



(51) 국제특허분류:

H01L 21/3213 (2006.01) C23G 1/12 (2006.01)

H01L 21/3205 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2021/006431

(22) 국제출원일:

2021년 5월 24일 (24.05.2021)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2020-0065912 2020년 6월 1일 (01.06.2020) KR

(71) 출원인: 인하대학교 산학협력단 (INHA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 22212 인천시 미추홀구 인하로 100, Incheon (KR).

(72) 발명자: 정지원 (CHUNG, Chee Won); 08018 서울시 양천구 목동동로 130, 1408-1201, Seoul (KR). 임은택 (LIM, Eun Taek); 06698 서울시 서초구 효령로2길 29-10, B01, Seoul (KR).

(74) 대리인: 특허법인 공간 (GHONG-GAN INTERNATIONAL PATENT LAW FIRM); 06224 서울시 강남구 논현로 412, 402호, Seoul (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

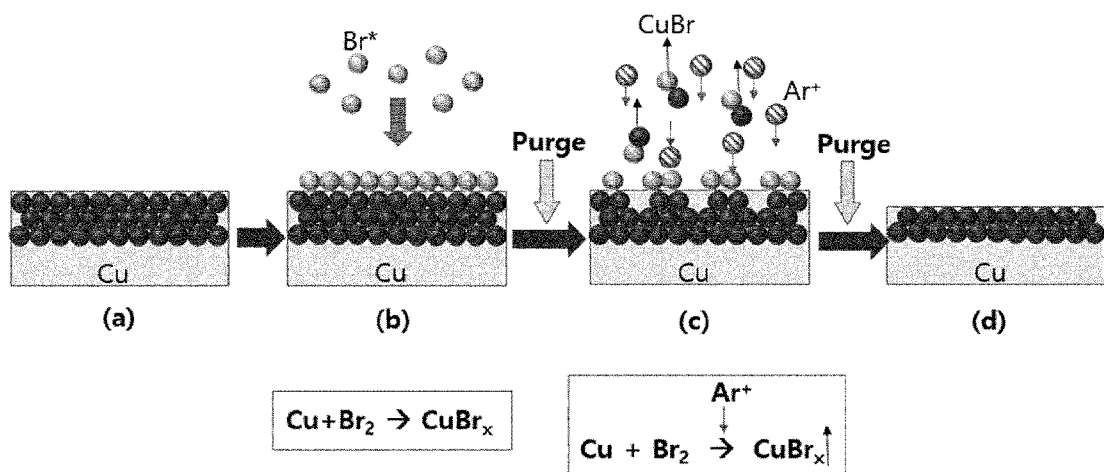
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: DRY ETCHING METHOD FOR COPPER THIN FILM

(54) 발명의 명칭: 구리 박막의 건식 식각방법



(57) Abstract: The present invention relates to a dry etching method for a copper thin film and, more specifically, to a dry etching method for a copper thin film, comprising: a first step of forming a copper halide layer on a copper thin film by exposing the copper thin film to a reactive gas containing a halogen element having not been plasmacized; and a second step of supplying plasmacized inert gas or an inert gas mixture so as to remove the copper halide layer.

(57) 요약서: 구리 박막의 건식 식각방법에 관한 것으로서, 상세하게는 구리 박막을 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스에 노출시켜, 구리 박막 상에 구리 할로겐화물층을 형성하는 제1 단계; 및 상기 제1 단계 후, 플라즈마화된 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물을 공급하여, 구리 할로겐화물층을 제거하는 제2 단계를 포함하는, 구리 박막의 건식 식각방법에 관한 것이다.

명세서

발명의 명칭: 구리 박막의 건식 식각방법

기술분야

- [1] 본 발명은 구리 박막의 건식 식각방법에 관한 것으로서, 상세하게는 구리 박막의 식각에 있어서 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스를 이용하고 일련의 식각 과정을 순환 반복함으로써, 식각 잔류물 및 재증착 없이 구리 박막을 효과적으로 식각하는, 구리 박막의 건식 식각방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 알루미늄은 실리콘 산화막(Silicon Dioxide)과 부착성이 좋고 가공성이 뛰어나 반도체 장비의 배선 재료로 주로 사용되었다.
- [3] 그러나 반도체 장비의 작동 속도 향상, 작동 전력 감소 등 성능 향상을 위해 소자의 미세선평폭(critical dimension)이 수 나노미터(nm)로 축소됨에 따라 알루미늄 배선을 통해 흐르는 전류 밀도가 증가되어, 기존의 알루미늄으로 제작되는 금속 배선의 경우 높은 전류 밀도에서 열악한 전자이동 특성으로 인해 소자의 신뢰성이 저하된다.
- [4] 이에, 알루미늄을 대체할 배선 재료로 알루미늄과 비교하여 저항이 매우 낮고, 와이어 변형 및 파손을 일으키는 일렉트로마이그레이션(electromigration) 현상이 낮은 구리가 사용된다.
- [5] 구리는 알루미늄과 비교하여 낮은 비저항 값을 갖기 때문에 반도체 소자의 정보 처리 속도 측면에서 유리할 뿐만 아니라(Al: $2.7 \mu\Omega\text{cm}$, Cu: $1.7 \mu\Omega\text{cm}$), 기존의 알루미늄보다 원자량 및 용융점이 높은 특성에 기인하여 높은 전류 밀도에서도 전자이동에 대한 저항성이 높은 장점을 가진다.
- [6] 반면, 구리는 화학적 반응성이 적고 구리 화합물의 증기압이 매우 낮기 때문에 구리에 적용 가능한 감산 에칭 공정(subtractive etching process)이 아직 개발되지 않았으며, 현재 구리 박막의 건식 에칭이 존재하지 않기 때문에, 구리 박막의 패터닝은 유전체 증착(dielectric deposition)을 하고 이를 에칭한 후에, 유전체에 구리 증착 및 화학적 기계적 연마를 포함하는 다마신 공정(damascene process)에 의해 진행된다.
- [7] 그러나 이러한 다마신 공정에 의해 제조된 구리 배선은 미세선평폭이 나노미터(nm)크기로 축소되면, 구리와 유전체 사이의 라이너로 사용되는 TiN 박막의 인터커넥션 저항 증가로 인해 저항력이 증가되고, 이로 인해 장치 속도가 지연되는 문제가 발생되나, 상기 다마신 공정과 관련한 문제를 해결하는 것은 매우 어려워, 구리의 건식 식각공정 개발이 요구된다.
- [8] 구리 박막의 건식 식각에 관한 연구는 Cl_2 , HBr , H_2 및 SiCl_4 , 알코올계 가스와 CH_3COOH / Ar 가스 혼합물 등을 사용하여 실시되었으며, 최근에는 Si, III-V 화합물, 금속 및 2D 물질을 포함한 다양한 반도체 관련 물질과 구리와 같은

식각-경질(hard-to-etch) 물질의 나노미터 규모 패턴을 식각할 수 있는 원자층 식각(atomic layer etching, ALE) 방법이 제안되었다.

- [9] ALE는 종래 반응성 이온 식각과 비교하여 나노미터 규모의 패턴을 가지고 있는 박막 식각에서 높은 식각 선택도 및 낮은 표면 손상과 같은 이점을 제공할 수 있는 기술로서, 일본 공개특허공보 제2018-500767(2018.01.11)에서는 할로젠함유 가스를 사용하여 일련의 과정을 반복 실시하는, 원자층 식각 촉진방법을 개시하고 있다. 그러나 상기 선행문헌을 포함한 할로젠함유 가스를 사용한 ALE 방법은 할로젠함유 가스를 사용하되, 이를 플라즈마화하거나 또는 상기 식각할 금속을 킬레이트, 단좌배위자 등을 포함하도록 개질하고 있어, 식각 잔류물, 재증착에 의한 문제가 발생됨은 물론이고, 식각 속도를 향상시킬 수 없다.

[10] [선행기술문헌]

[11] [특허문헌]

[12] (특허문헌 1) 일본 공개특허공보 제2018-500767(2018.01.11)

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [13] 본 발명은 구리 박막 식각 방법을 건식 및 나노미터 규모의 패턴 식각할 수 있는 ALE로 하되, 종래 ALE 공정이 플라즈마화된 할로젠함유 가스를 이용하거나 또는 식각할 금속을 킬레이트, 단좌배위자 등을 포함하도록 개질함에 따라 발생시킨 문제점(재증착, 식각 잔류물 생성 등)을 보완하여 완전한 식각이 이루어지도록 반응가스로서 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 가스를 사용하는, 구리 박막의 건식 식각방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

기술적 해결방법

- [14] 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명은, 구리 박막을 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스에 노출시켜, 구리 박막 상에 구리 할로젠화물층을 형성하는 제1 단계; 및 상기 제1 단계 후, 플라즈마화된 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물을 공급하여, 구리 할로젠화물층을 제거하는 제2 단계;를 포함하는, 구리 박막의 건식 식각방법을 제공한다.
- [15] 일 실시예로, 상기 제 2 단계에서의 기판에 인가되는 직류 바이어스(dc-bias) 전압은 100 내지 300V일 수 있다.
- [16] 일 실시예로, 상기 구리 박막의 식각은 제1 및 제2의 식각 단계가 1 회 이상 순환(cycle)되어 이루어지며, 식각 속도는 0.5 ~ 2 nm/cycle일 수 있다.
- [17] 일 실시예로, 상기 할로젠 원소를 포함한 가스는 F₂, ClF₃, NF₃, SF₆, SF₄, XeF₂, Cl₂, Br₂, BCl₃, SiCl₄, I₂, CF₄, CF₂Cl₂, CCl₄, CF₃Cl, C₂F₆, C₃F₈, CHF₃, NF₃, 할로젠화수소 및 이들의 혼합물 중 선택되는 어느 하나 이상이고, 불활성 가스를 더 포함할 수 있다.
- [18] 바람직하게는 상기 할로젠 원소를 포함한 가스는 할로젠화수소로 HF, HCl,

HBr 또는 HI 중 선택되는 어느 하나 이상일 수 있다.

[19] 일 실시예로, 상기 제 1 단계 및 제 2 단계에서의 구리 박막이 증착된 기판 온도는 0 내지 20°C일 수 있다.

[20] 일 실시예로, 상기 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물은 He, Ne, Ar, Kr, Xe, N₂ 및 이들의 혼합물 중 선택되는 어느 하나일 수 있다.

[21] 일 실시예로, 상기 제1 단계의 진공도가 1 ~ 10 m Torr이고, 반응가스에 대한 노출 시간이 5 내지 20 초이며, 상기 제 2 단계의 진공도가 1 ~ 10 m Torr이고, ICP rf 전력이 100 내지 300 W 이고, 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압이 100 내지 300V일 때, 식각 속도는 0.5 ~ 2 nm/cycle일 수 있다.

발명의 효과

[22] 본 발명은 구리 박막을 식각함에 있어서, 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스를 사용하고, 일련의 식각 과정을 순환 반복함에 따라, 식각 잔류물 및 재증착 현상이 발생되지 않으면서도 빠르게 식각할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[23] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막 식각방법을 도식화한 도면이다.

[24] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 구리 박막이 HBr/Ar 가스 및 HBr/Ar 플라즈마에 노출된 시간에 따른 CuBrx 층의 성장 속도를 나타낸 그래프이다.

[25] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 구리 박막이 HBr/Ar 가스 및 HBr/Ar 플라즈마에 노출된 시간에 따른 CuBrx 층의 성장을 나타낸 FESEM 사진이다.

[26] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 구리 박막이 HBr/Ar 가스에 노출된 시간에 따른 (a) Cu 2p XPS 그래프 및 (b)는 Br 3d XPS 그래프이다.

[27] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 Ar 플라즈마내에서 기판에 인가되는 직류-바이어스 전압 및 Ar 이온 스퍼터링 시간에 따른 HBr/Ar 가스로 형성된 CuBrx의 두께 변화를 나타낸 그래프이다.

[28] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 Ar 플라즈마내에서 기판에 인가되는 직류-바이어스 전압 및 Ar 이온 스퍼터링 시간에 따른 Cu 막의 에칭 깊이를 나타낸 그래프이다.

[29] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 HBr/Ar 플라즈마 노출로 인해 형성된 CuBrx를 100V 직류-바이어스 전압으로 Ar 이온 스퍼터링한 CuBrx의 FESEM 사진이다.

[30] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 HBr/Ar 플라즈마 노출로 인해 형성된 CuBrx를 200V 직류-바이어스 전압으로 Ar 이온 스퍼터링한 CuBrx의 FESEM 사진이다.

[31] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 Ar 이온 스퍼터링 시간에 따른 CuBrx 층의 (a) Cu 2p XPS 그래프 및 (b)는 Br 3d XPS 그래프이다.

[32] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 Ar 이온 스퍼터링 식각 시간에 따른 CuBrx 층 제거 정도를 나타낸 FESEM 사진이다.

- [33] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 구리 박막 식각 공정 순환 횟수에 따른 구리 박막의 식각 깊이 및 식각 속도를 나타낸 그래프이다.
- [34] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 구리 박막 식각 공정을 120회 반복한 후, 하드 마스크를 제거한 구리 박막의 FESEM 사진이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [35] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [36] 본 발명의 일 측면에 따르면, 구리 박막을 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스에 노출시켜, 구리 박막 상에 구리 할로겐화물층을 형성하는 제1 단계; 및 상기 제1 단계 후, 플라즈마화된 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물을 공급하여, 구리 할로겐화물층을 제거하는 제2 단계;를 포함하는, 구리 박막의 건식 식각방법을 제공한다.
- [37] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 식각방법을 도식화하여 나타낸 도면으로, 이를 참고하여 상세히 설명한다.
- [38] 상기 제1 단계는 구리 박막을 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스에 노출시켜, 구리 박막 상에 구리 할로겐화물층을 형성하는 단계(도 1a, b)로, 반응가스에 노출되는 구리 박막은 패터닝된 하드마스크에 의해 마스크링될 수 있다.
- [39] 상세하게는 상기 제1 단계 전 구리 박막을 하드마스크로 패터닝하여 마스크링할 수 있고, 이는 하드마스크/구리 박막을 포토레지스트로 포토리소그래피에 의해 패터닝하여 마스크링하는 제1 단계, 상기 마스크링된 하드마스크를 식각시키는 제2 단계 및 상기 포토레지스트 마스크를 제거하는 제3 단계를 포함하여 이루어지며, 상기 일련의 단계에 의해 구리 박막 상에 하드마스크가 패터닝된다.
- [40] 이때, 상기 하드마스크는 SiO_2 , Si_3N_4 등의 세라믹계열, Ti, TiN, Ta, W 등의 금속계열 및 비정질 카본(amorphous carbon) 중에서 선택된 하나일 수 있고, 식각가스에 대한 고식각 선택도를 고려할 때, SiO_2 가 바람직한 일 예일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [41] 또한, 상기 제1 단계에 있어서, 반응가스는 할로젠 원소를 포함한 물질로, 플라즈마화 되지 않은 가스 상태로 구리 박막과 반응함에 따라, 형성되는 구리 할로겐화물 층의 두께 및 성장 속도를 조절할 수 있고, 종래 플라즈마화된 할로젠 원소를 포함한 가스 사용에 의한 식각 잔유물, 재증착, 할로겐화물층의 두께 조절의 어려움 및 식각 속도 향상의 어려움 등의 문제를 해결할 수 있다.
- [42] 상기 할로젠 원소를 포함한 반응가스는 F_2 , ClF_3 , NF_3 , SF_6 , SF_4 , XeF_2 , Cl_2 , Br_2 , BCl_3 , SiCl_4 , I_2 , CF_4 , CF_2Cl_2 , CCl_4 , CF_3Cl , C_2F_6 , C_3F_8 , CHF_3 , NF_3 , 할로겐화수소 및 이들의 혼합물 중 선택되는 어느 하나 이상이고, 상기 할로겐화수소는 HF, HCl, HBr 또는 HI 중 선택되는 어느 하나 이상으로, 바람직하게는 HBr이며, 상기 반응가스는 불활성 가스를 더 포함할 수 있다.
- [43] 상기 불활성가스는 He, Ne, Ar, Kr, Xe, 및 N_2 중 선택되는 어느 하나 이상이다.

- [44] 또한, 상기 제1 단계는 진공도가 1 ~ 10 m Torr이고, 반응가스에 대한 노출 시간이 5 내지 20 초이며, 구리 박막이 증착된 기판 온도가 0 내지 20 °C에서 실시된다. 이는, 상기 진공도가 1 m Torr 미만인 경우에는 챔버의 공정압력이 불안정하고, 10m Torr를 초과한 경우에는 공정압력이 다소 높아서 CuBrx 층의 두께 조절이 어려우며, 노출 시간이 5 초 미만인 경우에는 너무 얇은 CuBrx 층이 생성될 수가 있고, 20초를 초과한 경우에는 너무 두꺼운 CuBrx 박막층이 생성될 수 있기 때문이다.
- [45] 또한, 구리 박막이 증착된 기판의 온도가 0 °C 미만인 경우는 특별히 cryogenic 장치를 설치해야 하고 부속품들도 저온에 견딜 수 있는 재료를 사용하여 장치를 제작해야 하며, 20 °C를 초과한 경우에는 기판이 온도를 유지하거나 가열하기 위하여 heating 조절장치가 필요하고 또한 부속품들도 고온에 견디는 재질들을 사용해야 하기 때문에, 바람직하게는 구리 박막에 증착된 기판 온도는 10 내지 20°C로 한다.
- [46] 또한, 바람직하게는 상기 제1 단계 후 퍼지를 실시한다.
- [47] 상기 제 2 단계는 상기 제1 단계 후, 플라즈마화된 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물을 공급하여, 구리 할로젠화물층을 제거하는 단계로, 상세하게는 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물을 플라즈마화하여 상기 구리 할로젠화물을 포함한 구리 박막과 반응(도 1c)시킴으로써, 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물의 이온 스퍼터링에 의해 구리 할로젠화물을 제거(도 1d)한다.
- [48] 상기 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물은 He, Ne, Ar, Kr, Xe, N₂ 및 이들의 혼합물 중 선택되는 어느 하나로, 플라즈마화는 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온식각법, 반응성 이온 식각법, 원자층 식각법 (atomic layer etching) 및 펄스 모듈레이트된 고밀도 플라즈마 반응성 이온 식각법으로 구성된 군으로부터 선택되는 1종 이상의 방법으로 실시될 수 있으며, 바람직하게는 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법에 의해 실시된다.
- [49] 상기 제2 단계에서 있어서, 구리 할로젠화물층 증착된 기판의 온도는 0 내지 20°C, 바람직하게는 10 내지 20°C로 비교적 낮은 온도로 유지됨에 따라, 식각 시 구리 박막이 로딩된 기판을 가열하는 공정이 불필요하고, 기판 상에 증착되거나 패터닝/식각되어 있는 물질들의 확산이 유발되지 않아, 소자의 물성 저하 없이 고유 특성을 유지할 수 있다.
- [50] 또한, 상기 제 2 단계는 진공도 1 ~ 10 m Torr에서 100 내지 300 W ICP rf 전력으로, 100 내지 300V의 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압에 의해 실시된다.
- [51] 이는, 상기 진공도가 1 m Torr 미만인 경우에는 챔버의 공정압력이 불안정하고, 10m Torr를 초과한 경우 공정압력이 다소 높아서 CuBrx 층의 두께 조절이 어려우며, ICP rf 전력이 100W 미만인 경우에는 플라즈마의 밀도가 감소하여 적절한 (아르곤) 스퍼터링 식각이 되지 않을 수 있고, 300 W를

초과하는 경우에는 플라즈마 밀도가 증가하여 (아르곤) 스퍼터링 식각에 의하여 CuBrx 층을 제거한 후에 그 아래에 남아있는 구리 박막도 스퍼터링 식각하여, CuBrx 층 외에 구리층까지 과도하게 식각됨으로써 구리의 재증착을 발생시킬 수 있기 때문이다.

[52] 또한, 상기 기판에 인가되는 직류바이어스 전압이 100V 미만의 경우, 구리 할로겐화물층의 식각이 제대로 이루어지지 않으며, 300V 이상에서는 구리 할로겐화물과 함께 구리 박막 또한 식각된다. 이에, 상기 직류바이어스 전압은 150 내지 250V인 것이 바람직하다.

[53] 또한, 상기 스퍼터링 식각은 20초 미만으로 실시되는 것이 바람직하다. 이는 20초를 초과할 경우, 구리 할로겐화물층 외에 구리 박막까지 식각되거나 또는 재증착이 발생될 수 있기 때문이다.

[54] 또한, 바람직하게는 상기 제2 단계 후, 퍼지 단계를 더 포함할 수 있다.

[55] 본 발명에 따른 구리 박막 식각은, 상기 제1 및 제2의 식각 단계가 1회 이상 순환(cycle)되어 이루어지며, 식각 속도는 0.5 ~ 2 nm/cycle이다.

[56] 바람직하게는 상기 구리 박막의 식각 속도는 0.7 ~ 1.5 nm/cycle로, 상기 제1 및 제2의 일련의 단계는 100회 이상 반복 실시될 수 있다.

[57] 이하, 본 발명을 실시예로서 더욱 상세하게 설명하나, 본 발명이 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[58] <실시예>

[59] 구리 박막 샘플 제조

[60] Ti가 증착된 Si 웨이퍼상에 300nm의 폭과 150nm 두께를 갖는 구리를 실온에서 DC magnetron sputtering에 의하여 구리 박막을 제조한 후, 상기 구리 박막에 하드 마스크로서 300nm의 SiO₂ 막을 plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD)를 사용하여 증착시키고, 상기 샘플 상에 300nm의 라인 및 공간의 어레이(array)로 구성되는 각각의 패턴을 종래 포토레지스트를 사용한 포토리소그래피(photolithography)에 의해 형성하였다.

[61] 이 후, 상기 SiO₂ 하드 마스크를 C₂F₆/Ar 가스로 식각하고, 상기 식각 후에는 포토레지스트를 습식 스트리핑(wet stripping)을 사용하여 제거하였다.

[62] 플라즈마

[63] 하기 실시예에서 사용된 모든 플라즈마 반응은 유도결합 플라즈마 반응성 이온 에칭(inductively coupled plasma reactive ion etching, ICPRIE, Nano Technique Planet(한국)) 장비를 사용하였으며, 상기 ICPRIE는 메인 챔버와 로드 락 챔버로 구성되며, 메인 ICP는 13.56MHz rf 전력에 의해 생성되고, 기판에 대한 직류-바이어스 전압(dc-bias voltage)은 웨이퍼 플라튼(wafer platen)에 다른 12.56MHz rf 전력을 인가함으로써 유도되었다. 또한, 기판의 온도를 10 내지 15°C로 유지하기 위하여, Helium-backside 냉각시스템을 사용하였다.

[64] 구리 박막 식각

[65] (1) HBr/Ar 가스 사용

[66] 상기 구리 박막 샘플을 HBr/Ar 가스(2/28 sccm)에 노출시켜 구리 막 상에 CuBrx 층을 생성한 후, 22초 간 퍼지(purge)하였다. 이후, 상기 CuBrx 층을 Ar 플라즈마(ICP rf power 200W, Ar 가스 30 sccm)에서 Ar 이온 스퍼터링으로 제거한 후, 15초간 퍼지하였다.

[67] 단, 상기 전 과정에서 있어서 압력은 5 m Torr이고, 상기 노출 시간 및 Ar 이온 스퍼터링 시간은 하기 실시 조건에 따라 3 내지 60초로 각각 변경하였다. 또한, 상기 Ar 이온 스퍼터링에 있어서 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압(dc-bias)을 하기 실시 조건에 따라 100 내지 300V로 변경하였다.

[68] **(2) HBr/Ar 플라즈마 사용**

[69] 상기 구리 박막 샘플을 5 m Torr의 압력에서 HBr/Ar 플라즈마(15 및 30 W ICP 전력, HBr/Ar 가스 2/28 sccm, 기판에 대한 직류 바이어스 전압 없음)에 노출시켜 구리 막 상에 CuBrx 층을 생성한 후, 22초 간 퍼지(purge)하였다.

[70] 이후, 5 m Torr의 압력에서 상기 CuBrx 층을 Ar 플라즈마(ICP rf power 200W, Ar 가스 30 sccm)에서 Ar 이온 스퍼터링으로 제거한 후, 15초간 퍼지하였다.

[71] 단, 상기 노출 시간과, CuBrx 층 제거에 있어서의 Ar 이온 스퍼터링 시간 및 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압은 하기 실시 조건에 따라 3 내지 60초 및 100 내지 200V로 각각 변경하였다.

[72] **<분석>**

[73] **1. 구리 박막 전식 식각 공정 중 CuBrx 층 형성 단계**

[74] **1-1. (HBr/Ar 가스 및 HBr/Ar 플라즈마) 노출 시간에 따른 CuBrx 층의 성장속도**

[75] 도 2는 상기 구리 박막 식각에 있어서, 구리 박막을 HBr/Ar 가스 또는 HBr/Ar 플라즈마에 노출시킨 시간(3 내지 30초)에 따른 CuBrx 층의 성장 속도를 나타낸 것으로, CuBrx 층의 두께는 원자력 현미경(atomic force microscopy) XE7(Park systems), 표면프로파일러(Surface profilometer) Tencor P-1 및 전계방사형주사현미경(Field emission scanning electron microscopy, FESEM) SU 8010(Hitachi)를 사용하여 측정되었다.

[76] 도 2를 참고하면, HBr/Ar 플라즈마를 사용한 CuBrx (박막)층 형성은, CuBrx의 성장 속도가 빨라 CuBrx 층의 두께를 제어하기 어렵다. 구리 박막이 HBr/Ar 플라즈마(15W ICP 전력)에 3초간 노출된 경우 CuBrx 층은 10Å로 성장하였으며, HBr/Ar 플라즈마 노출시간이 증가함에 따라 CuBrx 층의 두께는 계속 증가되었다.

[77] 한편, HBr/Ar 가스를 사용한 CuBrx (박막)층 형성의 경우, 10 Å의 CuBrx 층은 HBr/Ar 가스에 구리 박막이 10초간 노출되어 형성되었으며, CuBrx 층의 두께는 HBr/Ar 가스에서의 추가 노출에도 불구하고 일정한 두께로 포화되었다.

[78] 이와 같이, HBr/Ar 플라즈마를 사용한 경우는 HBr/Ar 가스를 사용한 경우에 비해 CuBrx 층을 두껍게 형성된다.

[79] **1-2. (HBr/Ar 가스 및 플라즈마) 노출시간에 따른 CuBrx 층의 두께**

- [80] 도 3은 상기 구리 박막 식각에 있어서, 구리 박막이 HBr/Ar 가스 및 HBr/Ar 플라즈마(15 W ICP 전력)에 노출된 시간(3 내지 20초)에 따른 각각의 CuBrx 층의 성장을 FESEM(field emission scanning electron microscopy (Hitachi SU 8010))로 나타낸 것이다.
- [81] 도 3(a)는 HBr/Ar 플라즈마를 사용할 시 노출 시간에 따른 CuBrx 층 성장에 관한 FESEM에 관한 것으로서, 노출시간이 증가함에 따라 형성되는 CuBrx 층의 두께가 두꺼워짐을 확인할 수 있다.
- [82] 도 3(b) 및 표 2는 HBr/Ar 가스를 사용할 시 노출 시간에 따른 CuBrx 층 성장에 관한 FESEM에 관한 것으로서, 상기 HBr/Ar 플라즈마를 사용한 경우에 비해 증착된 CuBrx 층의 두께가 얇게 나타난다. 이는, HBr/Ar 가스를 사용한 경우에는 CuBrx 층이 노출시간에 비례하여 지속적으로 증가되는 것이 아니라 일정 두께로 포화되기 때문이다.
- [83] **1-3. (HBr/Ar 가스) XPS 통한 노출 시간에 따른 CuBrx 층 생성확인**
- [84] 도 4는 상기 구리 박막 식각에 있어서, 구리 박막을 HBr/Ar 가스에 3, 10, 30 및 60초로 각각 노출시켜 X선 광전자 분광법(XPS, Thermo Scientific K-alpha)으로 분석한 그래프로, 노출 시간에 따른 CuBrx (박막)층 성장을 확인할 수 있다.
- [85] 도 4 (a)는 Cu 2p의 XPS narrow scan을 나타낸 것으로서, HBr/Ar 가스에 구리 박막이 3초 노출될 때에도 CuBrx는 형성되며, 구리 박막의 HBr/Ar 가스에서의 노출 시간이 증가함에 따라, Cu 피크는 점차 감소하여 932.27 eV의 낮은 결합 에너지로 이동(shift)된다. 상기 Cu 피크의 이동은 CuBr₂의 결합 에너지가 934.5 eV인 것을 감안하면, CuBrx의 형성에 의한 것임을 알 수 있다.
- [86] 또한, 도 4(a)에서 노출 시간 증가에 따른 Cu 피크의 강도(intensities)는 일정하게 나타남에 따라, CuBrx 층의 두께가 브롬화 공정 동안 포화되었음을 알 수 있다.
- [87] 도 4 (b)는 Br 3d의 XPS narrow scan을 나타낸 것으로서, HBr/Ar 가스에 구리 박막이 3초 노출될 때에도 CuBr₂ 및 CuBr의 이중 피크를 나타냄에 따라, CuBrx가 형성됨을 확인할 수 있고, 노출 시간 증가에 따른 CuBr₂ 및 CuBr의 피크의 강도가 일정하게 나타남에 따라, CuBrx 층은 특정 두께로 포화되었음을 알 수 있고, 도 4(a, b)의 조건에서 CuBrx 층은 10Å의 두께로 포화되었다.
- [88] 상기 결과로부터, 구리 박막은 HBr/Ar 가스에 노출되는 단계에서 브롬화가 이루어져 CuBrx 층을 형성하고, 상기 CuBrx 층은 반응 가스 노출 시간 증가에 따라 지속적으로 성장하는 것이 아니라 특정 두께로 포화됨을 알 수 있다.
- [89] **2. 구리 박막 건식 식각 공정 중 CuBrx 제거 단계**
- [90] **2-1. CuBrx 제거 위한, Ar 이온 스퍼터링 직류 바이어스(dc-bias) 전압 측정**
- [91] **(1) HBr/Ar 가스 노출로 형성한 CuBrx를 제거**
- [92] 도 5는 기판에 인가되는 직류-바이어스 전압(100, 200 및 300V) 및 Ar 플라즈마에 의한 Ar 이온 스퍼터링 시간(3내지 30초)에 따른 CuBrx 두께 변화를 나타낸 그래프로, 상기 CuBrx는 상기 구리 박막 식각에 있어서, HBr/Ar 가스에 10 초 노출시켜 형성한 것으로 한다.

- [93] 이를 참고하면, 직류 바이어스 전압이 100 V인 경우, 3 초간의 Ar 이온 스퍼터링으로는 CuBrx 층이 거의 제거되지 않았음은 물론이고, 30초의 더 긴 시간 동안의 Ar 이온 스퍼터링으로도 CuBrx 층은 완벽하게 제거되지는 않았다.
- [94] 직류 바이어스 전압이 200 V인 경우, 약 7 Å의 CuBrx 층이 3 초간의 Ar 이온 스퍼터링으로 제거되었으며, 15초의 스퍼터링으로 완벽하게 제거되었다.
- [95] 직류 바이어스 전압이 300 V인 경우, CuBrx 층은 7 초간의 스퍼터링으로 완벽하게 제거되었다.
- [96] (2) Cu 박막(Cu pristine thin films)
- [97] 도 6은 Ar 스퍼터링에 의한 구리 막의 스퍼터링 에칭 가능성을 알아보기 위하여, Ar 플라즈마(ICP rf power 200W)에서 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압을 100, 200 및 300V로 달리하여 3내지 30초 동안 Ar 이온 스퍼터링으로 Cu 막을 식각하여, 직류 바이어스 전압의 함수로서, Ar 이온 스퍼터링 시간에 따른 구리 박막의 식각 깊이를 나타낸 그래프이다.
- [98] 이를 참고하면, 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압이 100V인 경우, Ar 이온의 스퍼터링 에너지가 구리 박막을 에칭하기에 충분하지 않음에 따라 식각 깊이가 측정되지 않았으며, 직류 바이어스 전압이 200V인 경우, 약 2 Å의 구리 박막이 7 초간의 Ar 스퍼터링으로 식각되며, 직류 바이어스 전압이 300V인 경우, 약 2 Å의 구리 박막이 3 초 동안 식각되고, 식각 시간이 증가함에 따라 식각 깊이가 증가되었다.
- [99] 이에, CuBrx 층 제거를 위한 Ar 스퍼터링 동안 구리 스퍼터링을 피하기 위해 기판에 200 V 직류 바이어스 전압을 인가하기로 한다.
- [100] 또한, 상기 Ar 스퍼터링을 이용한 Cu 스퍼터링의 경우, 구리 박막의 측벽을 따라 구리 박막의 재증착이 발생되어 식각이 완전하게 이루어지지 않음을 확인할 수 있다.
- [101] (3) HBr/Ar 플라즈마 노출로 형성된 CuBrx를 제거
- [102] 도 7 및 도 8은 상기 구리 박막 식각에 있어서, HBr/Ar 플라즈마(15W)에 10 초 노출시켜 형성한 CuBrx를 Ar 플라즈마에서 Ar 플라즈마의 직류 바이어스 전압을 100 및 200V로 각각 10초 내지 20초 동안 Ar 이온 스퍼터링으로 제거하여 나타낸 FESEM이다.
- [103] 도 7은 HBr/Ar 플라즈마 노출로 인해 형성된 CuBrx(도 7(a))를 100V의 직류 바이어스로 Ar 이온 스퍼터링한 것(도 7(b))으로, 10초 동안 Ar 이온 스퍼터링한 경우에는 CuBrx층이 제거되지 않았으며, 20초 동안 스퍼터링한 경우에는 CuBrx층이 미량 제거되었다.
- [104] 도 8은 HBr/Ar 플라즈마 노출로 인해 형성된 CuBrx(도 8(a))를 200V의 직류 바이어스로 Ar 이온 스퍼터링 한 것(도 8(b))으로, 10초 동안 Ar 이온 스퍼터링한 경우에는 CuBrx층이 약간 제거되었고, 20초 동안 스퍼터링한 경우에는 CuBrx층이 일부 제거되었으나, 이와 동시에 SiO₂ 마스크측벽에 재증착이 발생되었다.

[105] **2-2. (HBr/Ar 가스) CuBrx 층의 제거 확인**

[106] 상기 구리 박막 식각에 있어서, Ar 이온 스퍼터링에 의한 CuBrx 층 제거를 확인하기 위하여, XPS 및 FESEM로 분석하였다.

[107] **(1) XPS 그래프**

[108] 도 9는 상기 구리 박막 식각에 있어서 Ar 이온 스퍼터링 식각에 의한 CuBrx 층 제거를 Ar 이온 스퍼터링 시간을 변화시켜서 분석한 XPS 그래프로, HBr/Ar 가스에 10초 노출되어 형성된 CuBrx 층을 이용하여 200V의 기판에 인가된 직류 바이어스 전압을 사용한 Ar 플라즈마로 실시되었다.

[109] 도 9(a)는 Cu 2p에 대한 narrow scans XPS 그래프로, 3 초 Ar 스퍼터링 시에 피크의 중심이 더 높은 값으로 이동하여, CuBrx 층이 제거되기 시작하였음을 알 수 있고, 스퍼터링 식각 시간이 3 초에서 30 초로 증가함에 따라, Cu 피크의 강도가 증가하여 CuBrx 층이 점차 제거되어 새로운 구리 막이 드러남을 알 수 있다.

[110] 도 9(b)는 Br 3d에 대한 narrow XPS 스캔 그래프로, 상기 구리 식각에서 HBr/Ar 가스 노출에 의해 증착된 CuBrx에서는 CuBr 및 CuBr₂ 피크가 명확하게 관찰되나, Ar 이온 스퍼터링을 3 초 실시한 후에는 CuBr 및 CuBr₂ 피크의 강도가 감소하고, 7 초 Ar 스퍼터링 후에는 상기 CuBr 및 CuBr₂ 피크가 사라져 CuBrx 층이 완전한 제거되었음을 확인할 수 있다.

[111] 상기 결과로 부터 HBr/Ar 가스를 사용한 2 단계의 구리 박막 식각방법에 의해 구리 박막 상에 CuBrx를 생성 및 완전 제거함으로써, 구리 박막은 식각됨을 알 수 있다.

[112] **(2) FESEM**

[113] 도 10은 상기 구리 박막 식각에 있어서, Ar 이온 스퍼터링 식각 시간에 따른 CuBrx 층 제거를 FESEM으로 나타낸 것으로, HBr/Ar 가스에 5초간 노출시켜 증착한 CuBrx 층을 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압을 200V로 하여 5 내지 20초 동안 Ar 이온 스퍼터링을 실시하여 CuBrx 층을 제거하였다.

[114] 도 10을 참고하면, 5초 및 10초간 Ar 이온 스퍼터링한 경우 CuBrx층이 제거됨을 확인할 수 있는 반면에, 20초간 Ar 스퍼터링한 경우에는 SiO₂ 마스크 측면에 재증착이 발생됨을 확인할 수 있다. 이는 Ar 스퍼터링 시간이 과도함을 의미하는 것으로, HBr/Ar 가스에 5 내지 10초 노출시켜 증착한 CuBrx 층의 경우 Ar 이온 스퍼터링은 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압이 200V일 때 20초 미만으로 실시하는 것이 바람직하다.

[115] **3. 구리 박막 순환 식각(Cyclic etching of Cu thin films)**

[116] **(1) 식각 횟수에 따른 식각 깊이 및 속도**

[117] 도 11은 구리 박막 식각 공정 실시 횟수에 따른 구리 막의 식각 깊이 및 식각 속도를 나타낸 그래프로서, 상기 구리 박막 식각의 일련의 과정을 1 내지 120회 반복함에 따른 구리의 식각 깊이 및 식각 속도를 나타낸 것이다.

[118] 상기 도 11은 상기 구리 박막 식각법에 따라 HBr/Ar 가스에 10초간 상기 구리

박막 샘플을 노출시켜, CuBrx 층을 형성한 후, Ar 가스를 이용하여 플라즈마를 생성하고, 이때 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압을 200V로 하여 10초간 상기 CuBrx 층을 제거하는 일련의 단계를 0 내지 120회 반복 실시하여 나타낸 것으로서, 상기 일련의 단계가 반복됨에 따라 식각 깊이가 깊어짐을 알 수 있다.

[119] 또한, 구리 박막의 순환적 식각에 있어서 평균 식각 속도(nm/cycle)는 약 1.2nm/cycle이다.

[120] **(2) FESEM**

[121] 도 12는 상기 구리 박막 순환 식각에 있어서, 일련의 구리 박막 식각 과정을 120회 반복한 후, 산화물 에칭 용액(buffered oxide etch, BOE)으로 SiO₂ 하드 마스크를 제거한 구리 박막의 FESEM 사진이다.

[122] 이를 참고하면, 300 nm 폭과 150 nm의 두께를 갖는 구리는 재증착 또는 구리 박막 측벽에 따라 생성되는 에칭 잔류물 없이 식각되었음을 확인할 수 있다.

[123] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허법위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

[124]

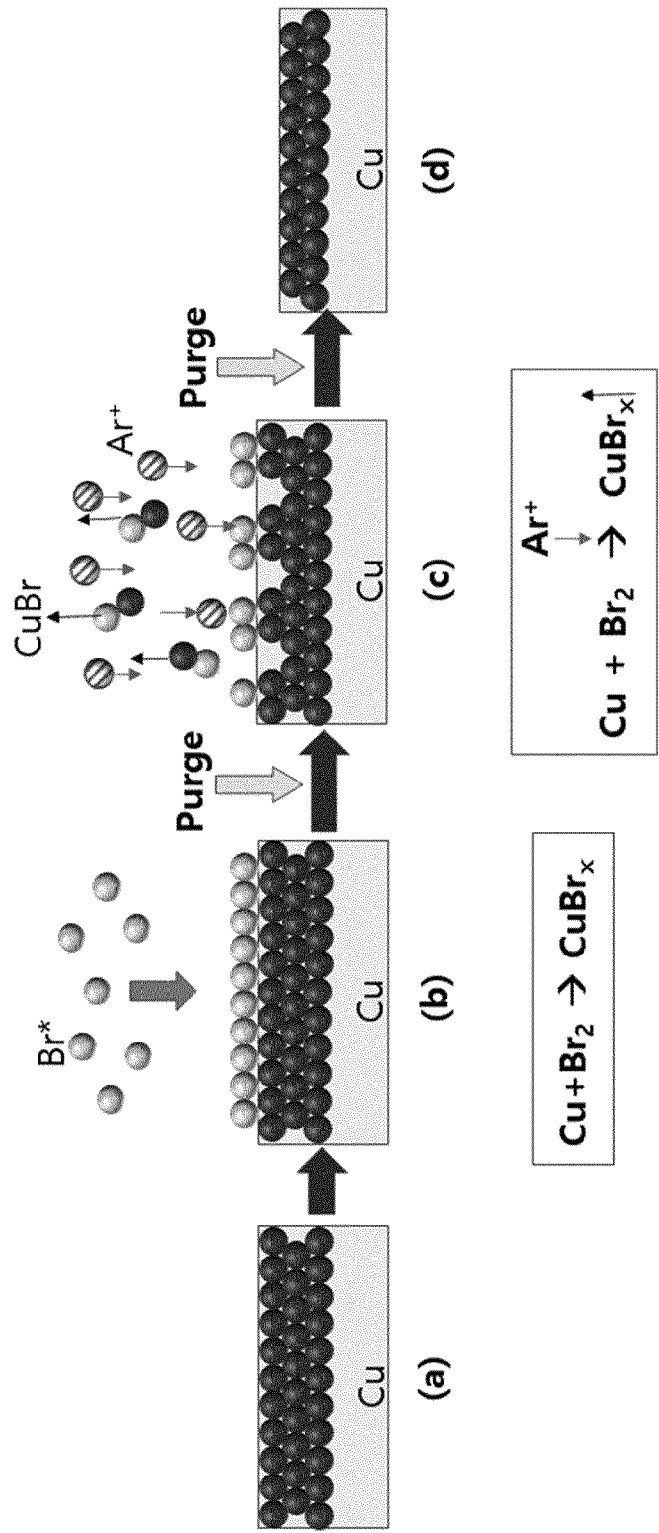
산업상 이용가능성

[125] 본 발명은 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스를 이용하고 일련의 식각 과정을 순환 반복함으로써, 식각 잔류물 및 재증착 없이 구리 박막을 효과적으로 식각하는, 구리 박막의 건식 식각방법에 관한 것으로서, 본 발명은 반도체 분야의 구리배선 형성방법으로 이용될 수 있다.

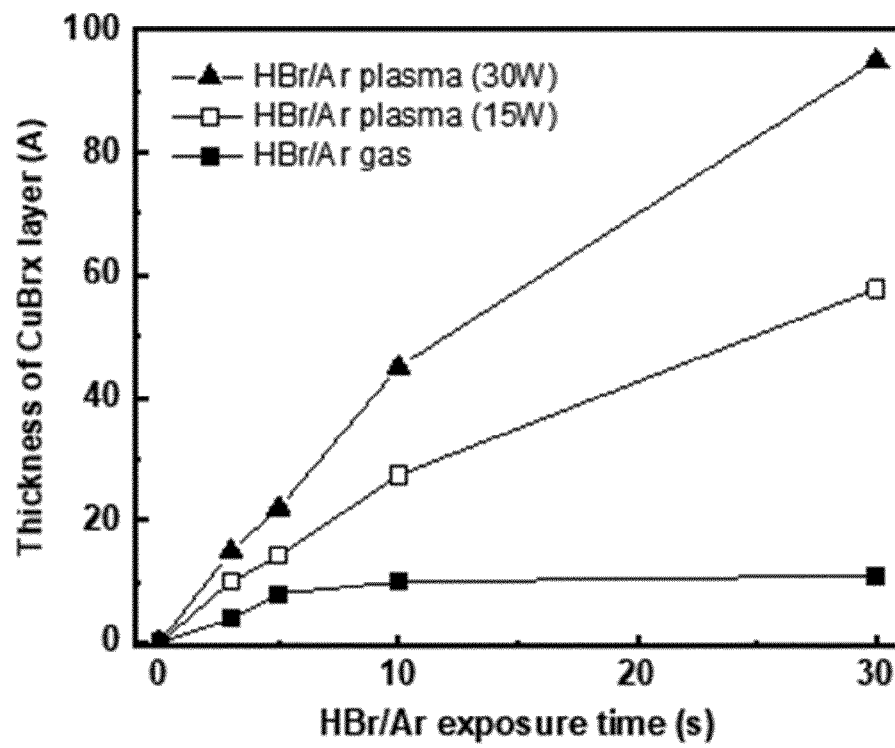
청구범위

- [청구항 1] 구리 박막을 플라즈마화 되지 않은 할로젠 원소를 포함한 반응가스에 노출시켜, 구리 박막 상에 구리 할로젠화물층을 형성하는 제1 단계; 및 상기 제1 단계 후, 플라즈마화된 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물을 공급하여, 구리 할로젠화물층을 제거하는 제2 단계;를 포함하는, 구리 박막의 건식 식각방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 제 2 단계에서의 기판에 인가되는 직류 바이어스(dc-bias) 전압은 100 내지 300V인 것을 특징으로 하는, 구리 박막의 건식 식각방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 구리 박막의 식각은 제1 및 제2의 식각 단계가 1 회 이상 순환(cycle)되어 이루어지며, 식각 속도는 0.5 ~ 2 nm/cycle인 것을 특징으로 하는, 구리 박막의 건식 식각방법.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 할로젠 원소를 포함한 가스는 F_2 , ClF_3 , NF_3 , SF_6 , SF_4 , XeF_2 , Cl_2 , Br_2 , BCl_3 , $SiCl_4$, I_2 , CF_4 , CF_2Cl_2 , CCl_4 , CF_3Cl , C_2F_6 , C_3F_8 , CHF_3 , NF_3 , 할로젠화수소 및 이들의 혼합물 중 선택되는 어느 하나 이상이고, 불활성 가스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 구리 박막의 건식 식각방법.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서,
상기 할로젠 원소를 포함한 가스는 할로젠화수소로 HF , HCl , HBr 또는 HI 중 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는, 구리 박막의 건식 식각방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 제 1 단계 및 제 2 단계에서의 구리 박막이 증착된 기판 온도는 0 내지 20°C인 것을 특징으로 하는, 구리 박막의 건식 식각방법.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
상기 불활성가스 또는 불활성가스 혼합물은 He , Ne , Ar , Kr , Xe , N_2 및 이들의 혼합물 중 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는, 구리 박막의 건식 식각방법.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 제1 단계의 진공도가 1 ~ 10 m Torr이고, 반응가스에 대한 노출 시간이 5 내지 20 초이며,
상기 제 2 단계의 진공도가 1 ~ 10 m Torr이고, ICP rf 전력이 100 내지 300 W 이고, 기판에 인가되는 직류 바이어스 전압이 100 내지 300V일 때, 식각 속도는 0.5 ~ 2 nm/cycle인 것을 특징으로 하는, 구리 박막의 건식 식각방법.

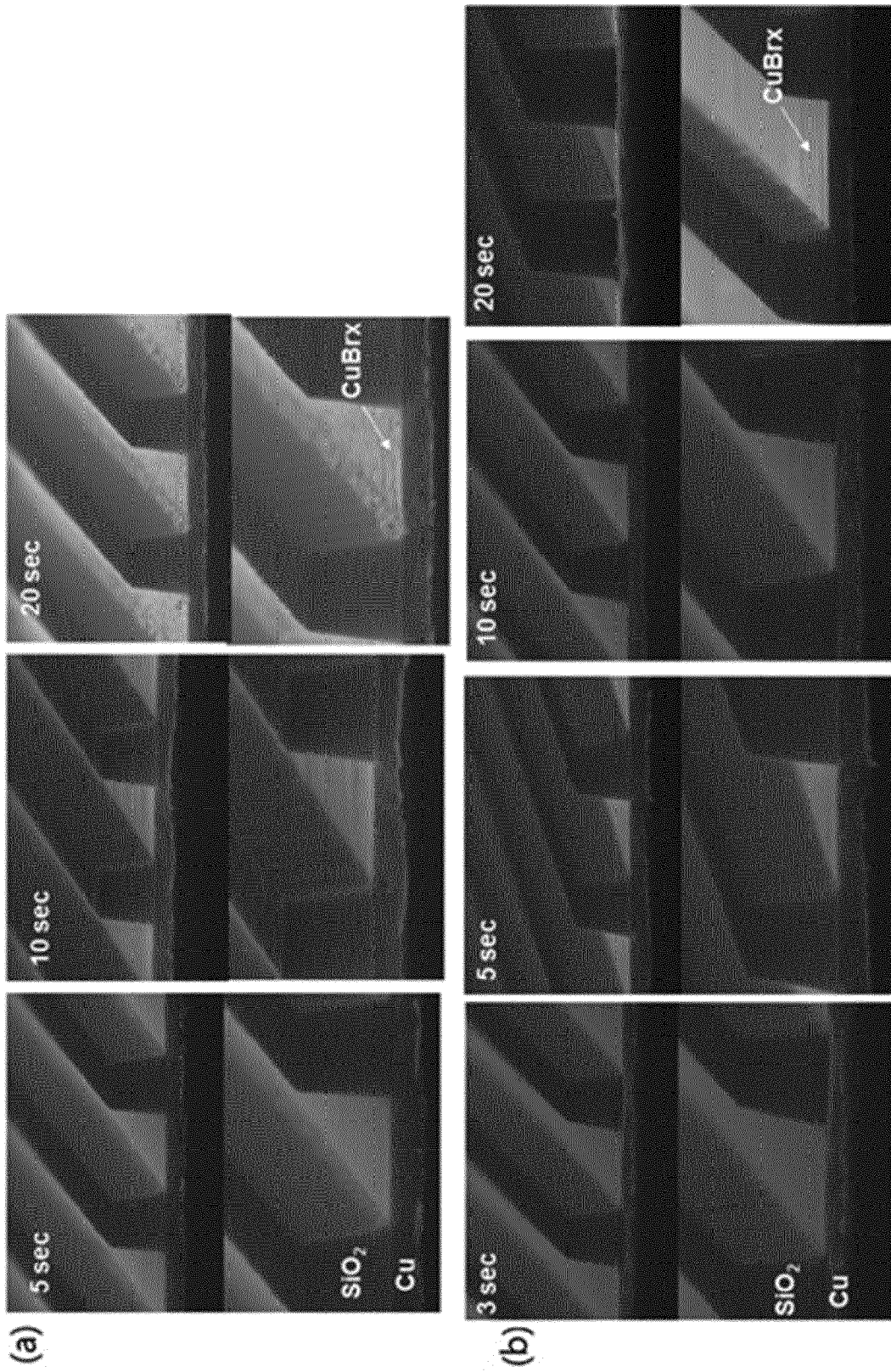
[도 1]



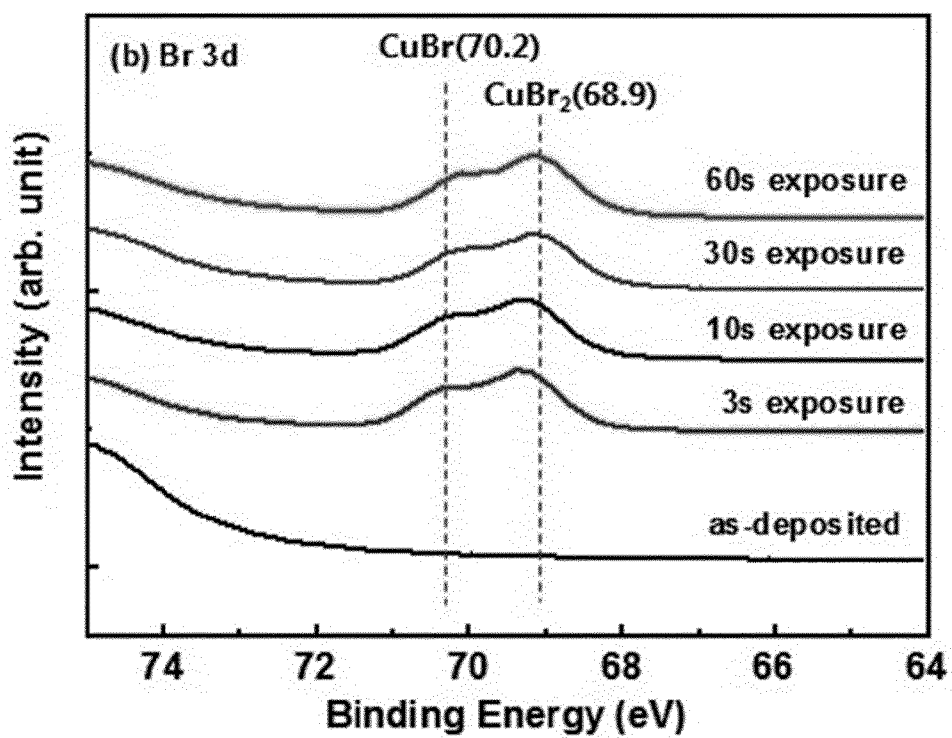
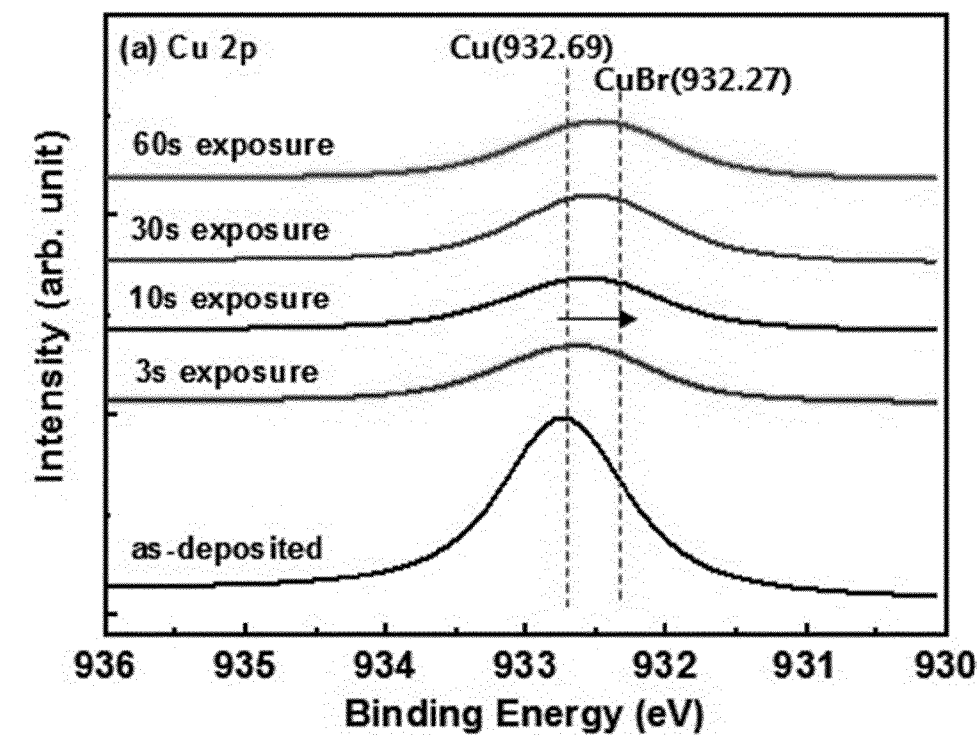
[도2]



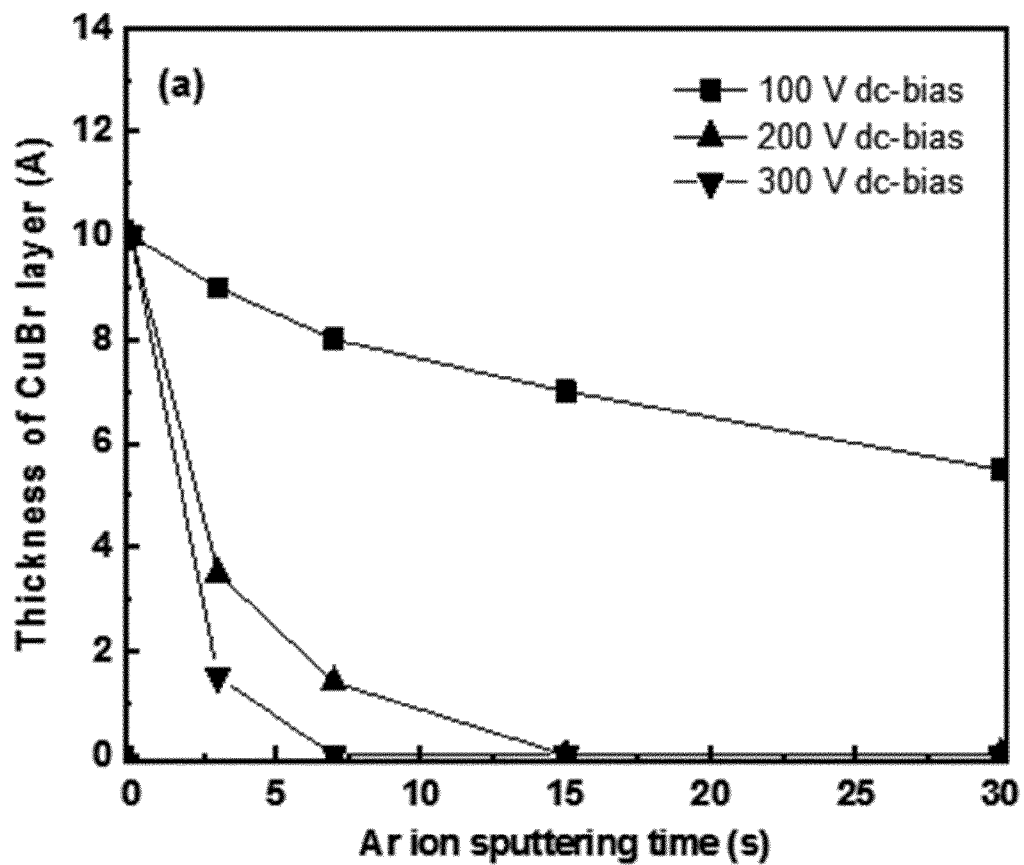
[도3]



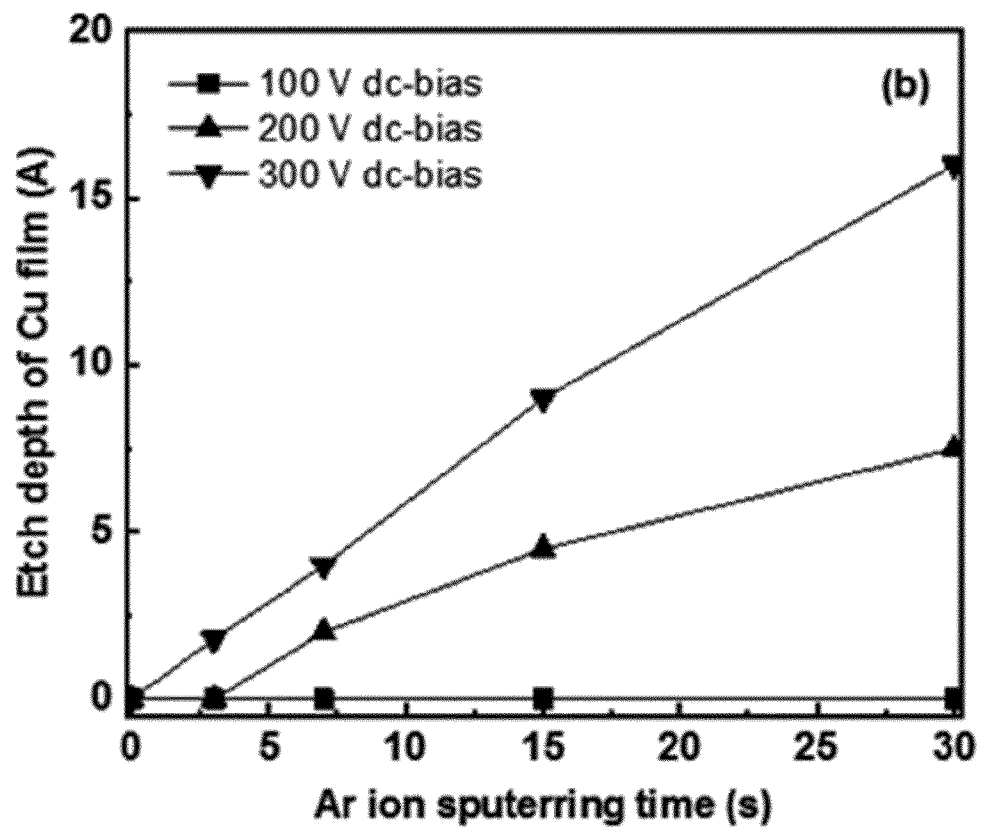
[도4]



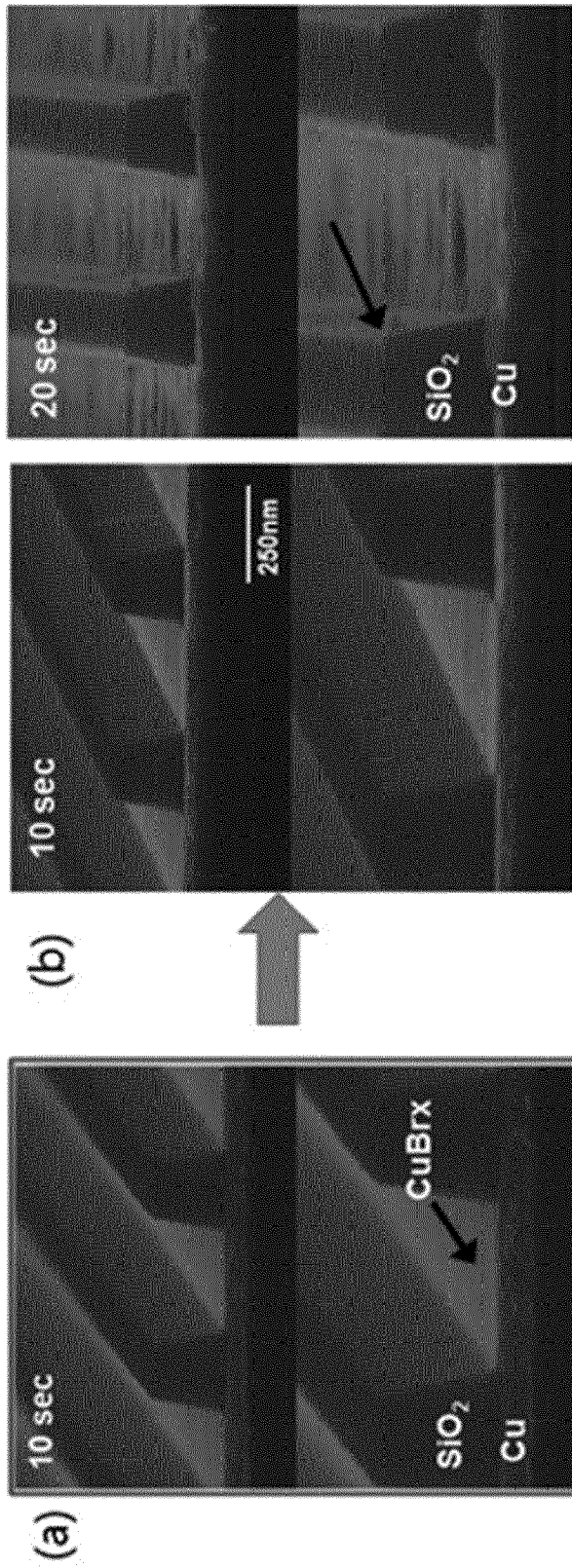
[도5]



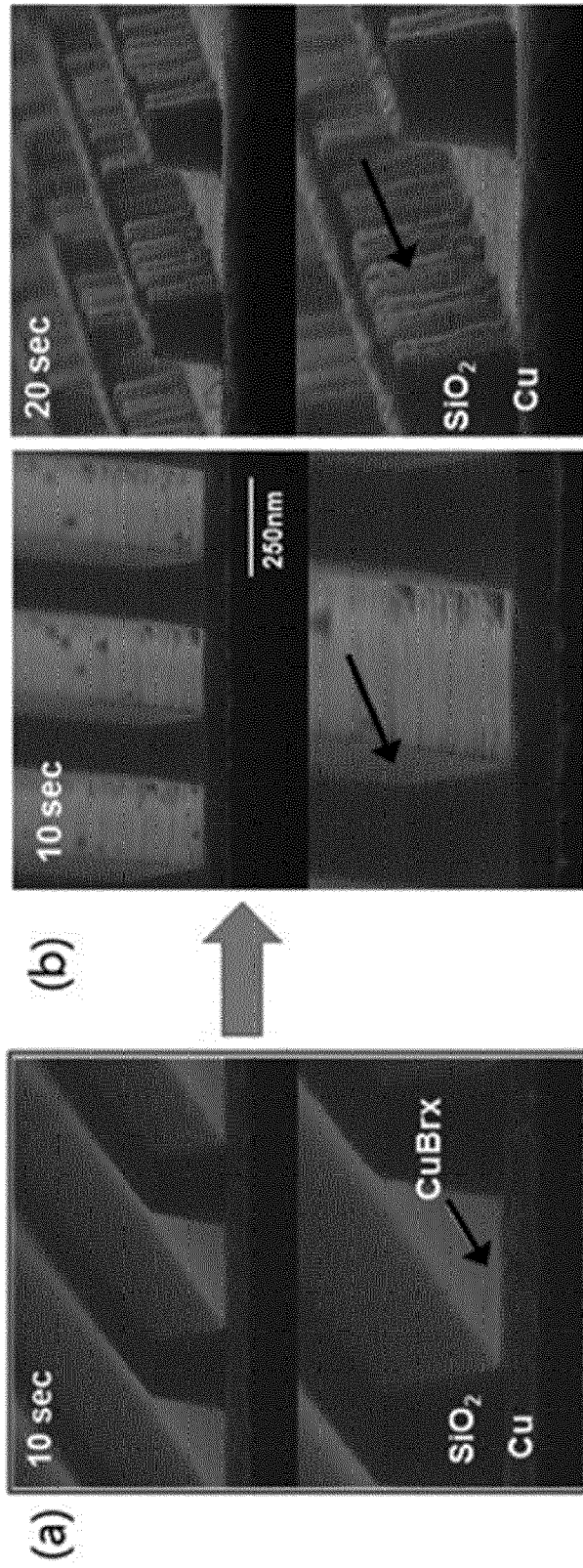
[도6]



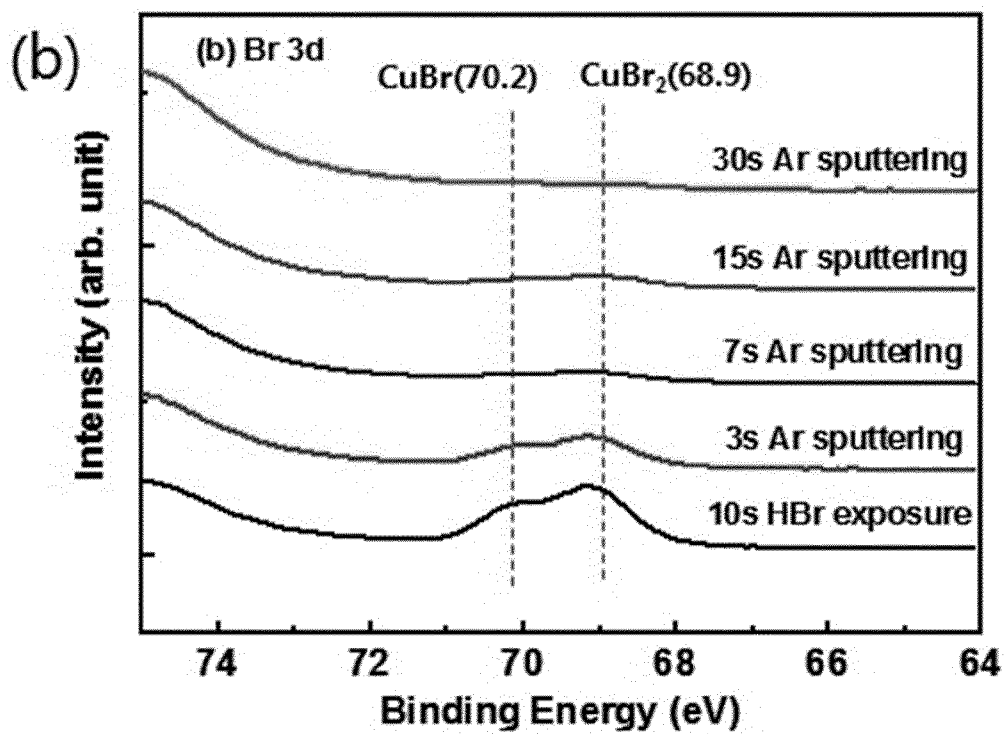
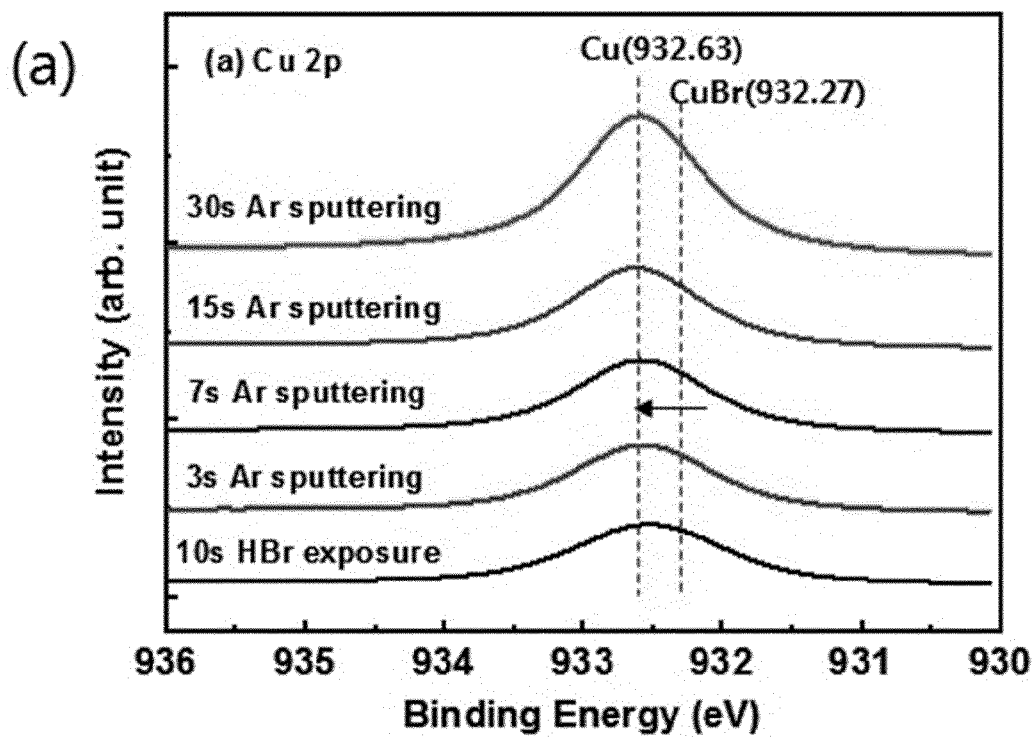
[도7]



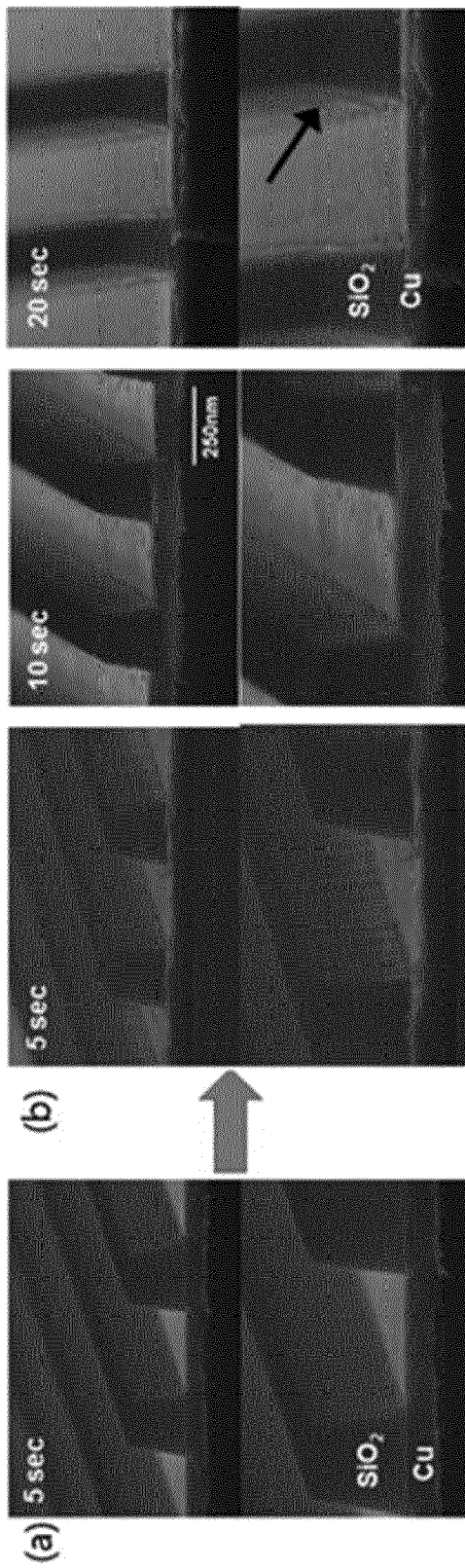
[도8]



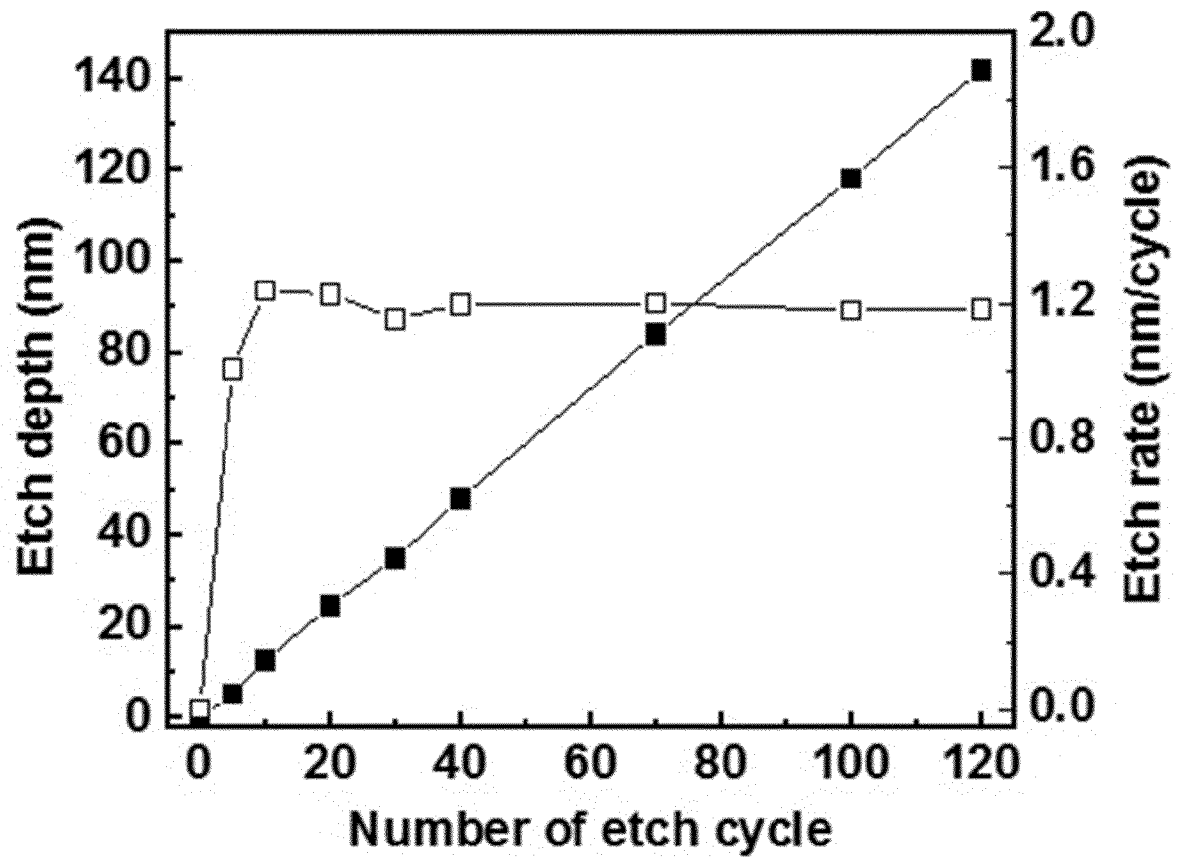
[도9]



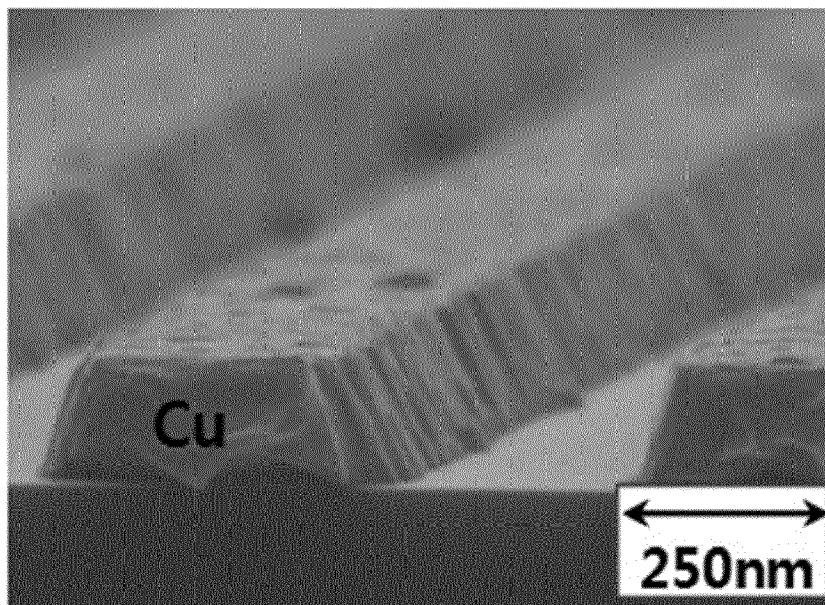
[도10]



[도11]



[도12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/006431

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 21/3213(2006.01)i; H01L 21/3205(2006.01)i; C23G 1/12(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L 21/3213(2006.01); H01L 21/02(2006.01); H01L 21/205(2006.01); H01L 21/3065(2006.01); H01L 21/311(2006.01); H01L 21/324(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 구리(copper), 원자층 식각(atomic layer etch), 할로젠(halogen), 아르곤(argon)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2018-0010990 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 31 January 2018 (2018-01-31) See paragraphs [0004], [0023]-[0031], [0045] and [0060] and claims 1-10.	1-8
A	KR 10-2017-0022922 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 02 March 2017 (2017-03-02) See claims 1-9 and figures 1-2.	1-8
A	KR 10-2019-0115099 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 10 October 2019 (2019-10-10) See claims 1-12 and figures 1-5.	1-8
A	KR 10-2016-0087348 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 21 July 2016 (2016-07-21) See claims 2, 4-5 and 7 and figure 1a.	1-8
A	KR 10-2017-0017789 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 15 February 2017 (2017-02-15) See claims 1 and 6 and figure 3.	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 September 2021

Date of mailing of the international search report

02 September 2021

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/006431

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR 10-2018-0010990	A	31 January 2018		CN	107644835	A	30 January 2018
				TW	201812903	A	01 April 2018
				US	9837312	B1	05 December 2017
KR 10-2017-0022922	A	02 March 2017		CN	106469678	A	01 March 2017
				JP	2017-063186	A	30 March 2017
				SG	10201606891	A	30 March 2017
				TW	201721751	A	16 June 2017
				US	10096487	B2	09 October 2018
				US	2017-0053810	A1	23 February 2017
KR 10-2019-0115099	A	10 October 2019		CN	107068556	A	18 August 2017
				CN	107068556	B	01 January 2021
				CN	110337709	A	15 October 2019
				EP	3586357	A1	01 January 2020
				JP	2020-508579	A	19 March 2020
				KR 10-2017-0093080		A	14 August 2017
				SG	11201907625	A	27 September 2019
				TW	201801175	A	01 January 2018
				US	10559475	B2	11 February 2020
				US	2018-0247832	A1	30 August 2018
				WO	2018-157090	A1	30 August 2018
KR 10-2016-0087348	A	21 July 2016		CN	105789027	A	20 July 2016
				CN	108807128	A	13 November 2018
				CN	108807128	B	24 November 2020
				CN	112530789	A	19 March 2021
				JP	2016-131238	A	21 July 2016
				SG	10201600099	A	30 August 2016
				TW	201641731	A	01 December 2016
				TW	I694166	B	21 May 2020
				US	10186426	B2	22 January 2019
				US	10515816	B2	24 December 2019
				US	2016-0203995	A1	14 July 2016
				US	9576811	B2	21 February 2017
				US	9805941	B2	31 October 2017
KR 10-2017-0017789	A	15 February 2017		CN	106449360	A	22 February 2017
				JP	2017-053024	A	16 March 2017
				SG	10201606450	A	30 March 2017
				TW	201717316	A	16 May 2017
				US	2017-00040214	A1	09 February 2017
				US	2018-0240682	A1	23 August 2018
				US	2020-0286743	A1	10 September 2020
				US	9972504	B2	15 May 2018

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01L 21/3213(2006.01)i; H01L 21/3205(2006.01)i; C23G 1/12(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01L 21/3213(2006.01); H01L 21/02(2006.01); H01L 21/205(2006.01); H01L 21/3065(2006.01); H01L 21/311(2006.01); H01L 21/324(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 구리(copper), 원자층 식각(atomic layer etch), 할로겐(halogen), 아르곤(argon)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2018-0010990 A (램 리써치 코포레이션) 2018.01.31 단락 [0004], [0023]-[0031], [0045], [0060] 및 청구항 1-10	1-8
A	KR 10-2017-0022922 A (램 리써치 코포레이션) 2017.03.02 청구항 1-9 및 도면 1-2	1-8
A	KR 10-2019-0115099 A (램 리써치 코포레이션) 2019.10.10 청구항 1-12 및 도면 1-5	1-8
A	KR 10-2016-0087348 A (램 리써치 코포레이션) 2016.07.21 청구항 2, 4-5, 7 및 도면 1a	1-8
A	KR 10-2017-0017789 A (램 리써치 코포레이션) 2017.02.15 청구항 1, 6 및 도면 3	1-8
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2021년09월02일(02.09.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년09월02일(02.09.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박혜련 전화번호 +82-42-481-3463

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2018-0010990 A	2018/01/31	CN 107644835 A	2018/01/30
		TW 201812903 A	2018/04/01
		US 9837312 B1	2017/12/05
KR 10-2017-0022922 A	2017/03/02	CN 106469678 A	2017/03/01
		JP 2017-063186 A	2017/03/30
		SG 10201606891 A	2017/03/30
		TW 201721751 A	2017/06/16
		US 10096487 B2	2018/10/09
		US 2017-0053810 A1	2017/02/23
KR 10-2019-0115099 A	2019/10/10	CN 107068556 A	2017/08/18
		CN 107068556 B	2021/01/01
		CN 110337709 A	2019/10/15
		EP 3586357 A1	2020/01/01
		JP 2020-508579 A	2020/03/19
		KR 10-2017-0093080 A	2017/08/14
		SG 11201907625 A	2019/09/27
		TW 201801175 A	2018/01/01
		US 10559475 B2	2020/02/11
		US 2018-0247832 A1	2018/08/30
		WO 2018-157090 A1	2018/08/30
KR 10-2016-0087348 A	2016/07/21	CN 105789027 A	2016/07/20
		CN 108807128 A	2018/11/13
		CN 108807128 B	2020/11/24
		CN 112530789 A	2021/03/19
		JP 2016-131238 A	2016/07/21
		SG 10201600099 A	2016/08/30
		TW 201641731 A	2016/12/01
		TW I694166 B	2020/05/21
		US 10186426 B2	2019/01/22
		US 10515816 B2	2019/12/24
		US 2016-0203995 A1	2016/07/14
		US 9576811 B2	2017/02/21
		US 9805941 B2	2017/10/31
KR 10-2017-0017789 A	2017/02/15	CN 106449360 A	2017/02/22
		JP 2017-053024 A	2017/03/16
		SG 10201606450 A	2017/03/30
		TW 201717316 A	2017/05/16
		US 2017-00040214 A1	2017/02/09
		US 2018-0240682 A1	2018/08/23
		US 2020-0286743 A1	2020/09/10
		US 9972504 B2	2018/05/15