(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0093342
(43) 공개일자 2017년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *C23C 16/448* (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02274 (2013.01)
C23C 16/448 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0014605
(22) 출원일자 2016년02월05일
심사청구일자 2016년02월05일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김형준
서울특별시 영등포구 국제금융로 79 한양아파트 E동 201호
오일권
서울특별시 서대문구 증가로 23 (연희동) 203호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
권혁수, 송윤호

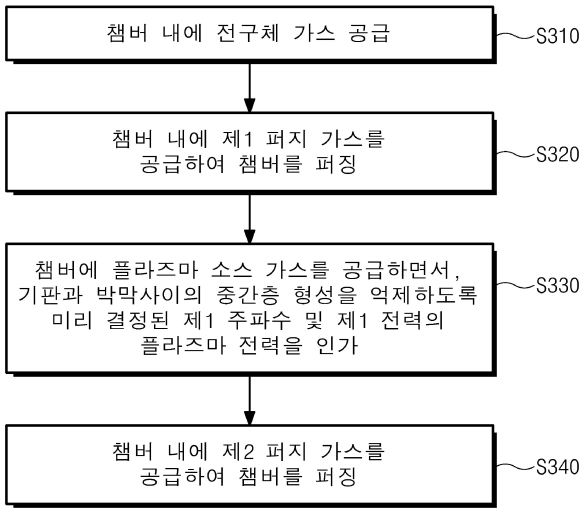
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **박막 형성 방법**

(57) 요 약

본 발명은 중간층(interlayer)의 형성을 억제하는 박막 형성 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법은 기판이 배치된 챔버 내에 전구체 가스를 공급하는 것, 챔버 내에 제1 퍼지 가스를 공급하여 상기 챔버를 퍼징하는 것, 챔버 내에 플라즈마 가스를 공급하는 것, 및 챔버 내에 제2 퍼지 가스를 공급하여 챔버를 퍼징하는 것을 포함하고, 챔버 내에 플라즈마 가스를 공급하는 것은, 챔버 내에 상기 플라즈마 가스를 공급하면서, 상기 기판과 상기 박막 사이에 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가하는 것을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H01J 37/32091 (2013.01)
H01L 21/02172 (2013.01)
H01L 21/0228 (2013.01)
H01L 21/205 (2013.01)
(72) 발명자
윤창모
서울특별시 서대문구 성산로17길 18-5 (연희동) 102호

이한보람
서울특별시 강남구 삼성로85길 11, 롯데캐슬아파트 101동 1503호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711026083
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 산업기술혁신사업
연구과제명 초미세 반도체와 플렉서블 디스플레이 공정을 위한 무기물 박막증착용 고밀도 플라즈마 기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 성균관대학교산학협력단
연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판 상에 박막을 형성하는 박막 형성 방법으로서,

상기 기판이 배치된 챔버 내에 전구체 가스를 공급하고,

상기 챔버 내에 상기 플라즈마 가스를 공급하면서, 상기 기판과 상기 박막 사이에 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가하는 것을 포함하는 박막 형성 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 주파수는 30~300 MHz 대역 내에서 미리 결정된 주파수이고, 상기 제1 전력은 0 초과 300 W 미만의 범위 내에서 미리 결정된 전력인 박막 형성 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 제1 전력은 50W 초과, 300W 미만의 범위 내에서 미리 결정된 전력인 박막 형성 방법.

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 제1 전력은 100W인 박막 형성 방법.

청구항 5

제2 항에 있어서,

상기 제1 주파수는 60MHz인 박막 형성 방법.

청구항 6

제2 항에 있어서,

상기 플라즈마 전력을 인가하는 것은,

상기 전구체 가스를 구성하는 전구체 물질의 상기 기판으로의 침투 깊이, 그리고 상기 플라즈마 가스를 구성하는 소스 물질의 상기 기판으로의 침투 깊이가 각각 3nm 미만이 되도록 상기 제1 주파수 및 상기 제1 전력을 인가하는 박막 형성 방법.

청구항 7

기판; 및

상기 기판 상에 직접 증착되고, 금속과 산소가 결합된 금속 산화물을 포함하는 산화물층을 포함하고,

상기 기판으로의 금속 침투 깊이와 상기 기판으로의 산소 침투 깊이가 각각 3nm 미만인 박막.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 금속 산화물은 알루미늄 산화물(Al_2O_3)를 포함하고,

상기 기판으로의 금속 침투 깊이는 알루미늄을 포함하는 금속이 기판으로 침투된 깊이인 박막.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 박막 형성 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 중간층의 형성을 억제할 수 있는 박막 형성 방법 및 박막 형성 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 기판에 박막을 증착하는 기술로 원자층 단위의 얇은 박막을 증착하는 원자층 증착(Atomic Layer Deposition, ALD) 공정이 연구되고 있다. 원자층 증착 공정은 기존의 화학 기상 증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 공정에 비해 단차 피복성(step coverage)이 우수하며 넓은 면적에 걸쳐 균일한 두께의 박막을 증착할 수 있어, nm 단위의 입체적 구조를 갖는 반도체 소자의 제조에서 큰 호응을 얻고 있다.

[0003] 이러한 원자층 증착 공정은 공정에 사용되는 반응 물질에 따라 열적 원자층 증착법(thermal ALD)과 플라즈마 향상 원자층 증착(plasma enhanced ALD, PE-ALD)로 구분된다. 열적 원자층 증착은 금속 전구체 물질과 반응하는 반응 물질이 기체 상태로 제공되는 반면, 플라즈마 향상 원자층 증착은 반응 물질이 플라즈마 상태로 제공된다.

[0004] 플라즈마 향상 원자층 증착법(PE-ALD)은 열적 원자층 증착법(thermal ALD)에 비해 증착률(growth rate)이 높고, 박막 밀도가 높으며, 공정 온도를 낮출 수 있는 장점이 있어 관심을 받고 있다.

[0005] 그러나, 플라즈마 향상 원자층 증착법(PE-ALD)은 열에너지를 이용하는 열적 원자층 증착법(thermal ALD)보다 높은 에너지를 갖는 플라즈마를 이용하기 때문에 박막 형성을 위한 물질들이 기판으로 침투되어 박막과 기판을 이루는 물질과 박막을 이루는 물질이 혼합된 중간층(interlayer)가 형성된다. 이와 같은 중간층은 유전 상수가 작기 때문에 전체 박막의 유전율을 저하시키는 문제점이 있다.

[0006] 따라서, 플라즈마 향상 원자층 증착법에 있어 중간층의 형성을 억제할 수 있는 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 PE-ALD를 이용한 박막 형성 방법에 있어서, 중간층 형성을 억제할 수 있는 박막 형성 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 다른 기술적 과제들은 이하의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시 예에 따른 기판 상에 박막을 형성하는 박막 형성 방법은상기 기판이 배치된 챔버 내에 전구체 가스를 공급하고, 상기 챔버 내에 상기 플라즈마 가스를 공급하면서, 상기 기판과 상기 박막 사이에 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가하는 것을 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 있어서, 상기 제1 주파수는 30~300 MHz 대역 내에서 미리 결정된 주파수이고, 상기 제1 전력은 0초과 300 W 미만의 범위 내에서 미리 결정된 전력일 수 있다.

[0011] 일 실시 예에 있어서, 상기 제1 전력은 50W 초과, 300W 미만의 범위 내에서 미리 결정된 전력일 수 있다.

[0012] 일 실시 예에 있어서, 상기 제1 전력은 100W일 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 있어서, 상기 제1 주파수는 60MHz일 수 있다.

[0014] 일 실시 예에 있어서, 상기 플라즈마 전력을 인가하는 것은 상기 전구체 가스를 구성하는 전구체 물질의 상기 기판으로의 침투 깊이, 그리고 상기 플라즈마 가스를 구성하는 소스 물질의 상기 기판으로의 침투 깊이가 각각 3nm 미만이 되도록 상기 제1 주파수 및 상기 제1 전력을 인가할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막은 기판; 및 상기 기판 상에 직접 증착되고, 금속과 산소가 결합된 금속 산화

물을 포함하는 산화물층을 포함하고, 상기 기판으로의 금속 침투 깊이와 상기 기판으로의 산소 침투 깊이가 각각 3nm 미만일 수 있다.

[0016] 일 실시 예에 있어서, 상기 금속 산화물은 알루미늄 산화물(Al_2O_3)를 포함하고, 상기 기판으로의 금속 침투 깊이는 알루미늄을 포함하는 금속이 기판으로 침투된 깊일 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법에 의하면 PE-ALD로 박막 형성시 중간층을 억제할 수 있는 효과가 있다.

[0018] 본 발명의 효과는 상술한 효과들로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 효과들은 본 명세서 및 첨부된 도면으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법에 따라 박막을 형성하기 위한 박막 형성 장치를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법의 공정 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 4a 내지 도 4b는 본 발명의 실시 예에 따라 형성된 박막의 TEM 이미지이다.

도 5a 내지 도 5b, 도 6, 도 7은 비교예 1 내지 3에 따라 형성된 박막의 TEM 이미지이다.

도 8은 박막의 플라즈마 전력에 따른 박막의 증착률을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술 되는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0021] 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미가 있다. 일반적인 사전들에 의해 정의된 용어들은 관련된 기술 그리고/혹은 본 출원의 본문에 의미하는 것과 동일한 의미를 갖는 것으로 해석될 수 있고, 그리고 여기서 명확하게 정의된 표현이 아니더라도 개념화되거나 혹은 과도하게 형식적으로 해석되지 않을 것이다. 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다.

[0022] 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다' 및/또는 이 동사의 다양한 활용형들 예를 들어, '포함', '포함하는', '포함하고', '포함하며' 등은 언급된 조성, 성분, 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 조성, 성분, 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 또한 '구비한다', '갖는다' 등도 이와 동일하게 해석되어야 한다. 또한, '상에', '상에서'는 반드시 다른 구성요소 '위에' 있는 것으로 한정되지 않으며, 다른 구성 요소의 '아래', '옆에' 있는 것도 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용된 "제 1," "제 2," 등의 표현들은 다양한 구성요소들을, 순서 및/또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않으며, 반드시 다른 구성요소를 의미하는 것은 아니다.

[0023] 본 발명은 중간층(interlayer)의 형성을 억제하는 박막 형성 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법은 기판이 배치된 챔버 내에 전구체 가스를 공급하는 것, 챔버 내에 제1 퍼지 가스를 공급하여 상기 챔버를 퍼징하는 것, 챔버 내에 플라즈마 가스를 공급하는 것, 및 챔버 내에 제2 퍼지 가스를 공급하여 챔버를 퍼징하는 것을 포함하고, 챔버 내에 플라즈마 가스를 공급하는 것은, 챔버 내에 상기 플라즈마 가스를 공급하면서, 상기 기판과 상기 박막 사이에 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1

전력의 플라즈마 전력을 인가하는 것을 포함할 수 있다.

[0024] 중간층(interlayer)은 에너지 대 구조가 다른 두 물질이 접촉시키는 헤테로 접합에서 두 물질 접촉시 가해지는 에너지로 인해 에너지 대 구조가 다른 두 물질 사이에 두 물질을 이루가 원소가 혼합되어 형성되는 층일 수 있다. 예로서, 헤테로 접합된 두 개의 박막의 경우, 각 박막을 이루는 원소 또는 원소들의 원자 퍼센트(%)가 각각 40% 이상이고, 각 원소의 두께에 따른 원자 퍼센트의 편차가 1nm당 3% 이하로 나타나는 영역일 수 있다. 일 실시 예로서, 실리콘(Si) 기판 상에 산화알루미늄(Al_2O_3) 박막을 형성하는 경우, 중간층은 실리콘(Si) 기판과 산화알루미늄(Al_2O_3) 박막 사이에 Si, Al, O가 모두 혼합되어 있는 층일 수 있다. 이러한 중간층은 유전 상수가 작아 박막 전체의 유전율을 저하시킨다. 중간층은 헤테로 접합(hetero junction)시 에너지가 가해질 때 형성되는 것으로, 열에너지가 가해지는 열적 원자층 증착(thermal ALD)보다 높은 에너지를 갖는 플라즈마를 이용하는 플라즈마 향상 원자층 증착(PE-ALD)의 경우 더 두껍게 형성된다. 따라서, 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법은 플라즈마 향상 원자층 증착법(PE-ALD)을 이용하여 박막 증착률 및 박막 밀도가 향상된 박막을 형성하면서도 중간층의 형성을 억제하여 고유전율을 갖는 박막 형성 방법을 제공한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막을 형성하기 위한 박막 형성 장치의 개략적인 도면이다.

[0026] 도 1에 도시된 바와 같이, 박막 형성 장치(10)는 공정이 수행되는 공간을 제공하는 챔버(110), 기판(S)을 지지하는 기판 지지부(120), 가스 공급부(130), 배기부(140), 플라즈마 생성부(150), 플라즈마 전원(160), 임피던스 정합부(170) 및 샤워헤드(180)을 포함할 수 있다.

[0027] 가스 공급부(130)는 상기 챔버(110) 내로 가스를 공급한다. 가스 공급부(130)는 전구체 가스를 공급하는 전구체 가스 공급부, 플라즈마 가스를 공급하는 플라즈마 가스 공급부, 챔버 내의 잔류 가스를 퍼징(purging)하는 퍼지 가스를 공급하는 퍼지 가스 공급부를 포함할 수 있다. 배기부(140)는 상기 챔버(110) 내 가스를 배출시킨다.

[0028] 배기부(140)는 펌프 등을 이용하여 상기 챔버(110) 내에 남아있는 가스 또는 반응 부산물을 챔버 밖으로 배출시킬 수 있다. 또한, 상기 배기부(140)는 공정 진행 도중 상기 챔버 내 압력을 기설정된 압력으로 조절할 수도 있다.

[0029] 플라즈마 생성부(150)는 상기 챔버(110)에 설치되어 챔버(110) 내에 플라즈마를 생성한다. 일 실시 예로서, 플라즈마 생성부(150)는 상기 기판(S)을 사이에 두고 서로 마주보도록 설치되어 상기 챔버(110) 내에 전기장을 형성하는 상부 전극 및 하부 전극을 포함할 수 있다. 즉, 플라즈마 생성부(150)는 CCP(Capacitively Coupled Plasma) 타입일 수 있다. 도 1에 도시된 플라즈마 생성부(150)는 챔버(110)의 상부에 설치된 상부 전극(150)과 기판 지지부(120)에 배치된 하부 전극(미도시)으로 구성된다. 다른 실시 예로서, 플라즈마 생성부(150)는 챔버(110)의 상부 또는 측부에 설치되어 상기 챔버(110) 내에 전자장을 형성하는 코일을 포함할 수 있다. 즉, 플라즈마 생성부(150)는 ICP(Inductively Coupled Plasma) 타입일 수 있다.

[0030] 상기 플라즈마 전원(160)은 기판(S)과 박막 사이에 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가할 수 있다. 예로서, 제1 주파수는 30~300 MHz 대역 내에서 미리 결정된 주파수이고, 제1 전력은 0 초과 300 W 미만의 범위 내에서 미리 결정된 전력일 수 있다.

[0031] 임피던스 정합부(170)는 플라즈마 전원(160)과 플라즈마 생성부(150) 사이에 연결되어 상기 플라즈마 전원(160)의 출력 임피던스와 상기 플라즈마 생성부(150)의 입력 임피던스를 정합시시킬 수 있다.

[0032] 샤워 헤드(180)는 기판(S)의 상부에 설치되어 플라즈마 생성부(150)에 의해 생성된 플라즈마를 상기 기판(S) 상에 균일하게 공급할 수 있다.

[0033] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법의 공정 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0034] 도 2에 도시된 바와 같이, 가스 공급부(130)는 챔버(110)에 기판(S)이 배치된 후, 챔버(110)에 금속 전구체 가스를 기설정된 제1 시간(t_1) 동안 기 설정된 제1 유량만큼 공급할 수 있다. 그러고 나서, 가스 공급부(130)는 챔버(110)에 퍼지 가스를 기설정된 제2 시간(t_2) 동안 기설정된 제2 유량만큼 공급할 수 있다. 이후, 가스 공급부(130)는 챔버(110)에 플라즈마 가스를 기설정된 제3 시간(t_3) 동안 기설정된 제3 유량만큼 공급할 수 있다. 이 경우, 플라즈마 가스 공급하면서, 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수와 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가하여 플라즈마 가스를 플라즈마 상태로 변환시킨다. 그러고 나서, 가스 공급부(130)는 다시 퍼지 가스를 제2 시간(t_2) 동안 제2 유량만큼 공급할 수 있다. 이와 같이, 전구체 가스, 퍼지 가스, 플라즈마 가스 및 퍼지 가스 순으로 챔버(110)에 공정 가스를 공급함으로써 기판(S) 상에 원자층 단위로 높은 증착률 및 박막

밀도를 갖는 박막을 증착할 수 있다. 또한, 플라즈마 소스 공급시 기설정된 범위의 주파수와 전력으로 플라즈마 전력을 인가함으로써 중간층의 형성을 억제하여 중간층의 형성되지 않는 박막을 증착할 수 있다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0036] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 박막 형성 방법은 챔버 내에 전구체 가스 공급하는 것(S310), 챔버 내에 제1 퍼지 가스를 공급하여 챔버를 퍼징하는 것(S320), 챔버에 플라즈마 가스를 공급하면서, 기판과 박막 사이에 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가하는 것(S330) 및 챔버 내에 제2 퍼지 가스를 공급하여 챔버를 퍼징하는 것(S340)을 포함할 수 있다.

[0037] 상기 챔버에 플라즈마 가스를 공급하면서, 기판과 박막 사이에 중간층의 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가하는 것(S330)은 상기 전구체 가스를 구성하는 전구체 물질의 상기 기판으로의 침투 깊이, 그리고 상기 플라즈마 가스를 구성하는 소스 물질의 상기 기판으로의 침투 깊이가 각각 3nm 미만이 되도록, 상기 챔버 내에 상기 플라즈마 가스를 공급하면서 상기 제1 주파수 및 상기 제1 전력의 상기 플라즈마 전력을 인가하는 것을 포함할 수 있다. 예로서, 상기 기판으로의 침투 깊이는 기판을 이루는 원소의 원자 퍼센트와 상기 박막을 이루는 원소들의 원자 퍼센트의 합이 각각 40% 이상이고, 각 원소에 대해 두께에 따른 원자 퍼센트의 편차가 1nm당 3%이하인 영역일 수 있다.

[0038] 일 실시 예에 있어서, 상기 제1 주파수는 30~300 MHz 대역 내에서 미리 결정된 주파수이고, 상기 제1 전력은 0 초과 300 W 미만의 범위 내에서 미리 결정된 전력일 수 있다. 더 바람직하게는 상기 제1 전력은 50W 초과, 300W 미만의 범위 내에서 미리 결정된 전력일 수 있다. 가장 바람직하게는 상기 제1 주파수는 60MHz이고, 상기 제1 전력은 100W일 수 있다.

[0039] 이하, 본 발명의 실시 예 및 비교 예에 따른 결과를 참조하여 더 상세하게 설명한다.

[0040] [실시예]

[0041] PE-ALD를 통해 실리콘(Si) 기판 상에 산화알루미늄(Al_2O_3)를 증착하는 실험을 진행하였다. p-타입의 Si 웨이퍼를 이용하였고, 공정이 수행될 동안 기판의 온도는 180 ℃로 유지되었으며, 챔버 내 압력은 24 mTorr로 유지되었다. 또한, 알루미늄 전구체 가스로 트리메틸알루미늄(Trimethylaluminum(TMA), $Al(CH_3)_3$)을 사용하였고, 플라즈마를 형성하기 위한 소스 가스로 산소(O_2)를 사용하였으며, 챔버의 퍼징을 위한 퍼지 가스로 아르곤(Ar)을 사용하였다.

[0042] 먼저, 공정 챔버로 트리메틸알루미늄(Trimethylaluminum(TMA), $Al(CH_3)_3$)을 1sccm 만큼 3초 동안 공급하였다. 이후, 챔버 내에 아르곤(Ar) 가스를 50 sccm만큼 6 초 동안 공급하여 챔버를 퍼징하였다. 그리고 나서, 실리콘 기판에 흡착되어 있는 알루미늄 전구체로부터 알루미늄 산화물 박막을 형성하기 위해, 산소(O_2)를 200 sccm만큼 1초 동안 공급하면서, 산소(O_2)를 산소 플라즈마로 변환하기 위해 60MHz의 주파수를 갖는 100W의 플라즈마 전력을 인가하였다. 이후, 챔버 내에 아르곤(Ar) 가스를 50 sccm만큼 6 초 동안 공급하여 챔버를 퍼징하였다. 그리고, 이와 같은 박막 형성 사이클을 100번 반복하였다.

[0043] [비교예 1]

[0044] 다른 과정은 상기 실시예와 동일하게 수행하되, 상기 플라즈마 전력의 주파수만을 달리하여 13.56MHz의 주파수를 갖는 100W의 전력을 인가하였다.

[0045] [비교예 2]

[0046] 다른 과정을 상기 실시예와 동일하게 수행하되, 상기 플라즈마 전력의 주파수 및 전력을 달리하여 13.56MHz의 주파수를 갖는 300W의 전력을 인가하였다.

[0047] [비교예 3]

[0048] 다른 과정을 상기 실시예와 동일하게 수행하되, 상기 플라즈마 전력의 전력만을 달리하여 60MHz의 주파수를 갖는 300W의 전력을 인가하였다.

[0050] 도 4a 내지 도 4b는 본 발명의 상기 실시예에 따라 형성된 박막의 투과전자현미경(TEM) 이미지이다. 도 4a는 본

발명의 실시예에 따라 실리콘(Si) 기판 상에 형성된 산화알루미늄 박막(Al_2O_3)의 TEM 이미지이고, 도 4b는 도 4a의 점선 영역을 확대한 확대도이다.

[0051] 도 4a 내지 도 4b를 참조하면, 실리콘 기판과 산화알루미늄 박막 사이에 실리콘 또는 산화알루미늄 외의 다른 물질로 이루어진 중간층이 존재하지 않음을 확인할 수 있다.

[0052] 도 5a는 비교예 1에 따라 실리콘(Si) 기판 상에 형성된 산화알루미늄 박막(Al_2O_3)의 TEM 이미지이고, 도 5b는 도 5a의 점선 영역을 확대한 확대도이다.

[0053] 도 5a 내지 도 5b를 참조하면, 비교예 1의 경우 실리콘 기판과 산화알루미늄 박막 사이에 실리콘 또는 산화알루미늄 외의 다른 물질로 이루어진 약 3nm 정도의 중간층이 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0054] 도 6은 본 발명의 비교예 2에 따라 실리콘(Si) 기판 상에 형성된 산화알루미늄 박막(Al_2O_3)의 TEM 이미지이다.

[0055] 도 6을 참조하면, 비교예 2의 경우 실리콘 기판과 산화알루미늄 박막 사이에 실리콘 또는 산화알루미늄 외의 다른 물질로 이루어진 약 6nm 정도의 중간층이 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0056] 도 7은 본 발명의 비교예 3에 따라 실리콘(Si) 기판 상에 형성된 산화알루미늄 박막(Al_2O_3)의 TEM 이미지이다.

[0057] 도 7 참조하면, 비교예 3의 경우 실리콘 기판과 산화알루미늄 박막 사이에 실리콘 또는 산화알루미늄 외의 다른 물질로 이루어진 약 3nm 정도의 중간층이 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0058] 상기 실시예와 비교예 1 내지 3에 따른 실험 결과를 비교해볼 때, 플라즈마 전력의 주파수가 30~300MHz이고, 전력이 0초과, 300W 미만인 범위에서 중간층이 형성되지 않는 이질적이 효과가 인정된다. 즉, 본 발명의 상기 실시예에 따라 플라즈마 전력의 주파수가 60MHz이고, 전력이 100W인 경우, 중간층의 형성을 억제되어 중간층이 형성되지 않았고, 비교예 3에 따라 플라즈마 전력이 300W인 경우 중간층이 형성되었으므로 플라즈마 전력이 300W 미만인 범위에서 이질적인 효과가 인정된다. 또한, 비교예 1, 2에 따라 주파수가 30~300MHz 외인 13.56MHz인 경우에도 전력에 무관하게 중간층이 형성되었으므로, 플라즈마 전력의 주파수가 30~300MHz이고, 전력이 0초과, 300W 미만인 경우, 이외의 범위에 대해 이질적인 효과가 인정된다.

[0059] 즉, PE-ALD로 주파수가 30~300MHz이고, 전력이 0초과, 300W 미만인 플라즈마 전력을 인가하여 형성된 박막은 기판 상게 직접 증착되고, 금속과 산소가 결합된 금속 산화물을 포함하는 산화물층을 포함하고, 상기 기판으로의 금속 침투 깊이와 상기 기판으로의 산소 침투 깊이가 각각 3nm 미만일 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 상기 기판은 실리콘 기판일 수 있고, 상기 산화물층은 산화알루미늄을 포함하는 알루미늄 산화물층일 수 있다. 이 경우, 상기 기판으로의 금속 침투 깊이와 상기 기판으로의 산소 침투 깊이는 상기 박막에서 실리콘의 원자 퍼센트가 적어도 40% 이상이면서 알루미늄의 원자 퍼센트와 산소의 원자 퍼센트의 합이 40% 이상이고, 각 원소에 대해 두께에 따른 원자 퍼센트의 편차가 1nm당 3%이하인 영역일 수 있다.

[0060] 도 8은 박막의 플라즈마 전력에 따른 박막의 증착률을 나타내는 도면이다.

[0061] 도 8을 참조하면, 60MHz의 동일한 주파수로 50W, 100W의 플라즈마 전력을 인가한 경우의 박막 증착률을 알 수 있다. 도 8에 나타난 바와 같이, 50W의 경우 100W 보다 박막 증착률이 낮게 나타난다. 따라서, 플라즈마 전력이 50W를 초과하고, 300W 미만이면서, 주파수가 30~300MHz인 경우 높은 박막 증착률로 중간층이 없는 박막을 증착할 수 있다.

[0062] 이상의 실시 예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시예들도 본 발명의 범위에 속할 수 있음을 이해하여야 한다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 도시된 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 반대로 여러 개로 분산된 구성 요소들은 결합되어 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이며, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 문언적 기재 그 자체로 한정되는 것이 아니라 실질적으로는 기술적 가치가 균등한 범주의 발명에 대하여까지 미치는 것임을 이해하여야 한다.

부호의 설명

[0063] 10: 박막 형성 장치

110: 챔버

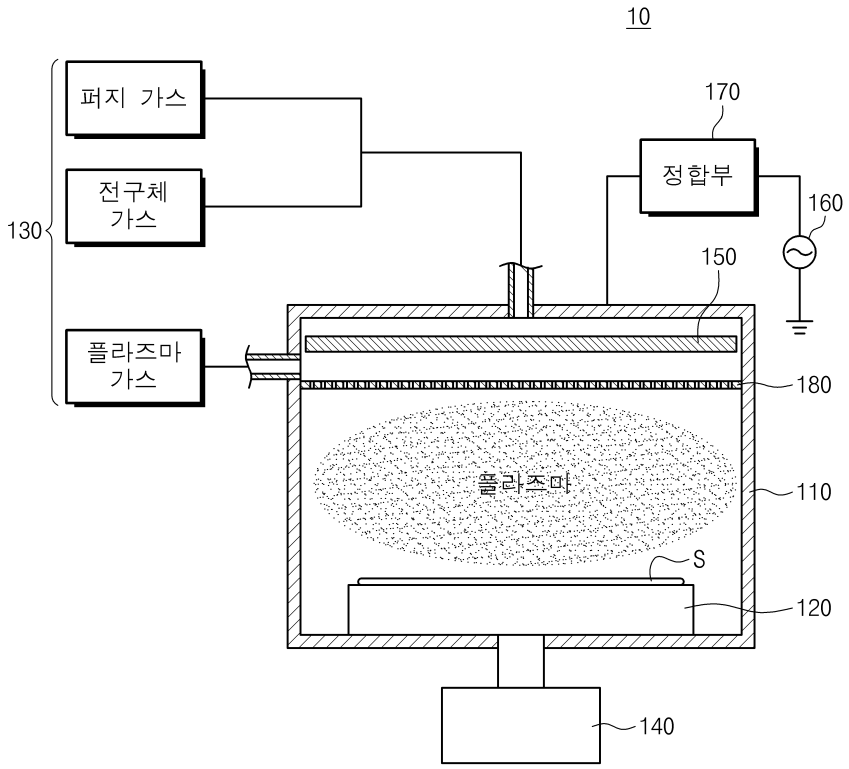
130: 가스 공급부

150: 플라즈마 생성부

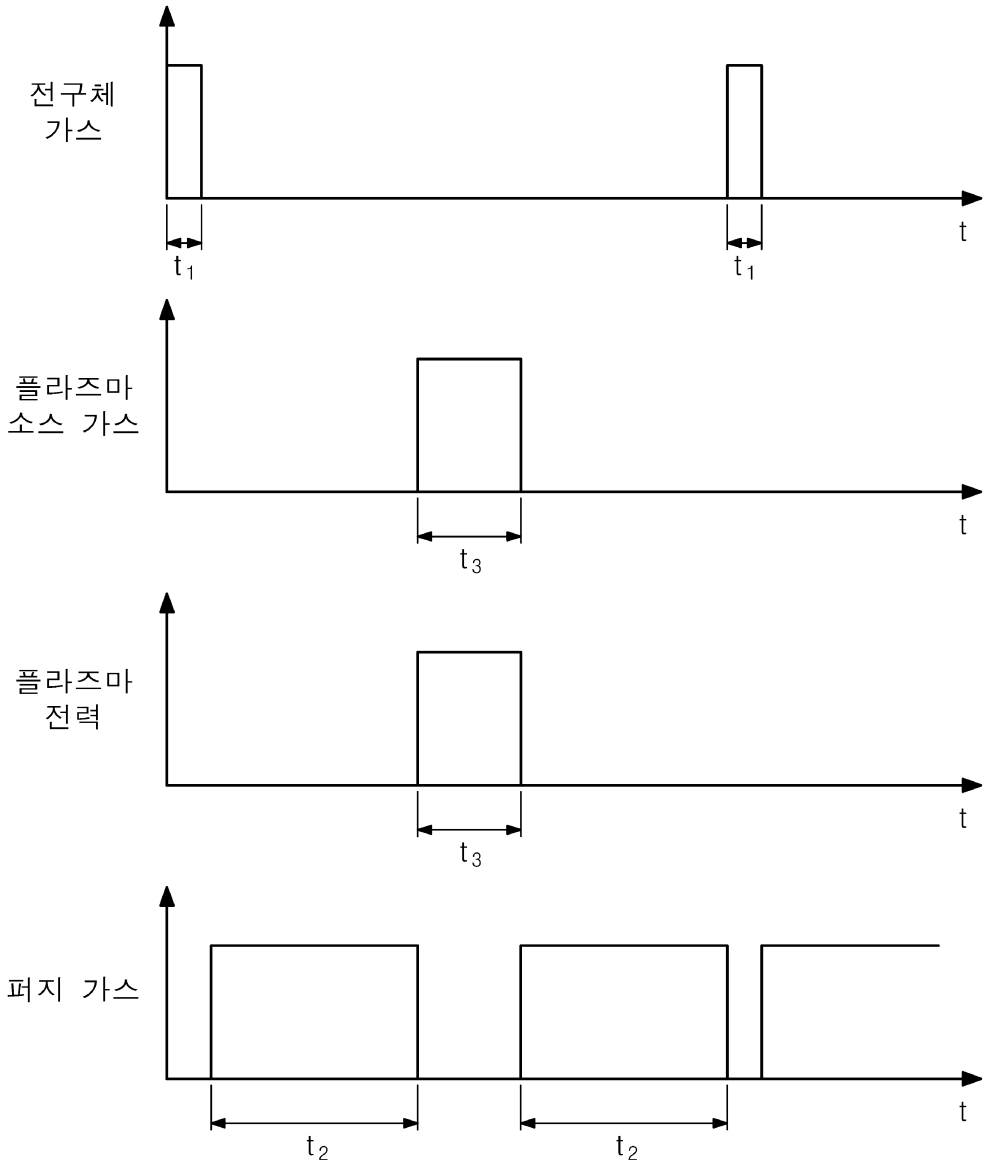
160: 플라즈마 전원

도면

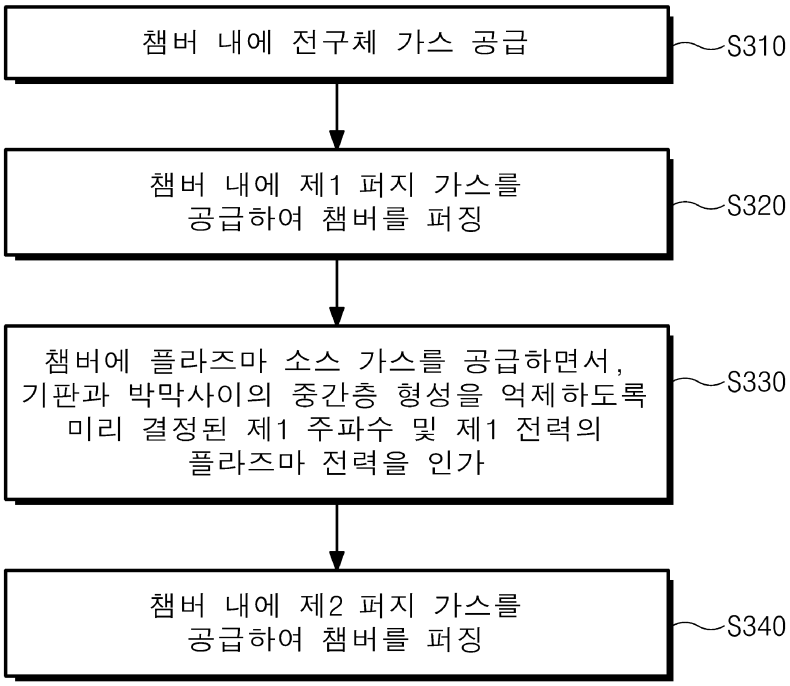
도면1



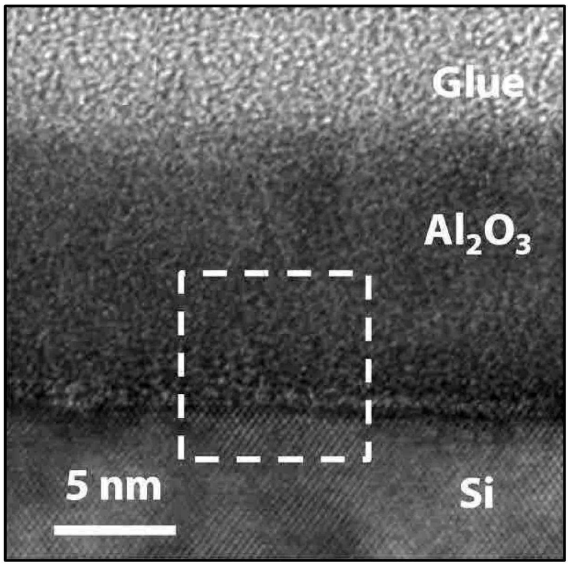
도면2



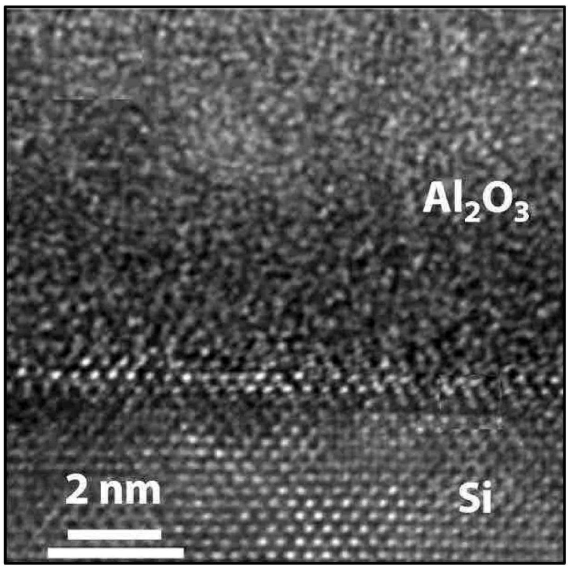
도면3


챔버 내에 전구체 가스 공급
S310
챔버 내에 제1 퍼지 가스를 공급하여 챔버를 퍼징
S320
챔버에 플라즈마 소스 가스를 공급하면서, 기판과 박막사이의 중간층 형성을 억제하도록 미리 결정된 제1 주파수 및 제1 전력의 플라즈마 전력을 인가
S330
챔버 내에 제2 퍼지 가스를 공급하여 챔버를 퍼징
S340

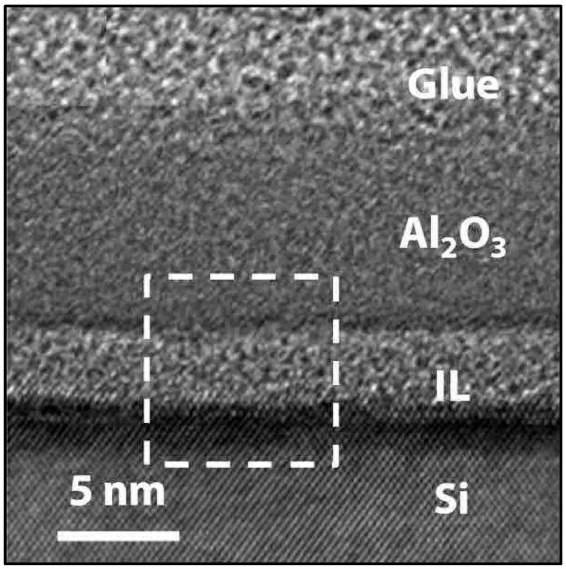
도면4a


Glue
Al_2O_3
5 nm
Si

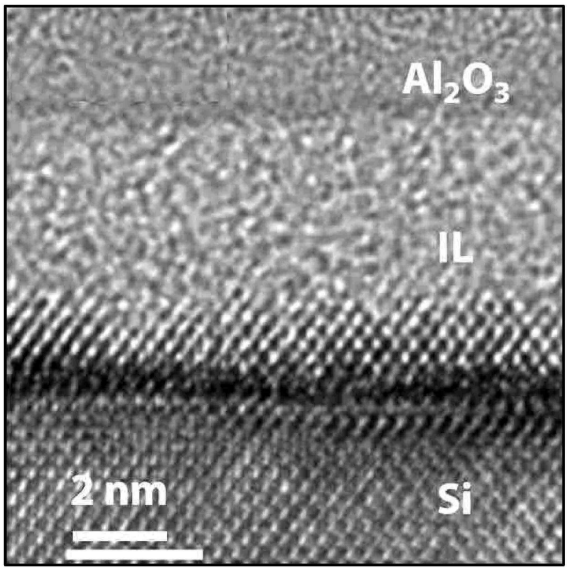
도면4b



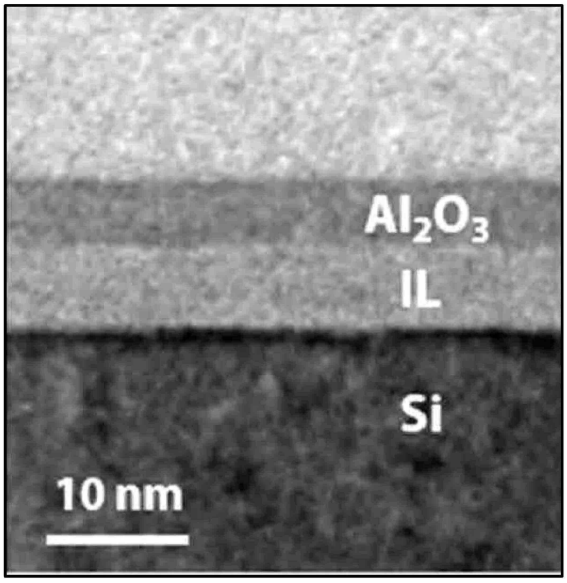
도면5a



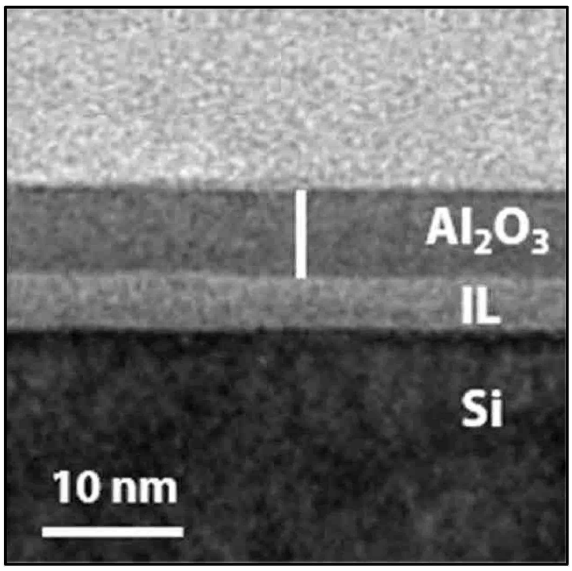
도면5b



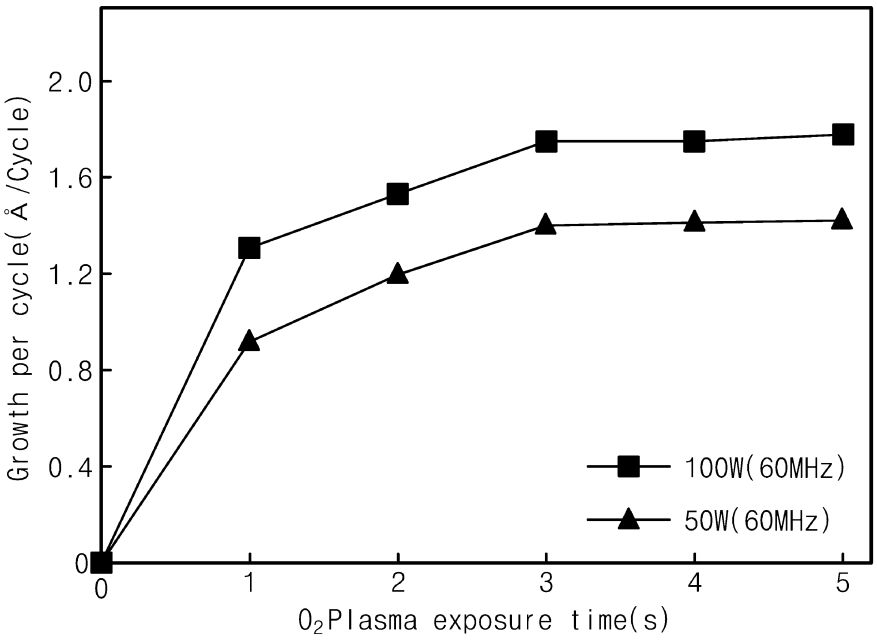
도면6



도면7


Al_2O_3
IL
Si
10 nm

도면8


Growth per cycle(Å/Cycle)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0
0
1
2
3
4
5
O_2Plasma exposure time(s)
100W(60MHz)
50W(60MHz)