



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0101216
(43) 공개일자 2015년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/28 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0022648

(22) 출원일자 2014년02월26일

심사청구일자 2014년02월26일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 (송도동)

(72) 발명자

김형준

서울 영등포구 국제금융로 108-6, B동 107호 (여의도동, 진주아파트)

윤재홍

서울 성동구 독서당로 175, 101동 401호 (옥수동, 극동그린아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권혁수, 송윤호

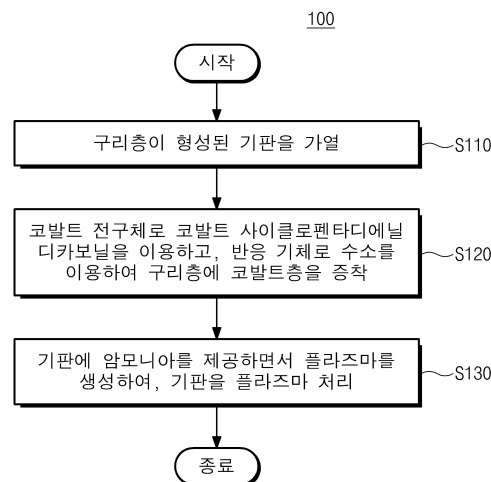
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 구리층 캡핑 방법 및 그를 이용한 구리 배선 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 구리층 캡핑 방법 및 그를 이용한 구리 배선 제조 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법은, 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계; 코발트 전구체로 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐(cobalt cyclopentadienyl dicarbonyl)을 이용하고, 반응 기체로 수소를 이용하여 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계; 및 상기 기판에 암모니아를 제공하면서 플라즈마를 생성하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계;를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김수현

경기 의정부시 신곡로 13, 207동 1603호 (신곡동,
현대2차아파트)

이한보람

서울특별시 강서구 우장산로 8길 49 901호 (내발산
동, 홍익아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415131597

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발

연구과제명 초미세 고신뢰성 배선기술

기 여 율 1/1

주관기관 한국반도체연구조합

연구기간 2013.03.01 ~ 2014.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계;

코발트 전구체로 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐(cobalt cyclopentadienyl dicarbonyl)을 이용하고, 반응 기체로 수소를 이용하여 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계; 및

상기 기판에 암모니아를 제공하면서 플라즈마를 생성하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계;

를 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계는, 상기 기판을 180 내지 250℃로 가열하는 단계를 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계는, 상기 기판을 200℃로 가열하는 단계를 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는, 상기 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐 및 수소를 이용하여 화학 기상 증착 기법으로 상기 구리층에 상기 코발트층을 증착하는 단계를 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 화학 기상 증착 기법으로 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는, 상기 기판이 위치하는 챔버의 압력을 30 mTorr로 설정하고, 상기 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐이 담긴 캐니스터의 온도를 0℃로 유지하고, 상기 챔버에 상기 수소를 400 sccm의 유량으로 공급하여, 상기 구리층에 상기 코발트층을 증착하는 단계를 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 화학 기상 증착 기법으로 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는, 상기 캐니스터에 불활성 기체를 30 sccm의 유량으로 공급하는 단계를 더 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는, 상기 기판의 온도를 180 내지 250℃로 유지하고, 상기 암모니아의 유량을 200 sccm으로 설정하고, 상기 플라즈마를 생성하기 위한 RF 전력을 300 W로 설정하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 25분 동안 수행되고,

상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 2 내지 4분 동안 수행되는 구리층 캡핑 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 2분 동안 수행되는 구리층 캡핑 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계, 및 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 다수 회 반복하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 1분 동안 수행되고,

상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 5초 동안 수행되며,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계, 및 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 25회 반복하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 12

구리층이 형성된 기판을 200℃로 가열하는 단계;

상기 기판이 위치하는 챔버의 압력을 30 mTorr로 설정하고, 코발트 전구체인 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐이 담긴 캐니스터의 온도를 0℃로 유지하고, 상기 캐니스터에 불활성 기체를 30 sccm의 유량으로 공급하고, 상기 챔버에 반응 기체로 수소를 400 sccm의 유량으로 공급하여, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계; 및

상기 기판의 온도를 200℃로 유지하고, 상기 챔버에 플라즈마 소스 가스로 암모니아를 200 sccm의 유량으로 공급하고, 플라즈마를 생성하기 위한 RF 전력을 300 W로 설정하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계;

를 포함하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 25분 동안 수행되고,

상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 2분 동안 수행되는 구리층 캡핑 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 1분 동안 수행되고,

상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 5초 동안 수행되며,

상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계, 및 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 25회 반복하는 구리층 캡핑 방법.

청구항 15

기판 위에 절연층을 형성하는 단계;

상기 절연층을 기 결정된 패턴으로 식각하는 단계;

식각된 부분에 구리층을 형성하는 단계;

상기 구리층을 코발트로 캡핑하는 단계를 포함하되, 상기 구리층을 상기 코발트로 캡핑하는 단계는:

상기 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계;

코발트 전구체로 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐을 이용하고, 반응 기체로 수소를 이용하여 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계; 및

상기 기판에 암모니아를 제공하면서 플라즈마를 생성하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계;

를 포함하는 구리 배선 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 구리층 캡핑 방법 및 그를 이용한 구리 배선 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 반도체 회로의 집적도가 높아져 구리 배선의 선평이 감소함에 따라 전자 이동(electromigration, EM)으로 인하여 구리 배선의 수명이 단축되는 문제가 대두되고 있다.

[0003] 이와 같은 구리 배선의 EM 특성을 개선하기 위해, 구리와 망간의 합금으로 배선을 형성한 뒤, 이 합금을 열처리함으로써 구리 표면으로 망간을 석출시켜 구리 배선을 캡핑하는 기술이 상용화되어 있다.

[0004] 하지만, 이 기술은 배선 형성 시 합금을 이용하기 때문에 배선의 저항이 증가하는 단점을 갖는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예는 구리 배선 고유의 낮은 저항을 유지하면서 EM 특성을 개선하는 구리층 캡핑 방법 및 그를 이용한 구리 배선 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 본 발명의 실시예는 기판 상에서 구리층에만 코발트가 캡핑되고, 구리층을 제외한 나머지 영역에는 캡핑되지 않도록 하는 구리층 캡핑 방법 및 그를 이용한 구리 배선 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법은, 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계; 코발트 전구체로 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐(cobalt cyclopentadienyl dicarbonyl)을 이용하고, 반응 기체로 수소를 이용하여 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계; 및 상기 기판에 암모니아를 제공하면서 플라즈마를 생성하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계는, 상기 기판을 180 내지 250℃로 가열하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계는, 상기 기판을 200℃로 가열하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는, 상기 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐 및 수소를 이용하여 화학 기상 증착 기법으로 상기 구리층에 상기 코발트층을 증착하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 화학 기상 증착 기법으로 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는, 상기 기판이 위치하는 챔버의 압력을 30 mTorr로 설정하고, 상기 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐이 담긴 캐니스터의 온도를 0℃로 유지하고, 상기 챔버에 상기 수소를 400 sccm의 유량으로 공급하여, 상기 구리층에 상기 코발트층을 증착하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 화학 기상 증착 기법으로 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는, 상기 캐니스터에 불활성 기체를 30 sccm의 유량으로 공급하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0013] 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는, 상기 기판의 온도를 180 내지 250℃로 유지하고, 상기 암모니아의 유량을 200 sccm으로 설정하고, 상기 플라즈마를 생성하기 위한 RF 전력을 300 W로 설정하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 25분 동안 수행되고, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 2 내지 4분 동안 수행될 수 있다.
- [0015] 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 2분 동안 수행될 수 있다.
- [0016] 상기 구리층 캡핑 방법은, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계, 및 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 다수 회 반복할 수 있다.
- [0017] 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 1분 동안 수행되고, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 5초 동안 수행되며, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계, 및 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 25회 반복할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법은, 구리층이 형성된 기판을 200℃로 가열하는 단계; 상기 기판이 위치하는 챔버의 압력을 30 mTorr로 설정하고, 코발트 전구체인 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐이 담긴 캐니스터의 온도를 0℃로 유지하고, 상기 캐니스터에 불활성 기체를 30 sccm의 유량으로 공급하고, 상기 챔버에 반응 기체로 수소를 400 sccm의 유량으로 공급하여, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계; 및 상기 기판의 온도를 200℃로 유지하고, 상기 챔버에 플라즈마 소스 가스로 암모니아를 200 sccm의 유량으로 공급하고, 플라즈마를 생성하기 위한 RF 전력을 300 W로 설정하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 25분 동안 수행되고, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 2분 동안 수행될 수 있다.
- [0020] 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계는 1분 동안 수행되고, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계는 5초 동안 수행되며, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계, 및 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계를 25회 반복할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 배선 제조 방법은, 기판 위에 절연층을 형성하는 단계; 상기 절연층을 기 결정된 패턴으로 식각하는 단계; 식각된 부분에 구리층을 형성하는 단계; 상기 구리층을 코발트로 캡핑하는 단계를 포함하되, 상기 구리층을 상기 코발트로 캡핑하는 단계는: 상기 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계; 코발트 전구체로 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐을 이용하고, 반응 기체로 수소를 이용하여 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계; 및 상기 기판에 암모니아를 제공하면서 플라즈마를 생성하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 실시예에 따르면, 구리 배선의 낮은 저항을 유지하면서 배선의 EM 특성이 개선될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 구리 배선 캡핑의 선택성이 우수하여 회로가 단락되는 것을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법의 예시적인 흐름도다.
- 도 2 내지 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 구리층을 캡핑하는 과정을 설명하기 위한 기판의 예시적인 단면도다.
- 도 5 및 도 6은 각각 플라즈마 처리 시간에 따른 코발트층 내 탄소 및 코발트의 함량을 나타내는 그래프다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 코발트로 캡핑된 구리 배선의 전자현미경 이미지다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법의 증착 선택성을 나타내는 그래프다.
- 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법의 예시적인 흐름도다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 배선 제조 방법의 예시적인 흐름도다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세하게 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법(100)의 예시적인 흐름도다.
- [0027] 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 구리층 캡핑 방법(100)은, 구리층이 형성된 기판을 가열하는 단계(S110), 코발트 전구체로 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐(cobalt cyclopentadienyl dicarbonyl)을 이용하고, 반응 기체로 수소를 이용하여 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계(S120), 및 상기 기판에 암모니아를 제공하면서 플라즈마를 생성하여, 상기 기판을 플라즈마 처리하는 단계(S130)를 포함할 수 있다.
- [0028] 도 2 내지 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 구리층을 캡핑하는 과정을 설명하기 위한 기판의 예시적인 단면도다.
- [0029] 일 실시예에 따르면, 기판(200) 상의 일부 영역에는 구리층(230)이 형성되어 있을 수 있다.
- [0030] 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 기판(200)은 Si층(210), 상기 Si층(210) 상에 형성된 SiO₂층(220), 및 상기 SiO₂층(220) 상에 기 결정된 패턴으로 형성된 구리층(230)을 포함할 수 있다. 도 2에 도시된 구리층(230)은 SiO₂층(220)에 매립되어 있으나, 실시예에 따라 상기 구리층(230)은 상기 SiO₂층(220) 상에 돌출되도록 형성될 수도 있다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구리층(230)이 형성된 기판(200)을 가열하는 단계(S110)는, 상기 기판(200)을 180 내지 250℃로 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 즉, 상기 구리층(230)을 캡핑하기 위해 상기 기판(200)은 180 내지 250℃로 가열될 수 있다.
- [0032] 일 실시예에 따르면, 상기 구리층(230)이 형성된 기판(200)을 가열하는 단계(S110)는, 상기 기판(200)을 200℃로 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 후술하는 바와 같이, 상기 기판(200)을 200℃로 가열하여 구리층(230)을 캡핑하는 경우, 캡핑이 기판(200) 상의 구리층(230)에만 수행되고, 구리층을 제외한 SiO₂층(220)에는 수행되지 않아 캡핑의 선택성이 향상될 수 있다.
- [0033] 그리고 나서, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 기판(200)이 목표 온도까지 가열되면, 상기 구리층(230) 상에 코발트층(240)이 증착될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 코발트층(240)의 코발트 전구체는 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐일 수 있으며, 상기 코발트 전구체와 함께 반응 기체로 수소가 사용될 수 있다.
- [0035] 상기 코발트층(240)의 증착은 화학 기상 증착(chemical vapor deposition, CVD) 기법으로 수행될 수 있다.
- [0036] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 화학 기상 증착 기법으로 구리층(230)에 코발트층(240)을 증착하는 단계는, 기판(200)이 위치하는 챔버의 압력을 30 mTorr로 설정하고, 상기 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐이 담긴 캐니스터의 온도를 0℃로 유지하고, 상기 챔버에 수소를 400 sccm의 유량으로 공급하여, 구리층(230)에 코발트층(240)을 증착하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0037] 상기 캐니스터는 상기 챔버에 연결되어 있으며, 상기 캐니스터의 온도 및 상기 챔버의 내부 압력으로 인해 상기 캐니스터에 담긴 액상의 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐이 기화되어 상기 챔버로 공급된다. 그리고 나서, 기상의 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐은 상기 챔버에 공급된 수소와 반응하여 기판(200)의 구리층(230) 상에 코발트층(240)을 증착시킨다.
- [0038] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 화학 기상 증착 기법으로 구리층(230)에 코발트층(240)을 증착하는 단계는, 상기 캐니스터에 캐리어 가스로 불활성 기체를 공급하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0039] 여기서, 상기 불활성 기체는 아르곤일 수 있으며, 상기 아르곤 기체는 상기 캐니스터에 30 sccm의 유량으로 공급될 수 있다. 상기 캐니스터에 공급된 불활성 기체는 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐과 함께 상기 챔버로 공급되어, 상기 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐을 챔버로 운반하는 역할을 한다.
- [0040] 전술한 과정을 통해 구리층(230) 상에는 코발트층(240)이 형성될 수 있으나, 상기 구리층(230)을 제외한 SiO₂층(220)에는 코발트층(240)이 거의 증착되지 않는다. 다시 말해, 전술한 증착 공정은 코발트층(240)이 기판(200) 상의 구리층(230)에만 선택적으로 증착되도록 하며, SiO₂층(220)에는 증착되지 않도록 한다.
- [0041] 그리고 나서, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 기판(200)은 플라즈마를 이용하여 처리될 수 있다.

- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 기관(200)을 플라즈마 처리하는 단계(S130)는, 상기 기관(200)의 온도를 180 내지 250℃로 유지하고, 암모니아를 플라즈마 소스 가스로 상기 챔버에 공급하여 플라즈마를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0043] 일 실시예에 따르면, 플라즈마 처리 시, 상기 기관(200)의 온도는 코발트층(240) 증착 시와 동일하게 200℃로 유지될 수 있다. 또한, 상기 암모니아의 유량은 200 sccm으로 설정되고, 상기 플라즈마를 생성하기 위해 챔버에 공급되는 RF 전력은 300 W로 설정될 수 있다.
- [0044] 상기 암모니아를 이용한 플라즈마 처리는 코발트층(240)에 함유된 탄소의 함량을 감소시켜, 층 내 코발트의 비율을 증가시킬 수 있다.
- [0045] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 기관(200)을 플라즈마 처리하는 단계(S130)는 2 내지 4분 동안 수행될 수 있다.
- [0046] 이하에서는 기관(200) 상의 구리층(230)에 코발트층(240)을 캡핑하는 본 발명의 실시예를 설명하기로 한다.
- [0047] 도 2에 도시된 바와 같이 구리층(230)이 형성된 기관(200)을 화학 기상 증착기의 챔버 내에 인입하고, 히터를 이용하여 상기 기관(200)을 200℃로 가열하였다.
- [0048] 그리고 나서, 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐이 담긴 캐니스터를 상기 챔버에 연결하고, 캐리어 가스로 아르곤을 상기 캐니스터에 30 sccm의 유량으로 공급하였다. 이 때, 상기 캐니스터는 얼음을 이용하여 0℃로 유지되었으며, 챔버의 내부 압력은 30 mTorr로 설정되었다.
- [0049] 또한, 반응 기체로 수소 가스를 상기 챔버에 400 sccm의 유량으로 공급하여, 기관(200) 상에 코발트층(240)을 증착하였다.
- [0050] 상기 코발트층(240)의 증착은 25분 동안 실시되었으며, 증착이 완료된 후 아르곤을 이용하여 챔버를 퍼징하였다.
- [0051] 그리고 나서, 상기 챔버 내에 암모니아 기체를 200 sccm의 유량으로 공급하면서, 상기 챔버에 300 W의 RF 전력을 공급하여 플라즈마를 생성하였다. 이 때, 상기 기관(200)의 온도는 코발트층(240) 증착 시와 동일하게 200℃로 유지되었다.
- [0052] 상기 암모니아를 이용한 플라즈마 처리는 2분 동안 실시되었으며, 비교예를 위하여 다른 시편에 대해서는 플라즈마 처리를 1분 동안 실시하고, 또 다른 시편은 플라즈마 처리를 수행하지 않았다.
- [0053] 도 5 및 도 6은 각각 플라즈마 처리 시간에 따른 코발트층(240) 내 탄소 및 코발트의 함량을 나타내는 그래프다.
- [0054] 도 5 및 도 6은 플라즈마 처리되지 않은(as-dep) 코발트층(240), 암모니아를 이용한 플라즈마 처리를 1분 동안 수행한($t_{tr} = 1 \text{ min}$) 코발트층(240), 그리고 암모니아를 이용한 플라즈마 처리를 2분 동안 수행한($t_{tr} = 2 \text{ min}$) 코발트층(240)에 대하여, X선 광전자 분광법(X-ray Photoelectron Spectroscopy, XPS)으로 각각 탄소의 함량과 코발트의 함량을 측정한 그래프다.
- [0055] 도 5 및 도 6을 참조하면, 암모니아를 이용하여 플라즈마 처리된 코발트층(240)은 플라즈마 처리되지 않은 코발트층(240)에 비해 탄소의 함량이 낮으며, 코발트의 함량이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0056] 또한, 암모니아를 이용한 플라즈마 처리를 1분 동안 수행한 코발트층(240)에 비해, 상기 암모니아를 이용한 플라즈마 처리를 2분 동안 수행한 코발트층(240)의 탄소 함량이 더 낮으며, 코발트 함량은 더 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0057] 이와 같이, 암모니아를 이용한 플라즈마 처리 시간이 길어질수록 코발트층(240) 내 탄소의 함량은 줄어들 수 있다. 그러나, 암모니아를 이용한 플라즈마 처리 시간이 길어질수록 질소에 의한 코발트층(240)의 오염 가능성은 높아질 수 있다.
- [0058] 전술한 본 발명의 실시예와 같이, 상기 암모니아를 이용한 플라즈마 처리가 2분 동안 수행되는 경우, 코발트층(240) 내 탄소의 함량 및 코발트의 비율이 최적화될 수 있다.
- [0059] 도 7은 본 발명의 실시예에 따라 코발트로 캡핑된 구리 배선의 전자현미경 이미지며, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법의 증착 선택성을 나타내는 그래프다.

- [0060] 전술한 본 발명의 실시예에 따라 코발트층(240)으로 캡핑된 기관(200)을 SEM(Scanning Electron Microscope)으로 관찰하면서, 도 7에 도시된 스캐닝 라인을 따라 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy) 기법을 이용하여 구성 원소를 분석하였다.
- [0061] 도 8을 참조하면, 코발트가 구리 위에만 증착되고 실리콘 위에는 증착되지 않아, 기관(200) 상에서 코발트층(240)이 구리층(230) 위에만 선택적으로 증착되었음을 확인할 수 있다.
- [0062] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법(100)의 예시적인 흐름도다.
- [0063] 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법(100)은, 구리층(230)이 형성된 기관(200)을 가열한 뒤(S110), 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐 및 수소를 이용하여 상기 구리층(230)에 코발트층(240)을 증착하고(S120), 암모니아로부터 플라스마를 생성하여 상기 기관(200)을 플라스마 처리하며(S130), 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계(S120) 및 상기 기관을 플라스마 처리하는 단계(S130)를 기 결정된 횟수만큼 반복할 수 있다(S140).
- [0064] 이 실시예에 따르면, 상기 코발트층 증착 및 플라스마 처리는 코발트층(240)이 목표 두께로 증착될 때까지 다수회 반복하여 수행될 수 있다.
- [0065] 일 예로, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계(S120)는 1분 동안 수행되고, 상기 기관을 플라스마 처리하는 단계(S130)는 5초 동안 수행되며, 상기 코발트층 증착 및 플라스마 처리는 25 회 반복될 수 있다.
- [0066] 전술한 본 발명의 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법(100)은 기관(200)의 온도에 의해 코발트의 증착량과 그 선택성이 영향을 받을 수 있다.
- [0067] 상기 기관(200)의 온도가 낮으면 코발트의 증착량이 줄어들어 목표로 하는 코발트층(240)의 두께를 확보하지 못하며, 상기 기관(200)의 온도가 높으면 구리층(230) 외에 SiO_2 층(220)에도 코발트가 증착되어 증착의 선택성이 저하된다.
- [0068] 전술한 본 발명의 실시예와 같이, 캡핑 공정에 걸쳐 기관(200)의 온도를 200℃로 유지하는 경우, 코발트의 증착량 및 증착의 선택성에 있어서 최적의 효과를 얻을 수 있다.
- [0069] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 배선 제조 방법(300)의 예시적인 흐름도다.
- [0070] 상기 구리 배선 제조 방법(300)은 전술한 본 발명의 일 실시예에 따른 구리층 캡핑 방법(100)을 포함한다.
- [0071] 도 10에 도시된 바와 같이, 상기 구리 배선 제조 방법(300)은, 기관 위에 절연층을 형성하는 단계(S310), 상기 절연층을 기 결정된 패턴으로 식각하는 단계(S320), 식각된 부분에 구리층을 형성하는 단계(S330), 상기 구리층을 코발트로 캡핑하는 단계(S340)를 포함할 수 있다.
- [0072] 여기서, 상기 절연층은 도 2에 도시된 SiO_2 층(220)이며, Si층(210) 위에 형성될 수 있다.
- [0073] 그리고, 상기 구리층을 코발트로 캡핑하는 단계(S340)는, 도 1을 참조로 설명한 바와 같이, 상기 구리층이 형성된 기관을 가열하는 단계(S110), 코발트 전구체로 코발트 사이클로펜타디에닐 디카보닐을 이용하고, 반응 기체로 수소를 이용하여 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계(S120), 및 상기 기관에 암모니아를 제공하면서 플라스마를 생성하여, 상기 기관을 플라스마 처리하는 단계(S130)를 포함할 수 있다.
- [0074] 일 실시예에 따르면, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계(S120)는 25분 동안 수행되고, 상기 기관을 암모니아를 이용하여 플라스마 처리하는 단계(S130)는 2분 동안 수행될 수 있다.
- [0075] 다른 실시예에 따르면, 상기 구리층에 코발트층을 증착하는 단계(S120)는 1분 동안 수행되고, 상기 기관을 암모니아를 이용하여 플라스마 처리하는 단계(S130)는 5초 동안 수행될 수 있으며, 상기 코발트층 증착 및 플라스마 처리는 25회 반복 실시될 수 있다.
- [0076] 이 때, 상기 구리층 캡핑 공정에 걸쳐 상기 기관은 200℃의 온도를 유지하도록 가열될 수 있다.
- [0077] 이상에서 구리층을 코발트층으로 캡핑하는 방법, 및 그를 이용하여 구리 배선을 제조하는 방법을 설명하였다.
- [0078] 본 발명의 실시예에 따르면, 구리 배선의 낮은 저항을 유지하면서 배선의 EM 특성을 개선할 수 있다. 또한, 코발트 캡핑이 기관 상의 구리층 위에만 선택적으로 수행되고, 나머지 영역에는 수행되지 않아 회로가 단락되는 것을 방지할 수 있다.

[0079]

이상에서 실시예를 통해 본 발명을 설명하였으나, 위 실시예는 단지 본 발명의 사상을 설명하기 위한 것으로 이에 한정되지 않는다. 통상의 기술자는 전술한 실시예에 다양한 변형이 가해질 수 있음을 이해할 것이다. 본 발명의 범위는 첨부된 특허청구범위의 해석을 통해서만 정해진다.

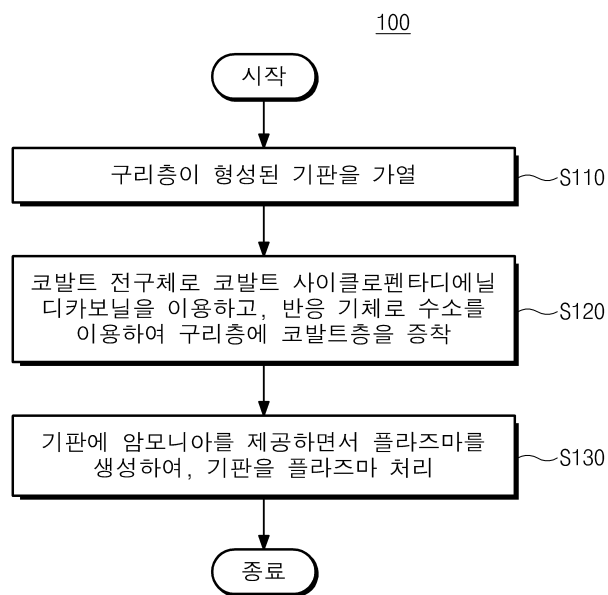
부호의 설명

[0080]

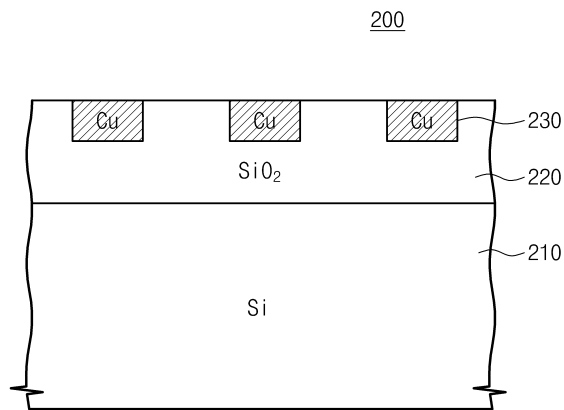
100: 구리층 캡핑 방법
200: 기판
210: Si층
220: SiO₂층
230: 구리층
240: 코발트층
300: 구리 배선 제조 방법

도면

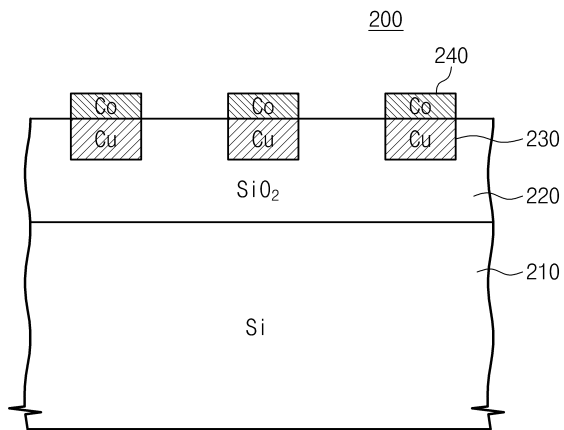
도면1



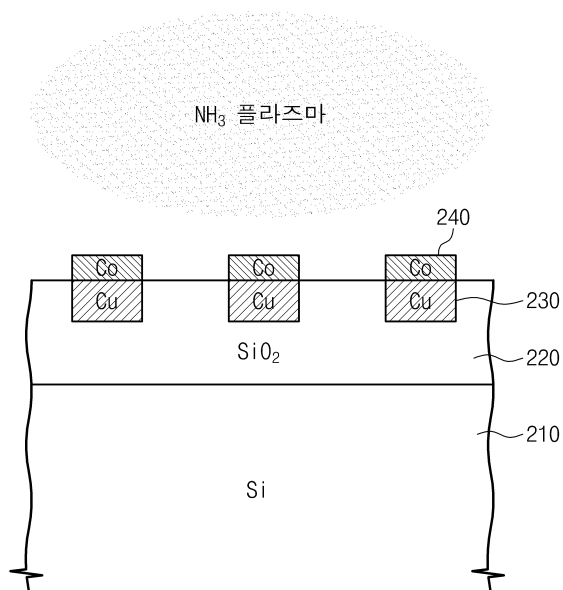
도면2



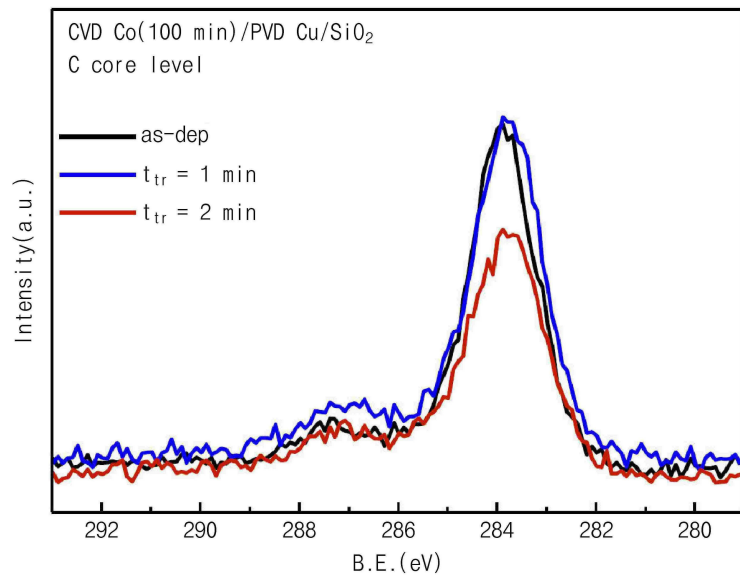
도면3



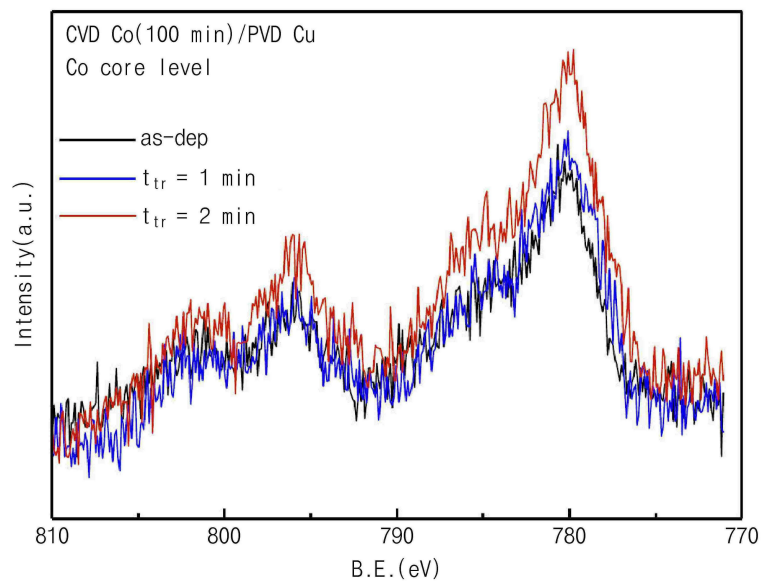
도면4



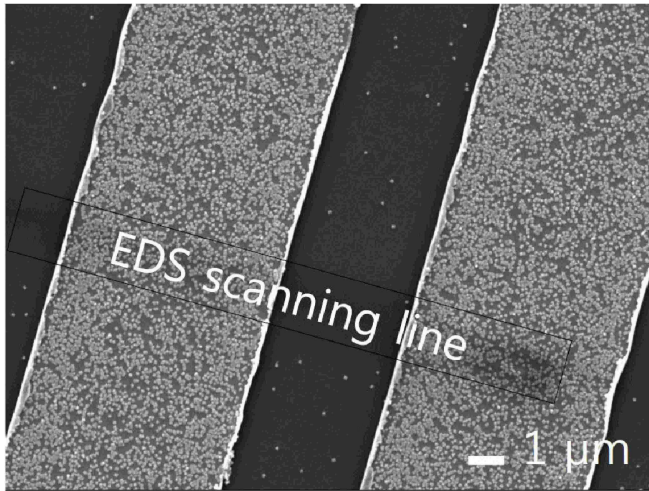
도면5



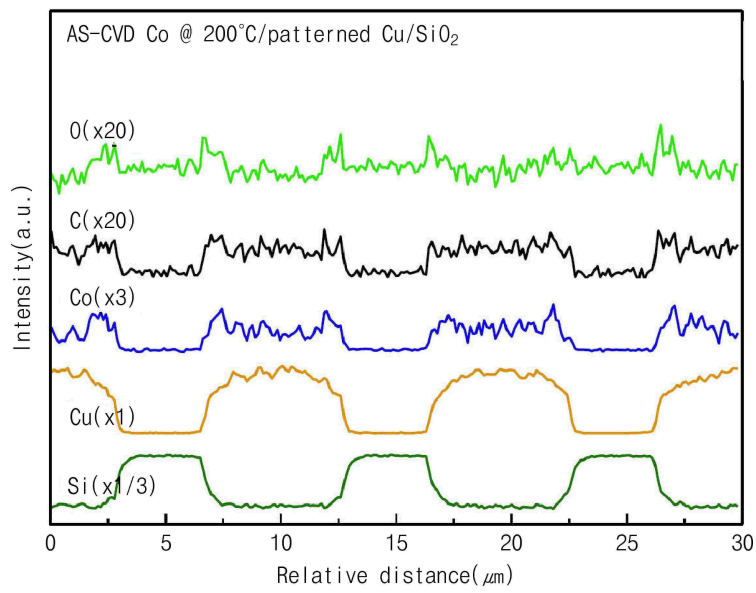
도면6



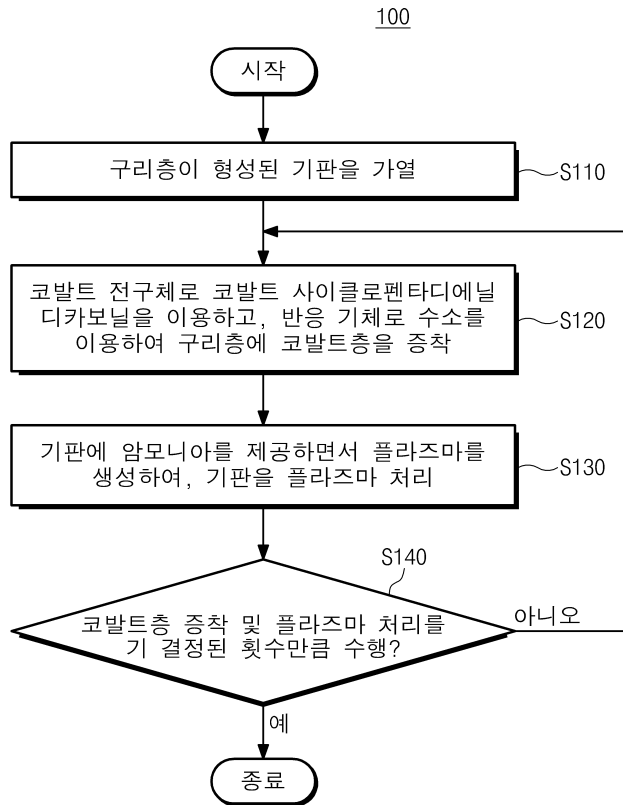
도면7



도면8



도면9



도면10

