온 식각(reactive ion etching)법은 여러 가지 화학가스를 사용하여 식각을 수행한다.

[0008]

이와 관련된 선행기술을 살펴보면, 코발트 식각은 1990년대 후반부터 시작되었으나 현재까지 주목할 만한 건식 식각공정에 대한 식각가스와 식각기술이 개발되고 있지 않다. 초기에는 Ne, Ar, Kr 그리고 Xe등의 불활성 기체들을 사용하는 ion beam etching법이 사용되었으며 (JVST B18, 3539 (2000)), CF₄/O₂ 및 Cl₂/Ar의 가스들이 적용되어 RIE 또는 ICPRIE법이 사용되었으나 만족할 만한 식각결과는 확보하지 못하였다 (J. Kor. Rad. Waste Sci., 232 (2004)). 그 후, 2017년에 O₂ plasma와 HCOOH vapor를 이용하여 2단계의 원자층 식각법이 시도되었으며 심한 undercut 프로파일과 약 60도의 식각 경사를 확보하였다 (J. Vac. Sci. Technol. A35, 05C305 (2017)). 또한 Cl₂/Ar 및 HFAC/Ar의 혼합가스들을 사용하여 vapor etching을 포함하는 원자층 식각법이 도입되었다 (JVST A37, 021004 (2019)). 가장 최근에 보고된 연구결과는 Valiey Institute of Physics and Technology에서 BCl₃/Ar 가스와 ICPRIE법을 이용하여 600 nm 패턴에 대하여 약 60도 식각 경사를 확보하였다 (Proceeding of SPIE, 12157 1215718 (2021))

[0009]

삭제

[0010]

일반적으로 코발트 박막을 식각할 경우에, 장비가 단순하고 물리적 식각 메커니즘을 이용하는 이온밀링을 사용할 경우나 패턴의 크기가 대략 5~10 μm 이하의 경우에는 식각된 패턴주위로 재증착이 일어나 펜스(fence)모양을 형성한다. 이는 이온밀링 식각법이 화학반응 없이 순수하게 아르곤(Ar) 양이온의 충돌 에너지에 의하여 박막 물질의 일부가 스퍼터링 되어 제거되는 식각 메커니즘에 기인한다.

[0011]

따라서 고집적 소자들의 제조를 위하여 코발트 박막을 식각하는 경우에는 물리적 식각 메커니즘에 의한 이온 밀링법이 아닌 화학반응이 적용된 반응성 이온 식각법이 개발되어야 할 것이다.

[0012]

최근에는 플라스마 밀도가 높아 식각속도가 빠르고 식각선택도를 증가시킬 수 있는 고밀도 플라스마 반응성 이온 식각법이 적용되고 있다.

[0013]

하지만 코발트 금속은 반응성이 극히 적거나 아예 없기 때문에 식각 속도가 매우 느린 편이며, 식각 마스크에 대한 코발트 박막의 식각 선택도도 매우 적은 편이므로 일반적인 포토레지스트 대신에 금속(Ti, Ta, W, TiN, Cr, etc)이나 금속 산화물(TiO₂, SiO₂, etc) 또는 Si₃N₄를 재료로 하는 하드 마스크를 사용하여 식각을 수행한다.

[0014]

그러나, 반응성 이온 식각법에 의하여 코발트 박막을 식각하는 경우에도 식각 가스의 종류 및 농도, 그리고 식각 공정 및 환경에 따라 식각된 패턴의 측면에 재증착이 발생하거나, 식각된 측면경사(식각 경사)가 매우 완만하여 미세패턴의 식각에 적용하기 어려운 문제가 발생할 수 있다.

[0015] 관련 선행기술로서 공개특허공보 제10-2016-0126890호 (2016.11.02. 공개)는 마스크에 더 두껍게 증착될 수 있는 붕소 함유 할라이드 재료를 사전에 증착하여 에칭 선택성을 높이는 방법에 관하여 개시하고 있으나, 식각 프로파일에 관한 개선이 존재하지 않고, 공개특허공보 제10-2017-0013169호 (2017.02.06. 공개)는 Hafc를 포함하는 β -디케톤으로 이루어진 에칭가스를 이용하여 에칭할 때에 분해 억제가스로 수소를 사용하여 에칭가스 분해로 인해 카본막이 형성하는 것을 방지하는 것을 특징으로 하는 에칭 방법에 관하여 개시하고 있으나 공정에 250℃ 이상의 고온을 요구하는 문제점이 존재한다.

[0016] 따라서 비교적 저온에서 적절한 식각 가스 및 이의 농도 조절을 통한 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공할 수 있는 코발트 박막의 식각기술에 대한 개발이 지속적으로 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0017] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2016-0126890호 (2016.11.02. 공개)
(특허문헌 0002) 공개특허공보 제10-2017-0013169호 (2017.02.06. 공개)

비특허문헌

[0018] (비특허문헌 0001) JVST B18, 3539 (2000)
(비특허문헌 0002) J. Kor. Rad. Waste Sco., 232 (2004))
(비특허문헌 0003) J. Vac. Sci. Technol. A35, 05C305 (2017)
(비특허문헌 0004) JVST A37, 021004 (2019).
(비특허문헌 0005) Proceeding of SPIE, 12157 1215718 (2021)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0019] 본 발명의 주된 목적은 차세대 반도체 소자 및 디스플레이 소자에서 전극과 배선 등의 반도체 재료로서 폭넓게 사용될 수 있는 코발트 박막에 대하여 현재의 다마신(damascene) 공정에 의하여 패턴을 하지 않고 정통적인 건식식각 방법을 사용하여 식각에 의한 패턴을 형성하고자 한다. 이를 달성하기 위하여 새로운 적절한 식각가스를 개발하고 이를 이용하여 재증착이 발생하지 않으면서 식각 잔류물이 없이 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공할 수 있는 코발트 박막의 식각방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0020] 상기의 과제를 해결하기 위해 본 발명은, (a) 코발트 박막을 하드마스크로 패터닝하고 식각하여 마스크하는 단계; (b) 아세톤 (CH_3COCH_3)을 포함하고, 불활성 가스를 포함하는 혼합가스를 플라즈마화하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계에서 생성된 플라즈마를 이용하여 상기 (a) 단계에서 마스크된 코발트 박막을 식각하는 단계;를 포함하는 코발트 박막의 식각방법을 제공한다.

[0021] 또한 본 발명은 불활성 가스로 He, Ne, Ar 및 N_2 로 구성된 군에서 선택되는 1종 이상일 수 있으며, 하드마스크는 이산화규소(SiO_2), Si_3N_4 , TiO_2 , TiN, Ti, Ta, W, Cr 및 카본(C) 중에서 선택될 수 있다.

[0022] 본 발명인 코발트 박막의 식각방법은 상기 하드마스크가 이산화규소이면, 코발트 박막의 식각선택도는 0.65 내지 1.1일 수 있고, Ti 하드마스크를 사용한 경우 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각 선택도는 2 내지 6.3일 수 있다.

[0023] 본 발명의 일례는, 상기 (b) 단계의 혼합가스는 아세톤(CH_3COCH_3) 가스를 25~80 vol% 포함하고, 나머지 부분은

불활성 가스가 포함될 수 있다.

- [0024] 또한, 상기 코발트 박막의 식각방법의 상기 (a) 내지 (c) 단계에 있어서 코발트 박막이 증착된 기판의 온도는 10 °C ~ 20 °C 일 수 있다.
- [0025] 한편, 본 발명은 상기 (b) 단계의 플라즈마화는 0.13 ~ 2.0 Pa 범위의 공정 압력으로 혼합가스를 주입하고, 700 W ~ 900 W의 코일 고주파 전력 (ICP rf power), 200 ~ 400 V의 dc-bias 전압을 인가하여 수행될 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명은 상기 (b) 단계의 플라즈마화는 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온식각법, 반응성 이온 식각법, 증기 식각법 (vapor etching), 원자층 식각법 (atomic layer etching) 및 펄스 모듈레이트된 (pulse-modulated) 고밀도 플라즈마 반응성 이온 식각법으로 구성된 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행될 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 상기 어느 하나의 방법으로 제조되며, 80 ° 이상의 식각경사를 가지는 코발트 박막을 제공한다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명에 따른 코발트 박막의 식각방법은 최적의 식각가스와 최적의 식각가스농도와 더불어 최적의 식각공정 조건을 적용함으로써, 종래 코발트 박막의 식각방법에 비해 재증착이 발생하지 않으면서 또한 식각 잔류물 없이 빠른 식각 속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공하여 코발트 박막이 이용되는 모든 소자 및 기기들에 적용할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 기판의 가열을 위한 추가적인 구성이 필요 없고, 저온에서 코발트 박막을 식각할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 박막 식각 전/후의 시료의 측면구조를 개략적으로 나타낸 것이다.
- 도 2는 $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 의 식각가스에서 CH_3COCH_3 식각가스의 농도의 변화에 대한 코발트 박막 및 SiO_2 하드마스크의 식각속도 변화 및 식각 선택도를 보여주는 그래프이다.
- 도 3은 $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 의 식각가스에서 CH_3COCH_3 식각가스의 농도의 변화에 대한 코발트 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도 변화 및 식각 선택도를 보여주는 그래프이다.
- 도 4는 $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 혼합가스 중 CH_3COCH_3 농도에 따른 코발트 박막의 SEM사진이다.
- 도 5(a)는 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 식각가스에서 ICP rf power를 변화하여 식각한 결과로서 코발트 박막과 SiO_2 마스크의 식각속도와 식각선택도를 보여주는 그래프이다.
- 도 5의 (b), (c), (d)는 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 식각가스에서 ICP rf power를 변화하여 식각한 시료들과 용액처리 후에 대한 SEM 이미지들이다.
- 도 6(a)은 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 식각가스에서 dc-bias voltage를 변화하여 식각한 결과로서 코발트 박막과 SiO_2 마스크의 식각속도와 식각선택도를 보여주는 그래프이다.
- 도 6의 (b), (c), (d)는 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 식각가스에서 dc-bias voltage를 변화하여 식각한 시료들과 용액처리 후에 대한 SEM 이미지들이다.
- 도 7(a)은 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 식각가스에서 공정 압력을 변화하여 식각한 결과로서 코발트 박막과 SiO_2 마스크의 식각속도와 식각선택도를 보여주는 그래프이다.
- 도 7의 (b), (c), (d)는 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 식각가스에서 공정 압력을 변화하여 식각한 시료들과 용액처리 후에 대한 SEM 이미지들이다.
- 도 8(a)는 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 혼합가스에서 농도변화에 대하여 생성되는 플라즈마내의 활성종들의 크기를 측정하는 그래프이다.
- 도 8(b)는 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 혼합가스에서 농도변화에 대하여 생성되는 플라즈마내의 각 활성종들의 Ar의 강도에

대한 비를 나타낸 그래프이다.

도 9는 식각전의 코발트 박막, 25% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$, 50% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$, 75% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$, 그리고 100% CH_3COCH_3 의 농도에서 식각된 코발트 박막의 표면에 대한 XPS 분석 결과이다.

도 10는 50 % $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 의 혼합가스를 사용하여 식각된 코발트 박막의 식각 프로파일로서 식각조건은 800 W ICP rf power, 400 V dc-bias voltage, 그리고 1.3 Pa 공정압력이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 다른 식으로 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용된 모든 기술적 및 과학적 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 숙련된 전문가에 의해서 통상적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로, 본 명세서에서 사용된 명명법은 본 기술분야에서 잘 알려져 있고 통상적으로 사용되는 것이다.
- [0032] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0033] 삭제
- [0034] 이하 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.
- [0035] 본 발명은, (a) 코발트 박막을 하드 마스크로 패터닝하고 식각하여 마스크하는 단계; (b) 아세톤 (CH_3COCH_3) 및 불활성 가스를 포함하는 혼합가스를 플라즈마화하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계에서 생성된 플라즈마를 이용하여 (a) 단계에서 마스크된 하드마스크를 이용하여 식각하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 코발트 박막의 식각방법을 개시한다.
- [0036] 상기 (a) 단계는, 일 예로서, 도 1에 나타난 바와 같이 먼저 하드 마스크(SiO_2 mask)/코발트 박막(Co)을 포토레지스트 마스크(PR mask)로 패터닝하여 상기 하드 마스크/코발트 박막을 마스크[도 1의(a)]하고, $\text{C}_2\text{F}_6/\text{Ar}$ 등의 가스를 플라즈마화한다. 그 이후 생성된 $\text{C}_2\text{F}_6/\text{Ar}$ 플라즈마를 이용하여 마스크된 하드마스크/코발트 박막에서 하드마스크를 식각한다[도 1의(b)]. 이후, 포토레지스트 마스크를 제거하기 위하여, 산소가스를 플라즈마화하고, 생성된 산소 플라즈마를 이용하여 박막에서 포토레지스트 마스크를 제거하여[도 1의(c)] 하드 마스크로 마스크된 코발트 박막을 수득한다. 이와 같이 포토레지스트 마스크가 제거된 박막에서 후술할 (b) 단계 및 (c) 단계를 거쳐 코발트 박막을 식각하게 된다[도 1의(d)].
- [0037] 상기 (a) 단계에서 사용되는 하드 마스크는 이산화규소(SiO_2), 질화규소(Si_3N_4), 이산화티타늄(TiO_2) 등의 세라믹 계열, Ti, TiN, Ta, W 등의 금속계열 및 비정질 카본(amorphous carbon) 중에서 선택된 하나일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 하드마스크는 본 발명의 식각가스에 대하여 느린 식각속도를 보이며 고식각선택도를 나타내내는 물질이면 만족하고, 구체적으로 이산화규소(SiO_2)인 것이 바람직하다.
- [0038] 상기 이산화규소 하드 마스크의 패터닝은 SiO_2 박막 위에 일반적인 포토레지스트를 이용하여 리소그래피공정에 의하여 패터닝한 후에 $\text{C}_2\text{F}_6/\text{Ar}$ 등의 가스에 의하여 식각하여 형성된다. 25 vol% ~ 30 vol% C_2F_6 의 농도에서 식각된 SiO_2 박막은 약 85° 이상의 수직적인 식각경사를 얻을 수 있다.
- [0039] 상기 (b) 단계는, 보다 상세하게는 상기 (a) 단계에 의해 하드 마스크 패터닝이 형성된 코발트 박막을 식각하기 위한 식각 가스를 플라즈마화 하는 단계에 해당한다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 혼합가스내 불활성 가스는 He, Ne, Ar 및 N_2 로 구성된 군에서 선택되는 1종 이상 일 수 있으며, 혼합가스의 20~75vol% 일 수 있다.
- [0041] 종래의 식각 가스로서 순수한 불활성 가스(e.g. 아르곤 가스)만을 사용한 경우에는 아르곤 이온에 의한 물리적 식각이 이루어지기 때문에 식각된 코발트 박막 주변에 다량의 재증착 물질이 생성되는 등의 문제점이 있었다.
- [0042] 이에, 본 발명의 실시예는 코발트 박막의 식각 가스로 아세톤 (CH_3COCH_3) 가스를 추가적으로 포함한 혼합가스를 사용함으로써, 식각 후 코발트 박막 주변에 부산물의 재증착을 억제하고, 재증착이 일어나더라도 쉽게 제거될

수 있는 장점을 가지고 있다.

- [0043] 본 발명의 바람직한 일 실시예에서, 상기 혼합가스내 아세톤 (CH_3COCH_3) 가스의 농도는 25~80 vol% 일 수 있고, 바람직하게는 30~60 vol%일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. CH_3COCH_3 의 농도가 25% 미만인 경우에는 Ar 가스의 양이 너무 많아서 코발트 박막에 대한 스퍼터링 식각효과가 강하게 나타나서 식각된 코발트박막의 측면에 재증착으로 생성되어 클리닝 용액으로도 제거되지 않는다. 반면에 CH_3COCH_3 농도가 80 % 초과인 경우 CH_3COCH_3 의 양에 따라서 식각대신에 박막이 증착될 수가 있다.
- [0044] 삭제
- [0045] 이후, (c) 단계에서는 상기 (b) 단계에서 생성된 플라즈마를 이용하여 (a) 단계의 마스크된 코발트 박막을 식각을 수행한다.
- [0046] 상기 마스크된 코발트 박막의 식각은 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온식각법, 반응성 이온 식각법, 증기 식각법 (vapor etching), 원자층 식각법 (atomic layer etching) 및 펄스 모듈레이트된(pulse-modulated) 고밀도 플라즈마 반응성 이온 식각법으로 구성된 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행될 수 있다.
- [0047] 상기 식각법은 고밀도 플라즈마 발생이 가능하면서 기관쪽에 독립적인 RF power가 연결되어서 기관에 바이어스 전압을 인가할 수 있고, 이에 따라 이온들의 기관에 대한 고에너지의 충돌이 가능하며, 이때 끊어진 화학결합들은 플라즈마 내부에서 내려오는 라디칼과 화학반응을 일으켜서 식각이 진행된다. 또한, 화학반응에 의한 반응생성물의 휘발성이 약하면 식각된 측면에 재증착이 발생하는 데, 이때 이온들의 기관에 대한 물리적 스퍼터링이 재증착물질들이 탈착되는 것을 돕는 역할을 한다.
- [0048] 특히 고밀도 플라즈마 이온식각법은 외부 코일에 가하는 전력이 챔버 내부의 발생된 플라즈마 내 전자에 에너지를 전달함으로써 고밀도의 플라즈마를 얻게 되는 것으로, 식각 속도가 빠르며 이온 충격에 의한 손상이 없다는 장점이 있다.
- [0049] 이때, 상기 코발트 박막이 로딩된 식각 기관의 온도는 10 °C ~ 20 °C로, 본 발명에서는 코발트 박막 식각시에 식각 기관을 가열하는 구성이 필요하지 않으며, 식각 기관에 10 °C ~ 20°C인 쿨링 유체를 적용하여 저온에서 식각이 수행될 수 있다.
- [0050] 종래 식각방법과 같이 식각 기관을 150 °C 이상으로 가열해야 한다면, 우선 기관 아래에 O-ring 등의 진공 씰(seal)을 사용할 수가 없어서 특별한 구조의 기관 이 구비되어야 함에 따라 장비의 단가가 증가되는 단점이 있으며, 또한 기관이 150 °C의 고온으로 상당 시간 동안 가열되어야 하므로, 기관 위에 이미 증착되거나 패턴/식각되어 있는 물질들의 확산을 유발시켜서 원치 않는 물질(원소)들이 박막층의 위 또는 아래로 이동하여 소자의 특성을 변질시키거나 저하시키는 원인이 될 수 있다.
- [0051] 삭제
- [0052] 상기 (c) 단계를 수행함에 있어, 코일 고주파 전력 (ICP rf power)은 700 W~900 W이 바람직하며, 700 W보다 낮으면 식각속도가 너무 느리고 식각 대신에 폴리머 증착이 발생할 수 있고, 900 W보다 크면 측면에 거칠기가 증가하는 문제점이 있다.
- [0053] 또한 DC-bias 전압은 200 ~ 400 V가 바람직하다. DC-bias 전압이 200 V 미만인 경우 식각하는 시료에 전체적으로 인가되는 전압이 낮아 플라즈마화로 생성된 이온, 라디칼 등이 시료에 전달되는 양이 적어질 뿐만 아니라, 특히 이온의 느린(약한) 가속으로 인하여 식각은 되지만 느린 식각 속도와 비교적 낮은 식각 경사의 패턴이 얻어지며 식각 측면에 폴리머 증착이 발생될 수 있고, 400 V를 초과하는 높은 DC-bias 전압은 식각 속도 및 식각 경사가 향상될 수 있지만, 박막에 가해지는 이온 충격에 의한 식각재증착이 발생할 수 있으며 동시에 박막에 식각손상(etch damage)이 발생하여 향후 제조되는 소자의 전기적 특성이 열화되는 문제가 발생될 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 혼합가스는 0.13 ~ 2.0 Pa 범위의 공정 압력으로 주입하는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 0.13 ~ 1.3 Pa 범위이며, 공정 압력이 0.13 Pa 보다 낮으면 플라즈마가 불안정해 질 수가 있으며 평균자유행로가 커져 이온 및 라디칼들이 코발트 박막과 물리적 충돌이 증가하여 박막 측면에 재증착의 발생이 증가할 수가

있다. 공정 압력이 2.0 Pa 보다 높으면 플라즈마 내 이온, 라디칼 등의 양이 상대적으로 많아지나, 이들의 평균 자유행로가 작아져 물리적 충돌이 빈번하게 발생됨에 따라 궁극적으로 느린 식각 속도를 얻게된다.

[0055] 본 발명의 실시예에 따른 의한 코발트 박막 식각방법에 따르면, 하드마스크가 이산화규소이면 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 0.65 내지 1.1일 수 있고, 하드마스크가 Ti이면, 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 2 내지 6.3 일 수 있다.

[0056] 삭제

[0057] 또한 본 발명은 상기와 실시예에 따른 코발트 박막의 식각방법으로 제조되는 것을 특징으로 하는 코발트 박막을 개시한다.

[0058] 상기와 같이 제조된 코발트 박막은 식각 과정에서 재증착이 억제되어, 재증착이 발생하더라도 식각후 용액처리 에 의해 간단히 제거될 수 있으며, 80도 이상의 우수한 식각 각도를 보유할 수 있다.

[0059] 삭제

[0060] 이하 실시예 및 비교예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나, 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

[0061] **실험예 1. 식각 가스내 CH_3COCH_3 의 농도에 따른 식각속도 및 식각선택도**

[0062] 삭제

[0063] **실시예 1.**

[0064] SiO_2 하드 마스크로 마스크링된 코발트 박막(두께 100 nm)을 ICP coil과 120 mm 떨어진 곳에 위치시키고, 식각 가스인 아세톤(CH_3COCH_3) 가스와 아르곤(Ar) 가스의 혼합가스를 0.67 Pa의 공정압력으로 주입하면서 800 W의 코일 고주파 전력(ICP rf power)과 300 V의 DC 바이어스 전압을 가하여 플라즈마를 형성하는 방법으로 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 식각하였다. 이때, 상기 혼합가스의 비율은 하기 표 1과 같이 정리될 수 있다.

[0065] **실시예 2 내지 7 및 비교예 1.**

[0066] 실시예 1과 동일한 방법으로 코발트 박막을 식각하되, 하드 마스크의 마스크링 소재 및 식각 가스의 성분 비율을 하기 표 2에 기재된 조건으로 대체하여 코발트 박막을 식각하였다.

표 2

[0067]

구분	하드마스크 소재	ICP rf Power (W)	DC 바이어스 전압 (V)	공정 압력 (Pa)	식각 가스	
					CH_3COCH_3 (vol%)	Ar (vol%)
비교예 1	SiO_2	800	300	0.67	-	100
실시예 1	SiO_2	800	300	0.67	25	75
실시예 2	SiO_2	800	300	0.67	50	50
실시예 3	SiO_2	800	300	0.67	75	25
실시예 4	SiO_2	800	300	0.67	100	-
실시예 5	Ti	800	300	0.67	25	75
실시예 6	Ti	800	300	0.67	50	50
실시예 7	Ti	800	300	0.67	75	25

[0068] 상기 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 식각한 후 코발트 박막

과 SiO₂ 하드 마스크의 식각속도 및 SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 도 2와 같이 나타났다.

[0069] 도 2에 따르면, CH₃COCH₃의 농도가 증가하면서 코발트 박막(Co)과 SiO₂ 하드마스크(SiO₂)의 식각속도가 동시에 점진적으로 감소하였으며, 또한 SiO₂ 하드마스크의 식각속도가 코발트 박막의 식각속도 보다 더 빠르므로, SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 0.65~0.95의 값이 얻어졌다.

[0070] 삭제

[0071] 한편, 상기 실시예 5 내지 실시예 7에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 식각한 후 코발트 박막과 티타늄 하드 마스크의 식각속도 및 티타늄 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 도 3과 같이 나타났다.

[0072] 도 3에 따르면, CH₃COCH₃의 농도가 증가하면서 코발트 박막과 Ti 하드마스크의 식각속도가 동시에 점진적으로 감소하였으며, 또한 코발트 박막의 식각속도가 Ti 하드마스크의 식각속도보다 더 빠르므로, Ti 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 2~6.3의 값이 얻어졌다.

[0073] 본 실험예에 따르면, CH₃COCH₃ 가스가 증가함에 따라서 식각속도가 감소하는 것으로 나타나고 있으며, 이는 전형적인 반응성 이온 식각 메커니즘을 따르지 않은 것으로 해석될 수 있다. 이는 순수 아르곤 가스에 CH₃COCH₃ 가스가 첨가되어 코발트 박막위에 C를 함유하는 코발트 화합물이 증착되며, -O기에 의하여 표면에 산화막이 형성되어 전반적인 박막의 식각속도는 감소된 것으로 판단된다.

[0074] 삭제

[0075] 실험예 2. 식각 가스내 할로젠을 함유하는 가스의 농도에 따른 코발트 박막 표면상태 분석

[0076] 상기 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 식각한 후, NH₄OH:H₂O₂:DI water들의 부피비가 1:1:5로 제조된 용액을 이용하여, 식각 후에 상온에서 20분간 용액처리한 다음 SEM 사진을 촬영하였으며, 그 결과는 도 4와 같이 나타났다.

[0077] 보다 상세하게는, (a)는 순수 Ar(비교예 1), (b)는 25% CH₃COCH₃/Ar(실시예 1), (c)는 50% CH₃COCH₃/Ar(실시예 2), (d)는 75% CH₃COCH₃/Ar(실시예 3), (e)는 100% CH₃COCH₃(실시예 4) 식각 가스에 의해 식각된 박막이다.

[0078] 도 4에 따르면 비교예 1의 경우 패터닝 측면으로 상당한 재증착이 형성된 것이 관찰되며 이는 아르곤 이온들이 코발트 박막에 대하여 물리적 스퍼터링에 의한 결과로 해석된다. 실시예 1 내지 실시예 4의 경우 식각된 코발트 박막의 측면 재증착은 모든 농도에서 존재하였으며, 이 재증착은 용액처리를 통해 제거되었다. 코발트 박막의 경사는 실시예 2에서 가장 좋게 나타났다.

[0079] 삭제

[0080] 실험예 3. 식각공정 중 ICP rf power 변화에 따른 코발트 식각 성능 확인

[0081] 실험예 3-a. 식각 속도 및 식각선택도

[0082] 실시예 8 및 실시예 9.

[0083] 실시예 2와 동일한 방법으로 코발트 박막을 식각하되, ICP rf power를 하기 표 3에 기재된 조건으로 대체하여 코발트 박막을 식각하였다.

표 3

[0084]

구분	ICP rf Power (W)	DC 바이어스 전압 (V)	공정 압력 (Pa)	식각 가스	
				CH ₃ COCH ₃ (vol%)	Ar (vol%)
실시예 2	800	300	0.67	50	50
실시예 8	700	300	0.67	50	50

실시예 9	900	300	0.67	50	50
-------	-----	-----	------	----	----

[0085] 상기 실시예 2, 실시예 8 및 실시예 9에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 식각한 후, 코발트 박막과 SiO₂ 하드 마스크의 식각속도 및 SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 도 5(a) 같이 나타났다.

[0086] 상기 도 5(a)에 따르면, ICP rf power가 증가할수록 코발트와 SiO₂의 식각속도는 거의 직선적으로 증가하였다. SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 약 1로 얻어졌다.

[0087] 실험예 3-b. 박막 표면상태 분석

[0088] 상기 실시예 2, 실시예 8 및 실시예 9에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을, NH₄OH:H₂O₂:DI water들의 부피비가 1:1:5로 제조된 용액을 이용하여, 식각 후에 상온에서 20분간 용액처리한 다음 SEM 사진을 촬영하였으며, 그 결과는 도 5(b) 내지 도 5(d)와 같이 나타났다.

[0089] 보다 상세하게는 (b)는 700 W의 ICP rf power(실시예 8), (c)는 800 W ICP rf power(실시예 2), (d)는 900 W ICP rf power(실시예 9)에서 식각된 코발트 박막의 식각프로파일이다.

[0090] 상기 도 (b) 내지 (d)에 따르면 식각프로파일 측면에서는 모든 rf power 조건에서 용액처리를 통해 모든 재증착이 제거 되었으며 실시예 2에서 식각 경사도가 가장 좋았다.

[0091] 일반적으로 ICP rf power가 증가하면 반응기내의 플라스마 밀도가 증가하게 되어 더 많은 라디칼과 더 많은 양 이온들이 생성되어서 박막들의 식각속도들은 증가하게 되며 식각 프로파일의 이방성(anisotropy)에도 도움이 된다. 그러나 식각 메카니즘이 반응성 이온 식각 메카니즘을 따르지 않는 경우에는 재증착의 발생할 수가 있다.

[0092] 삭제

[0093] 실험예 4. 식각공정 중 DC-bias voltage 변화에 따른 코발트 식각 성능 확인

[0094] 실험예 4-a. 식각 속도 및 식각선택도

[0095] 실시예 10 및 실시예 11.

[0096] 실시예 2와 동일한 방법으로 코발트 박막을 식각하되, DC-bias voltage를 하기 표 4에 기재된 조건으로 대체하여 코발트 박막을 식각하였다.

표 4

[0097]

구분	ICP rf Power (W)	DC 바이어스 전압 (V)	공정 압력 (Pa)	식각 가스	
				CH ₃ COCH ₃ (vol%)	Ar (vol%)
실시예 2	800	300	0.67	50	50
실시예 10	800	200	0.67	50	50
실시예 11	800	400	0.67	50	50

[0098] 상기 실시예 2, 실시예 10 및 실시예 11에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 식각한 후, 코발트 박막과 SiO₂ 하드 마스크의 식각속도 및 SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 도 6(a) 같이 나타났다.

[0099] 상기 도 6(a)에 따르면 dc-bias voltage가 200 V에서 400 V로 증가함에 따라서 코발트박막의 식각속도는 점진적으로 증가하였으며 SiO₂ 하드 마스크의 식각속도는 200 V에서 300 V로 증가함에 따라서 증가하였다. SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 약 0.6에서 1.1의 범위에서 변화하였다.

[0100] 실험예 4-b. 박막 표면상태 분석

[0101] 상기 실시예 2, 실시예 10 및 실시예 11에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 NH₄OH:H₂O₂:DI water들의 부피비가 1:1:5로 제조된 용액을 이용하여, 식각 후에 상온에서 20분간 용액처리한 다음 SEM 사진을 촬영하였으

며, 그 결과는 도 6(b) 내지 도 6(d)와 같이 나타났다.

[0102] 보다 상세하게는 (b)는 200 V의 DC-bias voltage(실시에 10), (c)는 300 V의 dc-bias voltage(실시에 2), (d)는 400 V의 DC-bias voltage(실시에 11)에서 식각된 코발트 박막의 식각프로파일이다.

[0103] 상기 도 6(b) 내지 도 6(d)를 살펴보면, 모든 DC-bias voltage의 조건들에서 식각된 코발트 박막 측면의 재증착이 용액처리로 인해 제거되었으며, 식각 경사도의 경우 dc-bias voltage가 증가하면서 향상 되어 실시에 11에서 가장 우수하게 나타났다.

[0104] dc-bias voltage가 증가하면 플라즈마내의 양이온들이 더 큰 에너지로 기판쪽으로 끌려와서 강하게 충돌하게 되어 박막이 제거되거나 표면에 남아 있는 식각생성물들이 제거된다. 표면의 화학반응이 동반되면서 기판에 강한 충돌이 발생하여 400 V 조건에서는 재증착이 더욱 깨끗하게 제거되는 것으로 해석된다.

[0105] 삭제

[0106] **실험예 5. 식각공정 중 공정 압력 변화에 따른 코발트 식각 성능 확인**

[0107] **실험예 5-a. 식각 속도 및 식각선택도**

[0108] **실시에 12 및 실시에 13.**

[0109] 실시에 2와 동일한 방법으로 코발트 박막을 식각하되, 식각 가스를 주입할 때의 공정 압력을 하기 표 5에 기재된 조건으로 대체하여 코발트 박막을 식각하였다.

표 5

구분	ICP rf Power (W)	DC 바이어스 전압 (V)	공정 압력 (Pa)	식각 가스	
				CH ₃ COCH ₃ (vol%)	Ar (vol%)
실시에 2	800	300	0.67	50	50
실시에 12	800	300	0.13	50	50
실시에 13	800	300	1.3	50	50

[0111] 상기 실시에 2, 실시에 12 및 실시에 13에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 식각한 후, 코발트 박막과 SiO₂ 하드 마스크의 식각속도 및 SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트 박막의 식각선택도는 도 7(a) 같이 나타났다.

[0112] 상기 도 7(a)에 따르면, 코발트 박막의 식각속도는 압력이 0.13 Pa에서 1.3 Pa로 증가함에 따라서 다소 감소하였으며, SiO₂의 식각속도 또한 압력 감소에 따라서 감소하였다. SiO₂ 하드마스크에 대한 코발트박막의 식각선택도는 약 0.8에서 1.1사이에서 변화하였으며 0.67 Pa의 공정 압력(실시에 2)에서 가장 큰 값을 보였다.

[0113] **실험예 5-b. 박막 표면상태 분석**

[0114] 상기 실시에 2, 실시에 12 및 실시에 13에 따라 하드 마스크로 패터닝된 코발트 박막을 NH₄OH:H₂O₂:DI water들의 부피비가 1:1:5로 제조된 용액을 이용하여, 식각 후에 상온에서 20분간 용액처리한 다음 SEM 사진을 촬영하였으며, 그 결과는 도 7(b) 내지 도 7(d)와 같이 나타났다.

[0115] 보다 상세하게는 (b)는 0.13 Pa(실시에 12), (c)는 0.67 Pa(실시에 2), (d)는 1.3 Pa(실시에 13)에서 식각된 코발트 박막의 식각프로파일이다.

[0116] 상기 도 7(b) 내지 도 7(d)에 따르면, 실시에 12의 경우 코발트 박막의 측면에 재증착이 다량 발생하여 완전히 제거되지 않은 반면 실시에 13의 경우 측면에 재증착이 관찰되었으나 용액처리를 통해 깨끗이 제거되었다.

[0117] 실시에 2 및 실시에 12의 경우에는 식각 측면이 다소 거칠었고, 식각 경사도의 경우 실시에 13에서 가장 좋았다.

[0118] 이러한 결과는 일반적으로 0.13 Pa의 저압에서는 mean free path가 크게 증가하여 플라즈마 내에서 생성된 라디칼이나 이온들이 충돌 없이 효과적으로 박막표면에 도달하게 되어 더 많은 라디칼과 이온들이 박막 표면과 화학반응 및 스퍼터링 등과 같은 반응에 참여하게 되어 식각속도가 증가되나 박막 측면에 재증착 물질은 증가하게

되며 식각 프로파일의 이방성은 증가하여 보다 수직적인 식각 프로파일이 관찰되는 것으로 해석된다.

[0119] 삭제

[0120] **실험예 6. 식각공정 중 플라즈마내 활성종의 크기 확인**

[0121] 도 8(a)는 플라즈마내 여러 가지 활성종의 크기들을 CH_3COCH_3 의 농도가 증가함에 따라서 비교한 것이고 도 8(b)는 Ar의 강도에 대한 각 활성종의 비를 나타낸 그래프이다.

[0122] 상기 도 8(a)에 따르면 $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 혼합가스에서 플라즈마 내의 여러 가지 활성종 (active species) 가운데서 [H], [C], [OH], [O], [CO] 그리고 [CH] 순으로 intensity가 높으며 CH_3COCH_3 농도가 증가함에 따라서 각 활성종의 intensity는 증가하다가 포화된다.

[0123] 한편 상기 도 8(b)에 따르면, CH_3COCH_3 농도가 증가하고 Ar 농도가 감소함에 따라서 혼합가스의 플라즈마 밀도는 증가하는 것으로 판단된다. 결론적으로 플라즈마 내의 각 활성종들이 코발트 박막이 일부 반응하여 코발트 화합물들이 생성되고 이들의 휘발성은 낮은 것으로 판단된다.

[0125] **실험예 10. 식각 전후의 코발트 박막 표면에 대한 XPS 분석**

[0126] 식각 전의 코발트 박막, 및 실시예 1 내지 실시예 4에 따라 식각된 코발트 박막의 표면에 대한 XPS 분석 결과는 도 9(a) 내지 도 9(c)와 같이 나타났다.

[0127] 보다 상세하게는 도 9(a)는 Co 2p, 도 9(b)는 O 1s, 도 9(c)는 C 1s의 peak에 대한 narrow scan 결과이다.

[0128] 상기 도 9(a)를 살펴보면, 식각 전의 코발트 박막의 표면이 일부 CoO로 산화되어 있으며 CH_3COCH_3 가스로 식각한 후에는 코발트 박막의 표면에서 $\text{Co}(\text{acac})_3$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, CoO 와 Co_2C 의 화합물이 생성된 것으로 판단된다. CH_3COCH_3 의 농도가 증가함에 따라 $\text{Co}(\text{acac})_3$ 와 Co_2C 의 코발트 화합물의 양이 증가하였다. 이는 재증착 물질에 Co_2C 가 포함되어 있으며 휘발성이 비교적 높은 $\text{Co}(\text{acac})_3$ 와 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 의 생성으로 코발트 박막이 식각 된다고 판단할 수 있다.

[0129] 상기 도 9(b)를 살펴보면, 식각 전의 코발트 박막표면에서 코발트 산화물이 관찰되지 않았으며 25% $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 농도에서 식각한 코발트 박막(실시예 2)에서는 $\text{Co}(\text{acac})_3$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, CoO의 코발트 화합물의 생성이 확인되었다. CH_3COCH_3 농도가 증가함에 따라서 CoO 산화물과 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 화합물은 다소 감소한 반면에 $\text{Co}(\text{acac})_3$ 는 다소 증가한 것으로 관찰되었다.

[0130] 상기 도 9(c)를 살펴보면, 코발트 박막이 $\text{CH}_3\text{COCH}_3/\text{Ar}$ 가스로 식각되면, 코발트 박막의 표면에 Co_2C 화합물이 생성 되는 것이 관찰된다. CH_3COCH_3 의 농도가 증가 할수록 Co_2C 의 생성이 증가하는 것을 통해 재증착 물질에 Co_2C 가 포함되어 있음을 확인할 수 있다.

[0131] 이는 코발트 박막의 식각속도를 감소시키는 원인이 되지만 식각되는 박막의 측면에 일종의 보호막을 형성하여 수직적인 이방성 식각을 증대시켜서 식각경사가 증가하는 요인이 된다.

[0132] **실시예 14.**

[0133] 실시예 2와 동일한 방법으로 코발트 박막을 식각하되, 상기 실험예에서 나타난 최적의 조건인 800 W ICP rf power, 400 V dc-bias voltage, 그리고 1.3 Pa 공정압력 환경에서 코발트 박막을 식각하였다.

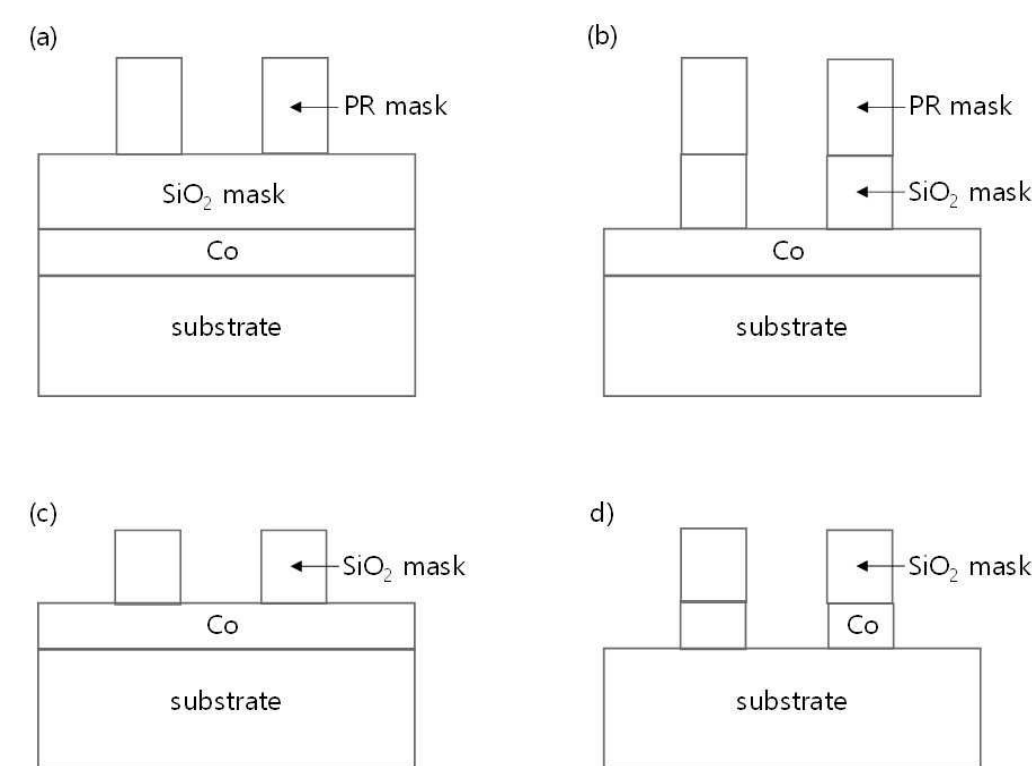
[0134] 상기 실시예 14를 $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{DI water}$ 들의 부피비가 1:1:5로 제조된 용액을 이용하여, 식각 후에 상온에서 20분 간 용액처리한 다음 SEM 사진을 촬영하였으며, 이는 도 10과 같이 나타났다.

[0135] 도 10에 따르면, 최적의 식각 변수들을 조합하여 식각해본 결과 약 81도의 높은 경사도를 확보할 수 있었다.

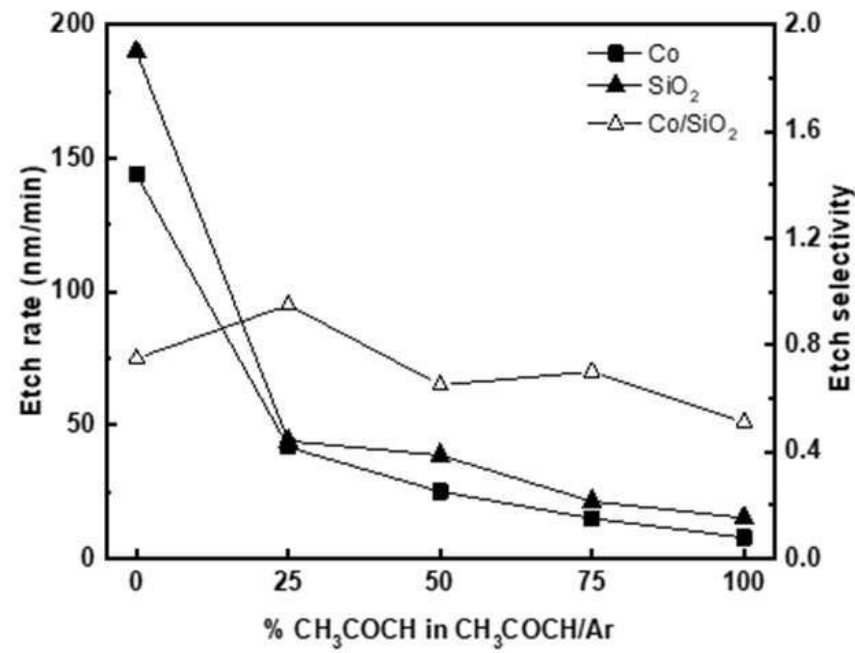
[0136] 상기와 같이 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

도면

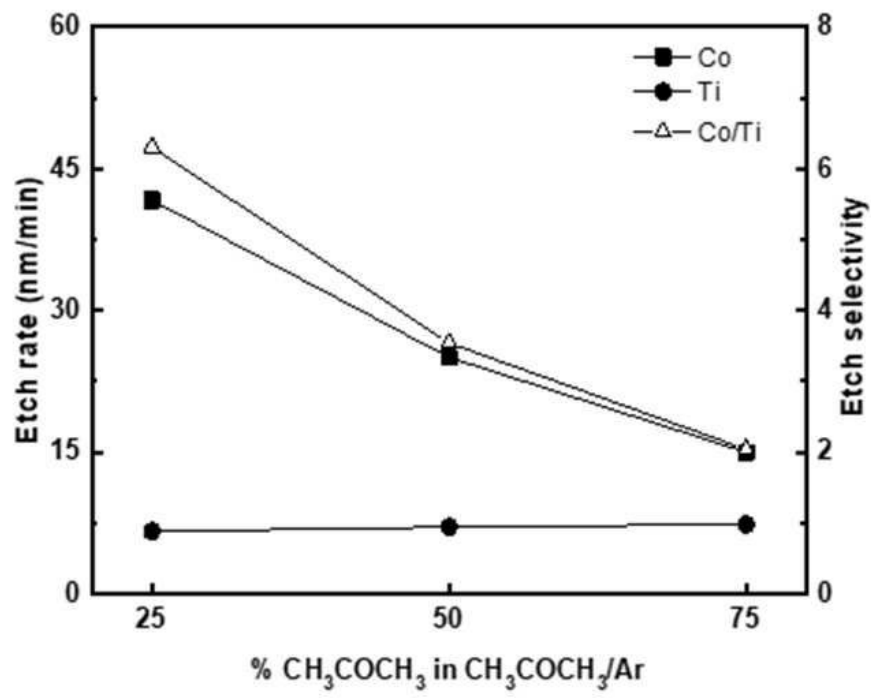
도면1



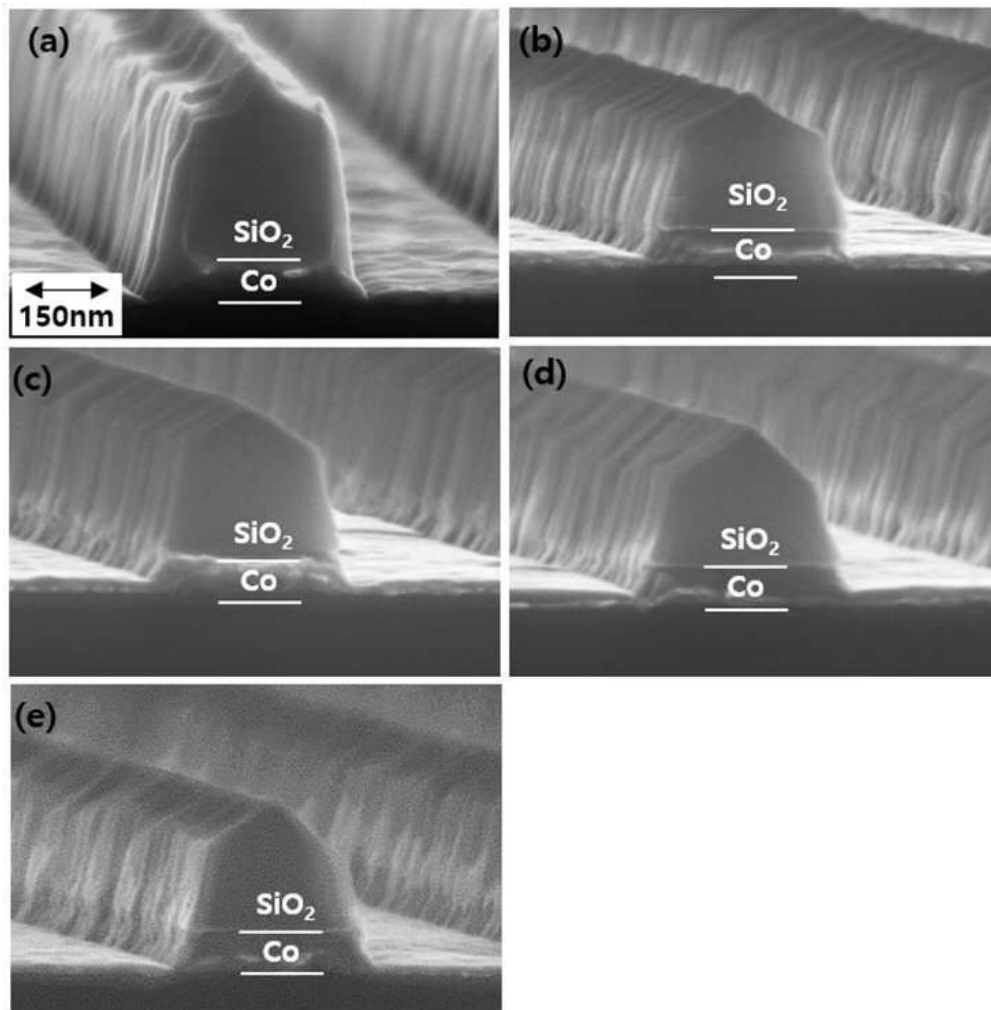
도면2



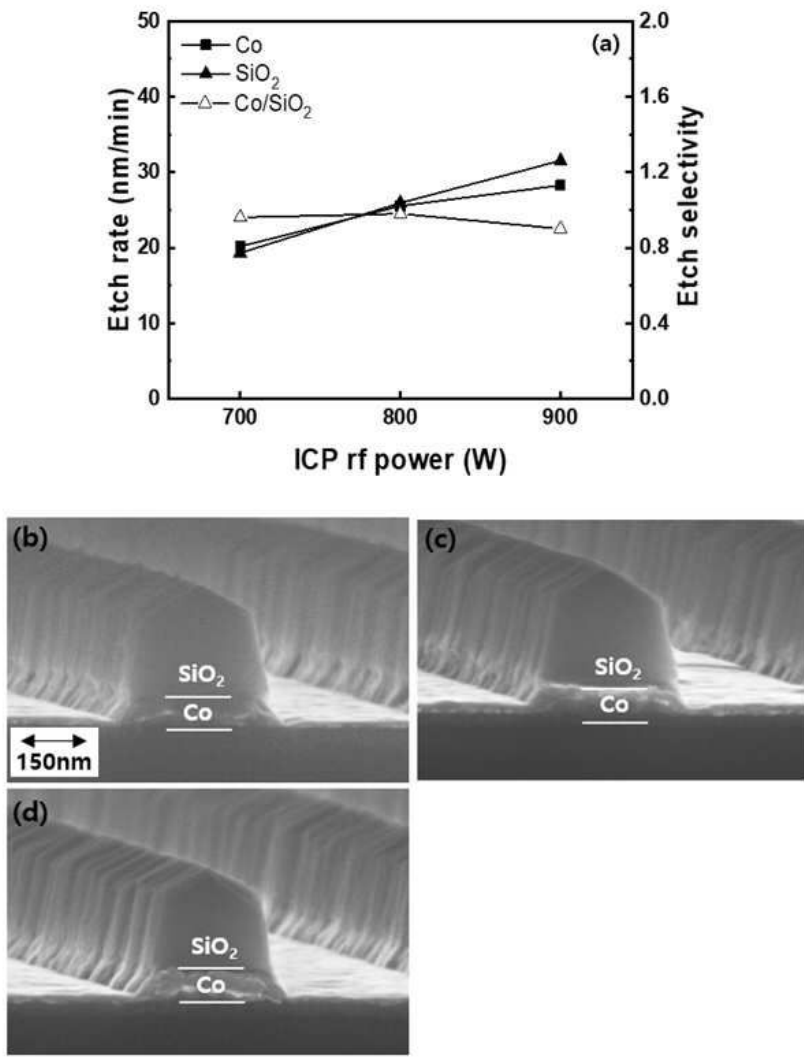
도면3



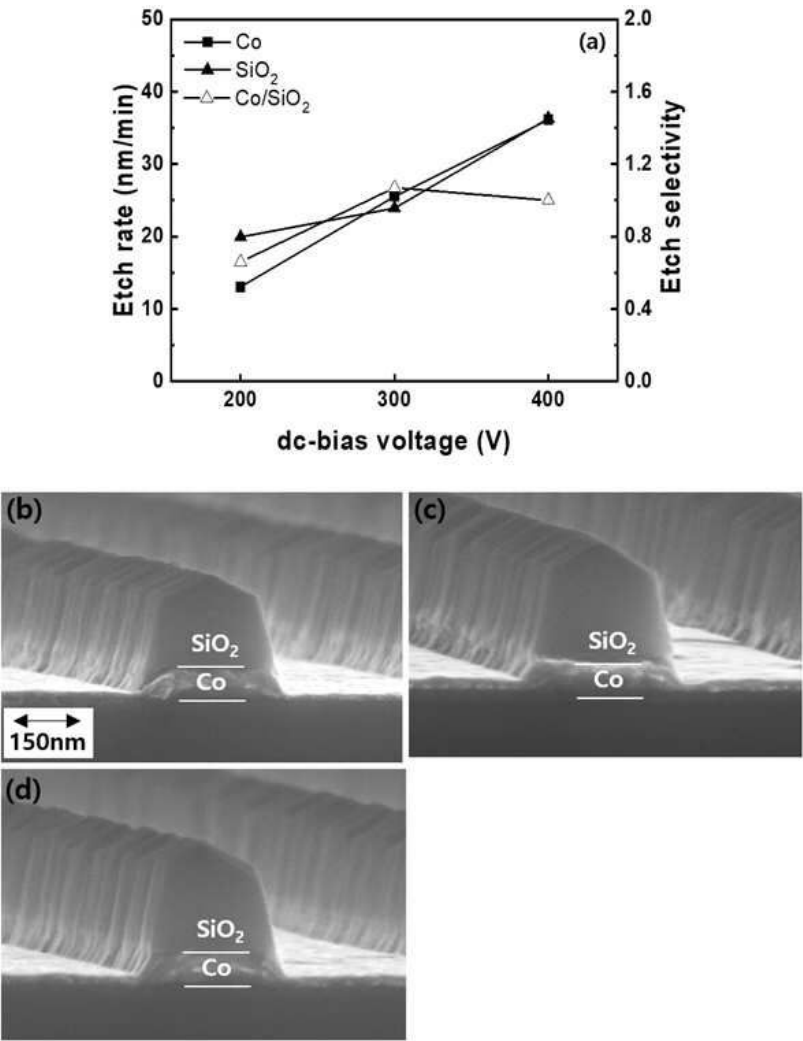
도면4



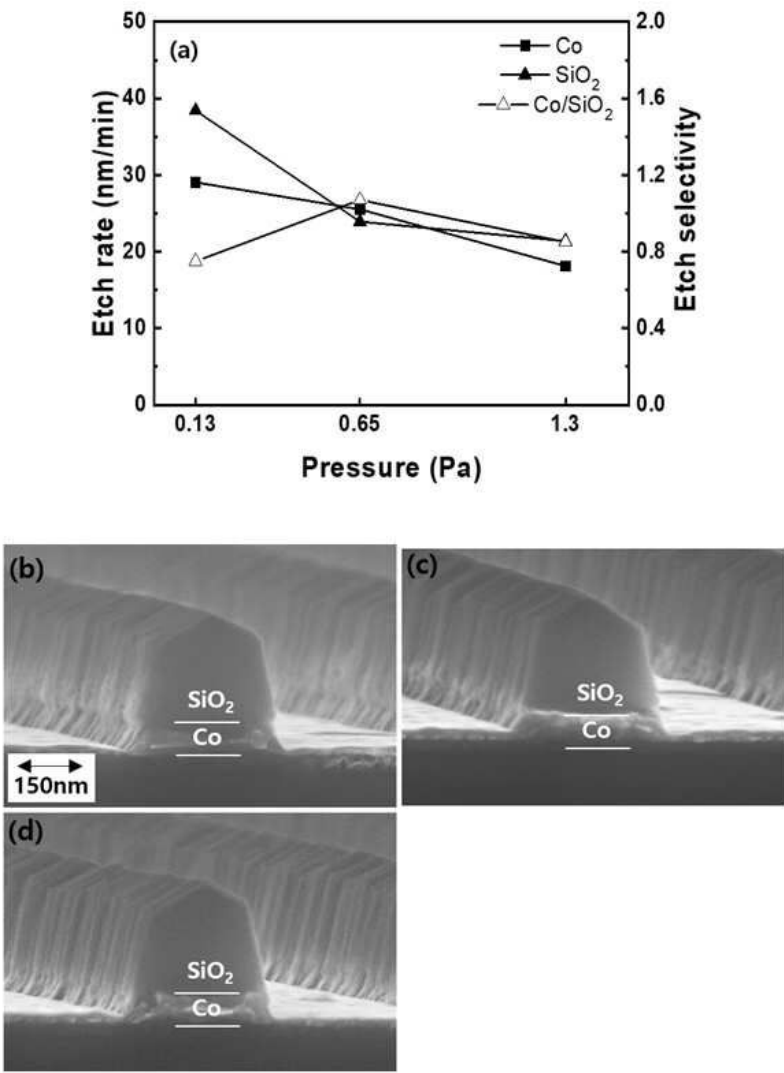
도면5



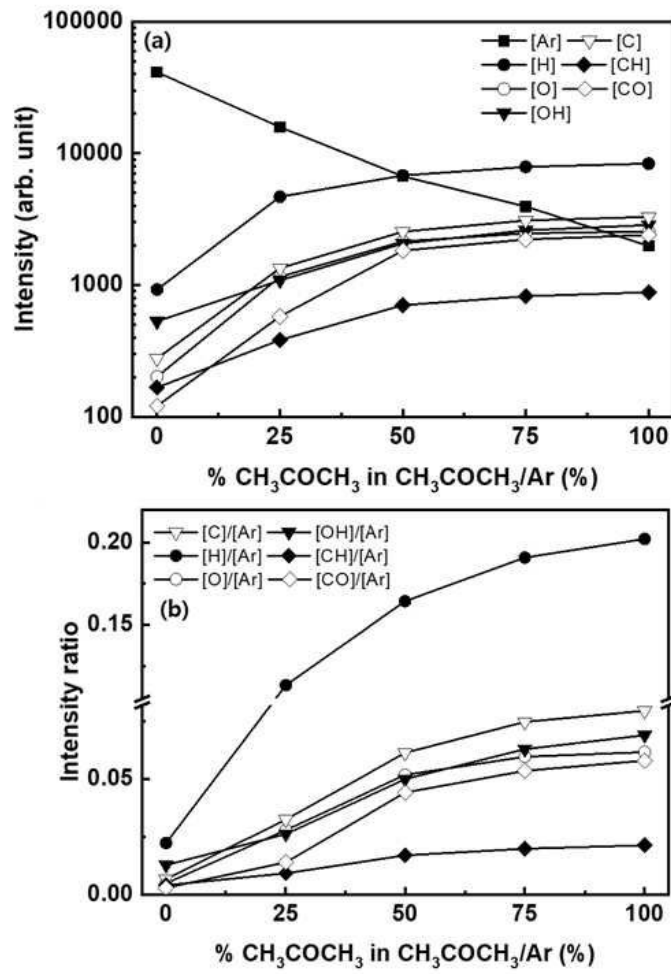
도면6



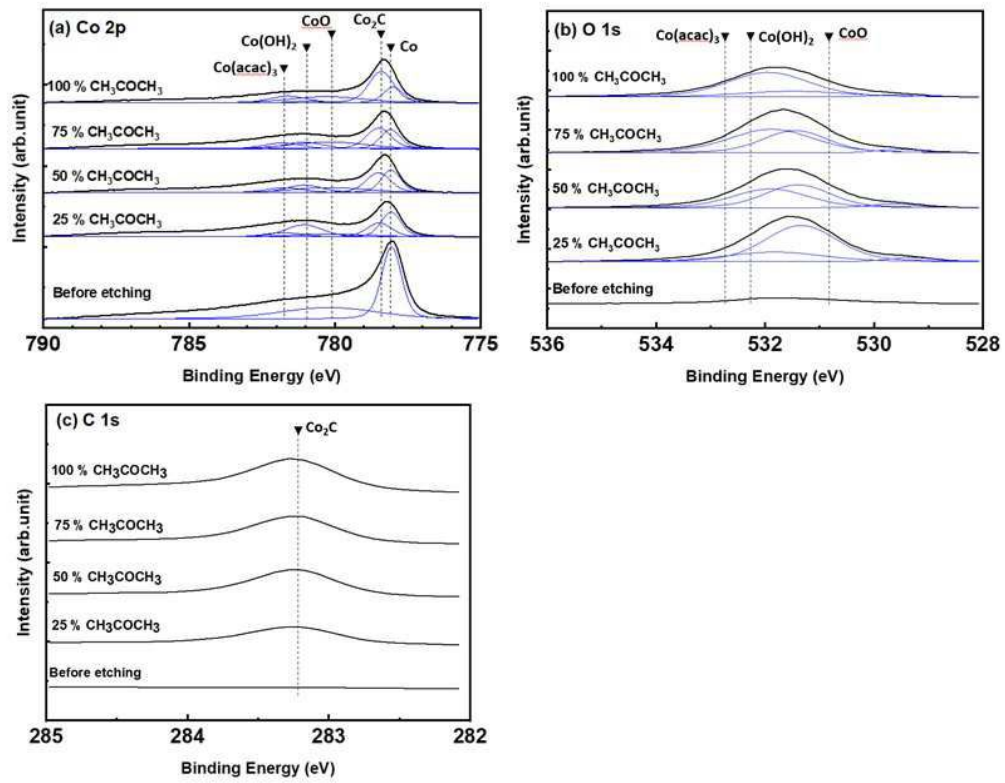
도면7



도면8



도면9



도면10

