



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0071936
(43) 공개일자 2013년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/205 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0139429

(22) 출원일자 2011년12월21일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)

(72) 발명자

김형준

서울특별시 영등포구 여의도동 진주아파트 B동 107호

윤재홍

서울특별시 성동구 옥수동 극동그린아파트 101동401호

(74) 대리인

권혁수, 오세준, 송윤호

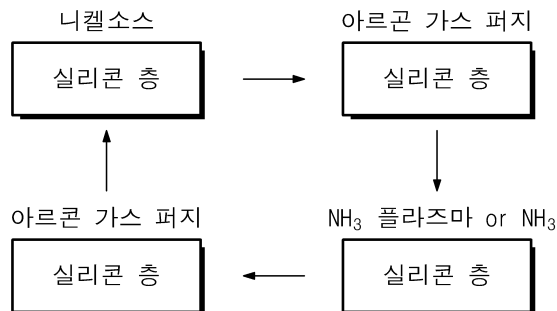
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 원자층 증착법을 이용한 니켈실리사이드의 자기 형성 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시 예에 따른 니켈 실리사이드 형성 방법은 원자층 증착법을 이용하며, 니켈 소스로서 [Nickel bis(dimethylamino-2-methyl-2-butoxo)] 또는 [Nickel bis(isopropylacetamidinate)]를 사용하고, 반응 가스로서 NH_3 또는 NH_3 플라즈마를 사용하고, 상기 니켈 소스 운반 가스로 아르곤을 사용하고, 퍼지 가스로서 아르곤을 사용하며, 300 ~ 350℃의 증착 온도에서 원자층 증착을 진행한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

원자층 증착법을 이용한 니켈 실리사이드 형성 방법은:

니켈 소스를 제공하는 단계; 그리고,

암모니아 또는 암모니아 플라즈마를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착법을 이용한 니켈 실리사이드 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

니켈 소스는 [Nickel bis(dimethylamino-2-methyl-2-butoxo)] 또는 [Nickel bis(isopropylacetamidinate)]인 것을 특징으로 하는 원자층 증착법을 이용한 니켈 실리사이드 형성 방법.

청구항 3

니켈 소스로서 [Nickel bis(dimethylamino-2-methyl-2-butoxo)] 또는 [Nickel bis(isopropylacetamidinate)]를 사용하고, 반응 가스로서 NH_3 또는 NH_3 플라즈마를 사용하고, 상기 니켈 소스 운반 가스로 아르곤을 사용하고, 퍼지 가스로서 아르곤을 사용하며, 300 ~ 350℃의 증착 온도에서 원자층 증착을 진행하여 니켈 실리사이드를 형성하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 소자 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 원자층 증착법을 이용한 니켈실리사이드 형성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전통적으로 반도체 소자 전극의 낮은 접촉저항을 유지하기 위해 실리콘 기판과 물리적 화학적으로 친화도가 높은 금속 실리사이드를 사용해 왔다. 이러한 금속 실리사이드를 형성시키기 위한 방법으로, 종래 금속 박막을 소스, 드레인, 게이트 위에 증착한 뒤 열처리 방법(열적 확산 방법)을 통해 실리콘과 직접 반응을 시키는 방법이 알려져 있다.

[0003] 하지만 금속 증착 후 수행되는 열처리는 공정을 복잡하게 할 뿐만 아니라 기판에 대해서 열적 스트레스를 가할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일 실시 예는 원자층 증착법을 사용하여 단순한 공정으로 니켈 실리사이드를 형성하는 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자층 증착법을 이용한 니켈 실리사이드 형성 방법은: 니켈 소스를 제공하는 단계; 및 암모니아 또는 암모니아 플라즈마를 제공하는 단계를 포함한다.

[0006] 본 발명의 일 실시 예에 따른 니켈 실리사이드 형성 방법은: 니켈 소스로서 [Nickel bis(dimethylamino-2-

methyl-2-butoxo)] 또는 [Nickel bis(isopropylacetamidinate)]를 사용하고, 반응 가스로서 NH_3 또는 NH_3 플라즈마를 사용하고, 상기 니켈 소스 운반 가스로 아르곤을 사용하고, 퍼지 가스로서 아르곤을 사용하며, 300 ~ 350℃의 증착 온도에서 원자층 증착을 진행하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0007] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 열적 부담 없이 간단한 방법으로 니켈 실리사이드를 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 니켈 실리사이드 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도2는 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용한 본 발명의 일 실시 예에 따라 형성된 니켈 박막에 대한 XPS 그래프이다.

도3은 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용한 본 발명의 일 실시 예에 따라 형성된 박막에 대한 SEM 사진이다.

도4는 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용한 본 발명의 일 실시 예에 따라 형성된 박막에 대한 성장율을 도시한다.

도5는 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고, 본 발명에 따른 NH_3 플라즈마를 반응가스로 사용하여 형성한 니켈 박막 및 H_2 플라즈마를 반응가스로 사용하여 형성한 니켈 박막의 불순물에 대한 XPS 그래프이다.

도6은 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고, 본 발명에 따른 NH_3 를 반응가스로 사용하여 형성한 니켈 박막의 불순물에 대한 XPS 그래프이다.

도7은 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고 소스 가스로 NH_3 플라즈마를 사용한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 방법으로 증착한 니켈 실리사이드에 대한 TEM 사진이다.

도8은 도7의 TEM 사진 안에 화살표 방향으로 EELS 분석을 진행한 결과를 나타낸다.

도9는 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고 소스 가스로 NH_3 플라즈마를 사용한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 방법으로 증착한 증착후 니켈 실리사이드 박막과 박막 증착 후 열처리 공정을 진행한 박막에 대한 XRD 결과를 도시한다.

도10 및 도11은 전술한 실시예들과 달리 니켈 소스로 $\text{Ni}(\text{iPr-AMD})$ 를 사용하여 형성한 니켈 실리사이드 박막에 대한 XPS 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술 되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 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. 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0010] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다' 및/또는 여러 문법적 변형, '포함하는', '포함하고' 등은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 또한, 본 명세서에서, 어떤 막(또는 층)이 다른 막(또는 층) 또는 기판 상에(위에) 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 막 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 막(또는 층)이 개재될 수도 있다는 것을 의미한다.

[0011] 또한, 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를

들면, 직각으로 도시된 직각 영역은 굴곡지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들은 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다.

[0012] 또한, 본 명세서에서 '실리콘층'은 니켈 소스와 반응하여 니켈 실리사이드를 형성할 수 있도록 '실리콘'을 주 원소로 하여 구성된 층일 수 있으며, 예를 들어 실리콘 기판, n형 또는 p형 실리콘 기판, n형 또는 p형 불순물이 확산된 실리콘 기판의 소정 영역(소스/드레인 영역), 실리콘으로 구성된 게이트 전극, 실리콘으로 구성된 각종 배선 또는 기타 전극 등일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시 예는 니켈 실리사이드 형성 방법에 관한 것이다. 통상적인 니켈 실리사이드 방법은 먼저 니켈을 증착한 후 후속 열처리 공정을 진행하여 니켈 실리사이드를 형성한다.

[0014] 하지만 본 발명의 일 실시 예에 따른 니켈 실리사이드 형성 방법은 별도의 후속 열처리 없이 니켈 증착 중에 니켈 실리사이드가 형성된다. 이를 위해 본 발명의 일 실시 예는 원자층 증착법을 채택한다.

[0015] 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자층 증착법을 이용한 니켈 실리사이드의 자기 형성 방법의 공정 조건은 다음과 같다.

[0016] 니켈 소스: [Nickel bis(dimethylamino-2-methyl-2-butoxo)](약칭: Ni(dmamb)₂), [Nickel bis(isopropylacetamidate)](약칭: Ni(iPr-AMD)₂)

[0017] 반응 가스: NH₃, NH₃ 플라즈마

[0018] 니켈 소스 운반 가스: 아르곤

[0019] 퍼지 가스: 아르곤

[0020] 증착 온도: 300 ~ 350℃

[0021] 파워: 200~500W

[0022] 증착 사이클: 니켈 소스 투입 → 퍼지 가스 투입 → 반응 가스 투입 → 퍼지 가스 투입

[0023] 이상의 조건에 따라 원자층 증착법으로 니켈을 증착하면 니켈 증착 중에 니켈 실리사이드(NiSi)가 형성된다. 증착 사이클 회수, 니켈 소스 및/또는 반응 소스의 노출 시간 등을 적절히 조절하여 원하는 두께로 니켈 실리사이드(NiSi)를 형성할 수 있다.

[0024] 도1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 니켈 실리사이드 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다. 본 실시 예는 플라즈마 원자층 증착법(Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition)을 통해 니켈 실리사이드를 형성하는 방법이다.

[0025] 먼저, 실리콘층을 반응기 안으로 투입한 후, 니켈 소스, 예를 들어 Ni(dmamb)₂ 또는 Ni(iPr-AMD)₂ 를 아르곤 운반가스와 함께 반응기 안에 투입한다.

[0026] 다음, 실리콘층 위에 물리적 또는 화학적으로 흡착된 니켈 소스를 제외한 잉여 니켈 소스를 아르곤 퍼징 가스(purging gas) 투입시켜 제거한다.

[0027] 다음, 암모니아 플라즈마 또는 암모니아를 투입하여 흡착된 니켈 소스를 환원시킨다. 이때, 니켈 실리사이드(NiSi)가 형성된다.

[0028] 다음, 잉여 암모니아 가스를 아르곤 퍼징 가스를 사용하여 제거한다.

[0029] 위와 같은 단계를 반복 회수, 니켈 소스 및/또는 반응 소스의 노출 시간 등을 적절히 조절함으로써 원하는 두께의 니켈 실리사이드를 형성한다.

[0030] 본 발명의 일 실시 예에 따라 형성된 박막에 대해서 XPS를 사용하여 분석하였으며 도2는 그 결과를 나타낸다.

도2의 결과는 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용한 것이다.

[0031] 도2를 참조하면, 반응 가스로서 NH_3 를 사용한 경우(NH_3 TH-ALD)나 NH_3 플라즈마를 사용한 경우(NH_3 PE-ALD) 모두 금속성 Ni XPS 피크가 관찰되었다.

[0032] 본 발명의 일 실시 예에서, 반응 가스로서 NH_3 플라즈마를 사용하는 것이 NH_3 를 사용하는 것에 비해서 상대적으로 박막 성장율이 높으며 박막 표면이 더 부드럽게 된다. 이는 도3을 통해 확인할 수 있다.

[0033] 도3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 상술한 조건으로 증착한 니켈 실리사이드에 대한 SEM 사진으로서, 위쪽 사진은 NH_3 플라즈마를 반응 가스로 사용한 것이고, 아래쪽 사진은 NH_3 를 반응가스로 사용한 것이다. 반응 가스로서 NH_3 플라즈마를 사용한 것이 NH_3 를 사용한 것에 비해서 니켈 실리사이드의 표면이 상대적으로 더 부드럽게 형성된다.

[0034] 도4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 상술한 조건으로 증착한 니켈 실리사이드의 성장율을 도시한다. 도4를 참조하면, 성장물이 시간의 증가에 따른 선형적으로 증가하지 않고 시간이 지날수록 거의 일정해 지는 것을 확인할 수 있다. 이는 원자층 증착방법의 큰 특징 중 하나인 자기 포화(self saturation)를 보여주는바, 니켈 소스가 표면에 포화되면 더 이상 반응하지 않기 때문이다.

[0035] 또, NH_3 를 사용한 경우, 상대적으로 성장율이 느리고 포화가 잘 되는 반면, NH_3 플라즈마를 사용한 경우 NH_3 에 비해서 성장율은 증가하지만 포화 특성은 상대적으로 좋지 않게 나타나는 걸 알 수 있다. 이는 플라즈마 노출을 통해서 표면이 활성화되어 반응이 더 잘 이루어지는 것으로 생각된다.

[0036] 도5는 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고, 본 발명에 따른 NH_3 플라즈마를 반응가스로 사용하여 형성한 니켈 박막 및 H_2 플라즈마를 반응가스로 사용하여 형성한 니켈 박막의 불순물에 대한 XPS 그래프이다.

[0037] 도5를 참조하면, H_2 플라즈마를 사용한 경우보다 NH_3 플라즈마를 사용했을 경우 C 농도가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 또한, H_2 플라즈마를 사용했을 경우 N 성분이 거의 없었는데 NH_3 플라즈마를 사용함으로써 N 피크가 생긴 것을 확인하였는데, 이는 NH_3 PE-ALD의 N 성분은 소스 가스가 아닌 NH_3 로부터 기인한 것임을 알 수 있다.

[0038] 도6은 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고, 본 발명에 따른 NH_3 를 반응가스로 사용하여 형성한 니켈 박막의 불순물에 대한 XPS 그래프이다. 도6을 참조하면, C와 N 성분은 거의 없었고, O 피크가 있는 것을 확인할 수 있는바, 이는 O가 충분히 떨어지지 않은 것에 기인한 것으로 보인다.

[0039] 도7은 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고 소스 가스로 NH_3 플라즈마를 사용한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 방법으로 증착한 니켈 실리사이드에 대한 TEM 사진으로서, 증착후 박막(as-deposition)에서 경계면을 분석한 결과이다. 실리콘과 니켈 박막 사이에 2nm 정도의 중간층이 형성되어 있는데, 박막 성장 초기 NH_3 플라즈마 노출에 의해 형성된 것으로 생각된다. 이 중간층은 자연적인 산소(native oxide)로 인해 실리콘산화질화막(SiOxNy) 형태로 이루어진 것으로 보인다.

[0040] 도8은 도7의 TEM 사진 안에 화살표 방향으로 EELS 분석을 진행한 결과를 나타낸다. 도8을 참조하면, 가운데에 O 피크가 있고 (중간층), Ni 피크가 중간층 밑에 있는 것을 확인할 수 있다.

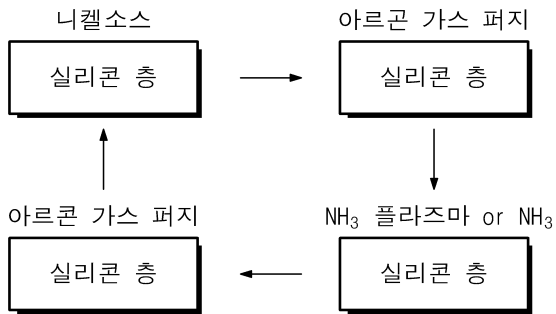
[0041] 도9는 니켈 소스로서 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용하고 소스 가스로 NH_3 플라즈마를 사용한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 방법으로 증착한 증착후 니켈 실리사이드 박막과 박막 증착 후 열처리 공정을 진행한 박막에 대한 XRD 결과를 도시한다. 도9를 참조하면, 증착후 박막 뿐만 아니라 증착 후 열처리를 진행한 박막에서 $\text{NiSi}(020)$ 피크가 관찰되었으며, 열처리 900℃ 에서는 NiSi 보다 좀 더 높은 온도에서 형성되는 NiSi_2 피크가 나타나는 것을 알 수 있다.

[0042] 따라서, 도7 내지 도9의 실험결과로부터, 증착 온도 300~350℃에서 PE-ALD Ni의 증착공정만으로도 NiSi 가 형성되는 것을 확인할 수 있다.

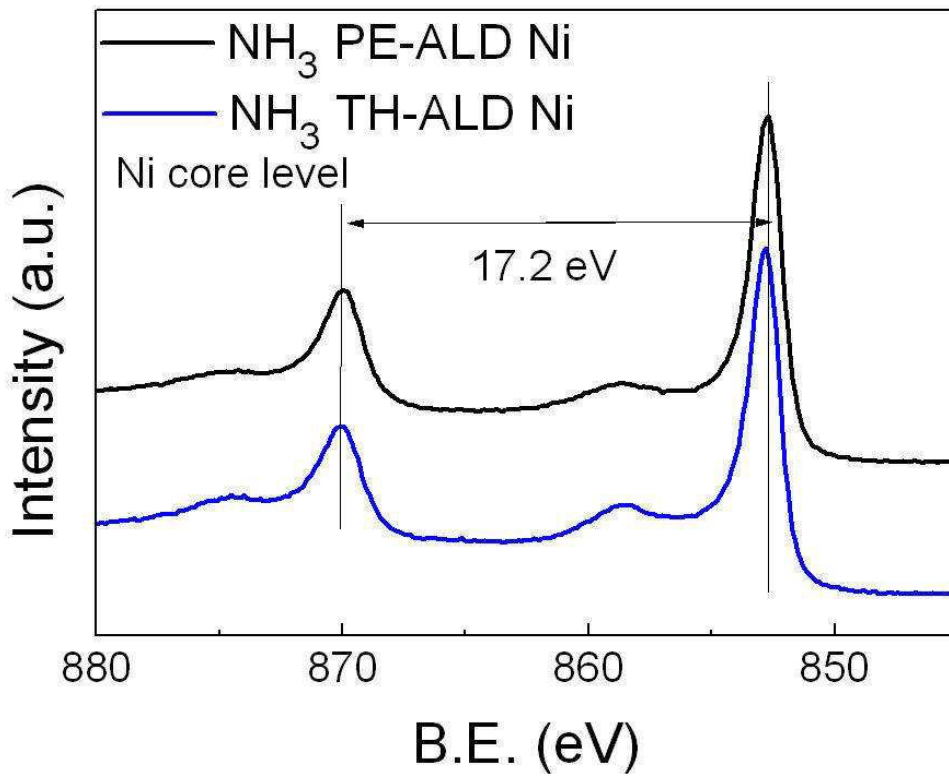
[0043] 도10 및 도11은 전술한 실시예들과 달리 니켈 소스로 $\text{Ni}(\text{iPr-AMD})$ 를 사용하여 형성한 니켈 실리사이드 박막에 대한 XPS 그래프로서 니켈 소스로 $\text{Ni}(\text{dmamb})_2$ 를 사용한 것과 유사한 결과를 나타내는 것을 알 수 있다.

도면

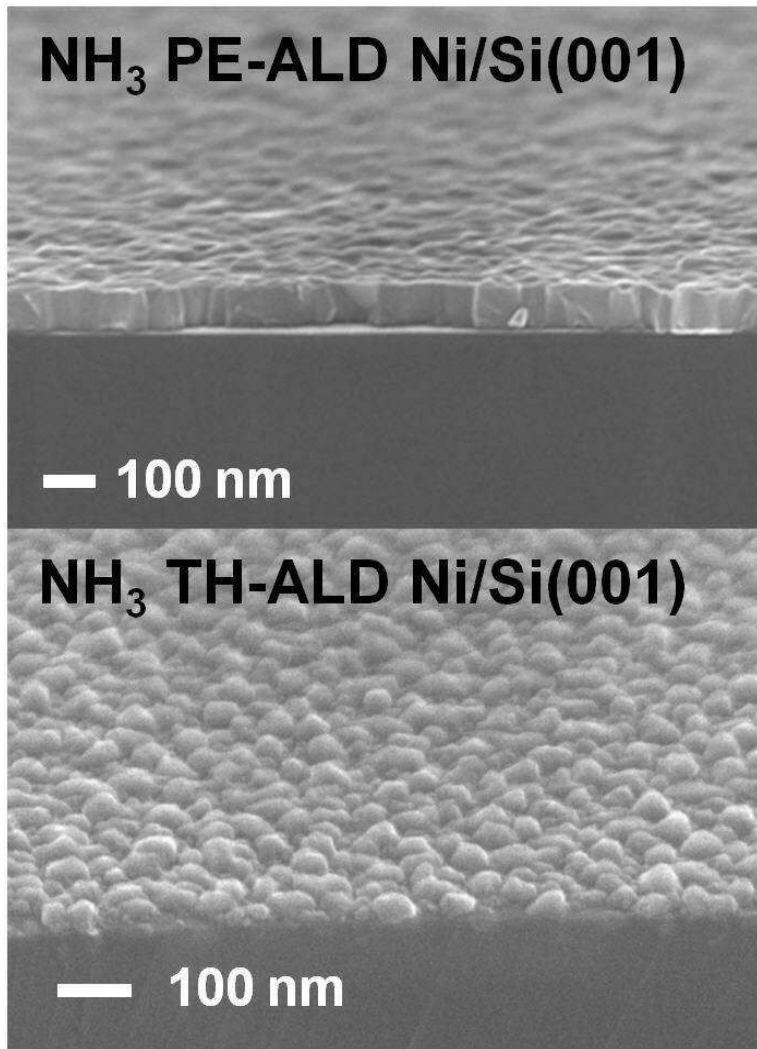
도면1



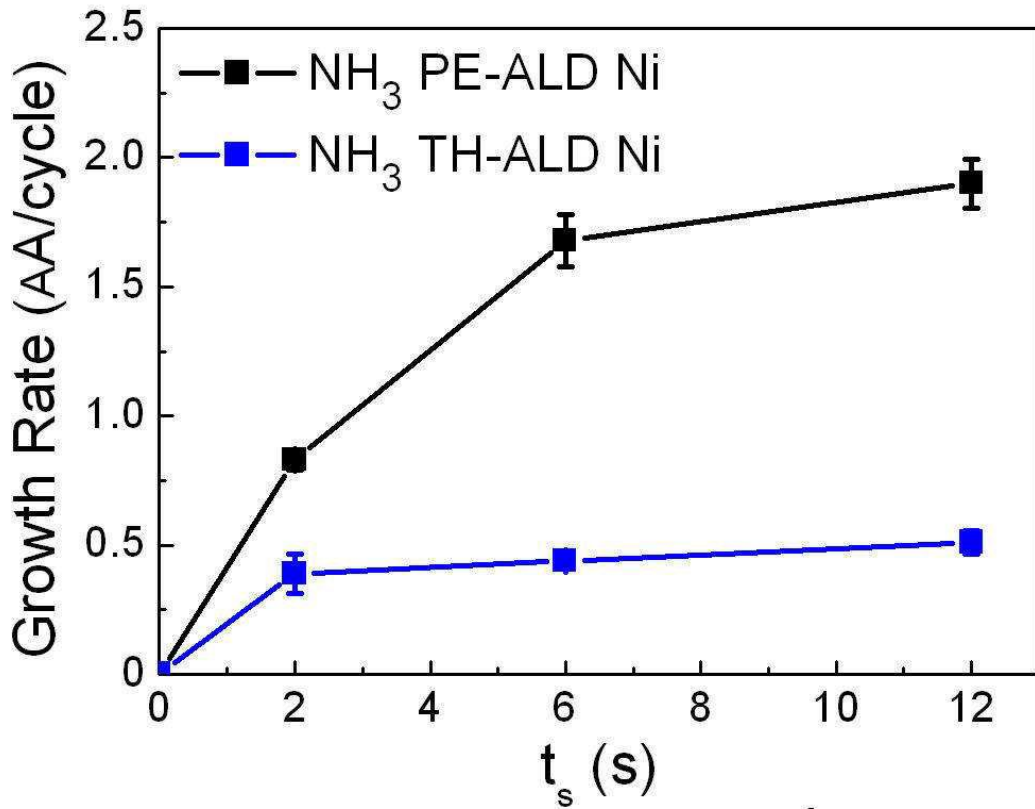
도면2



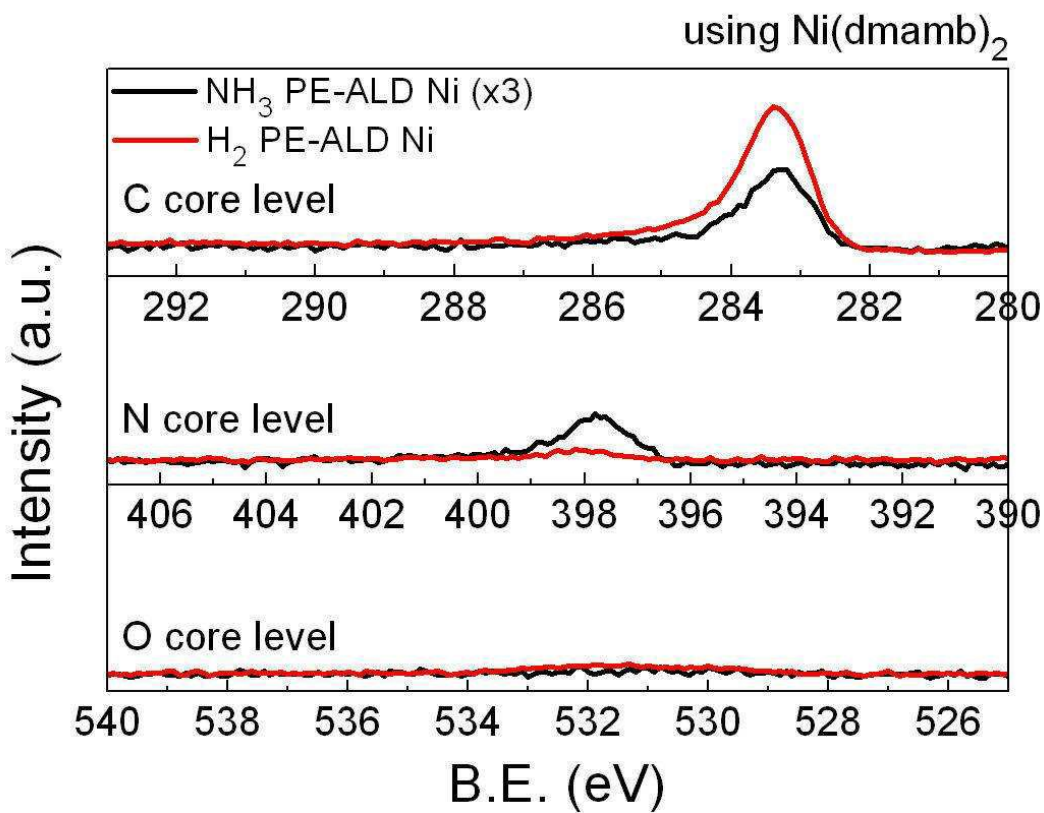
도면3



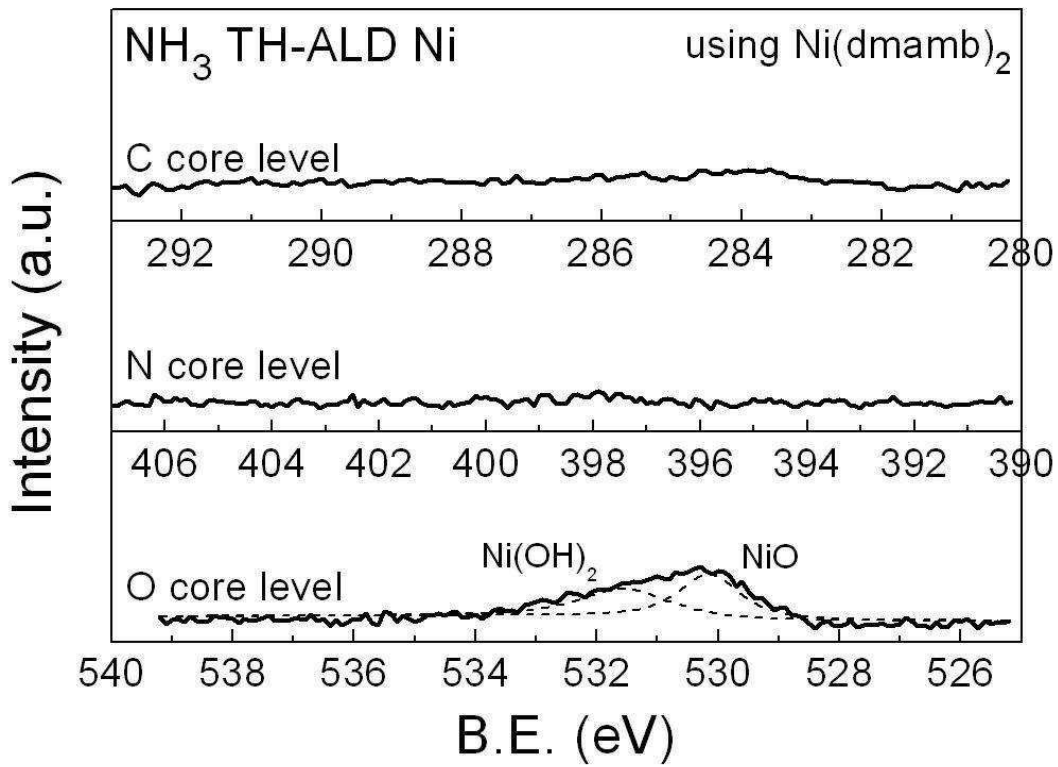
도면4



도면5

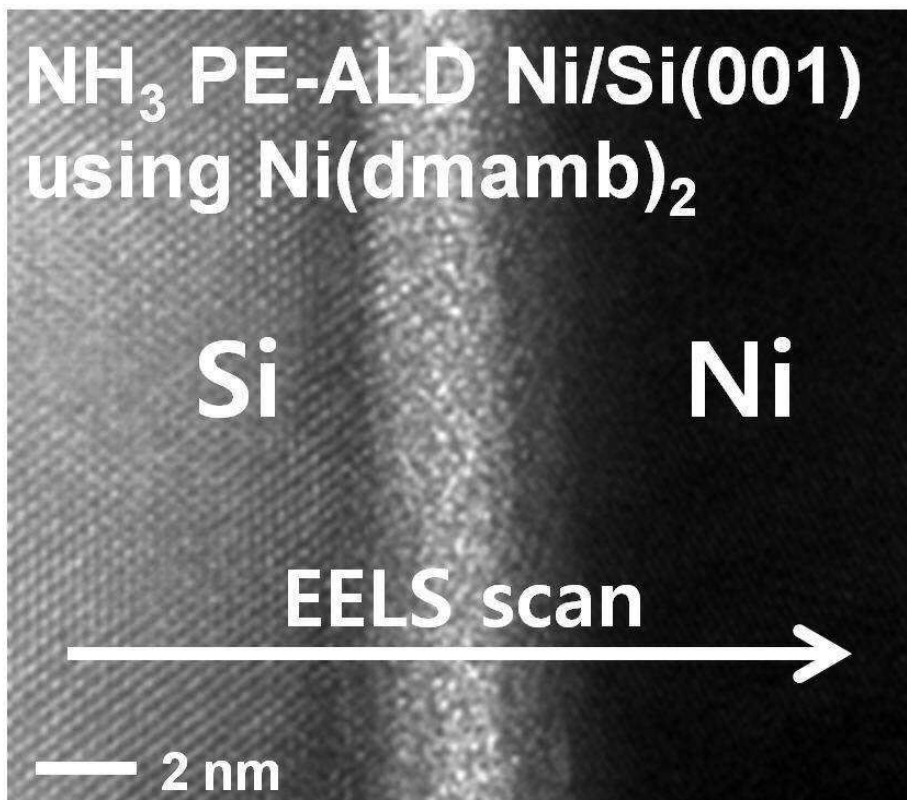


도면6

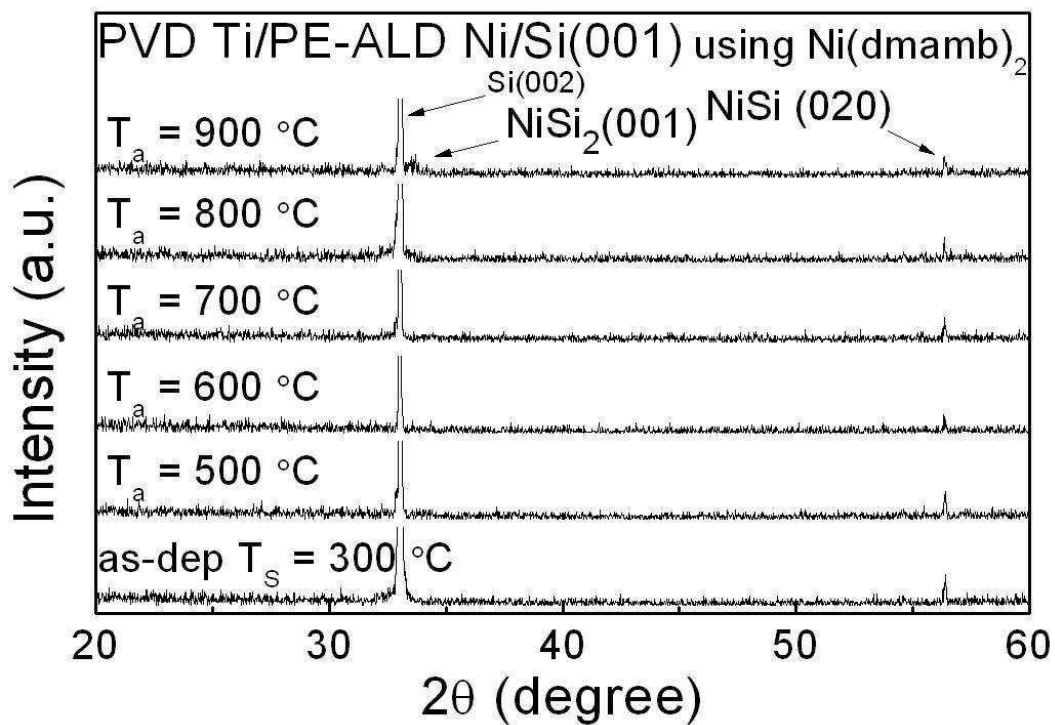


도면7

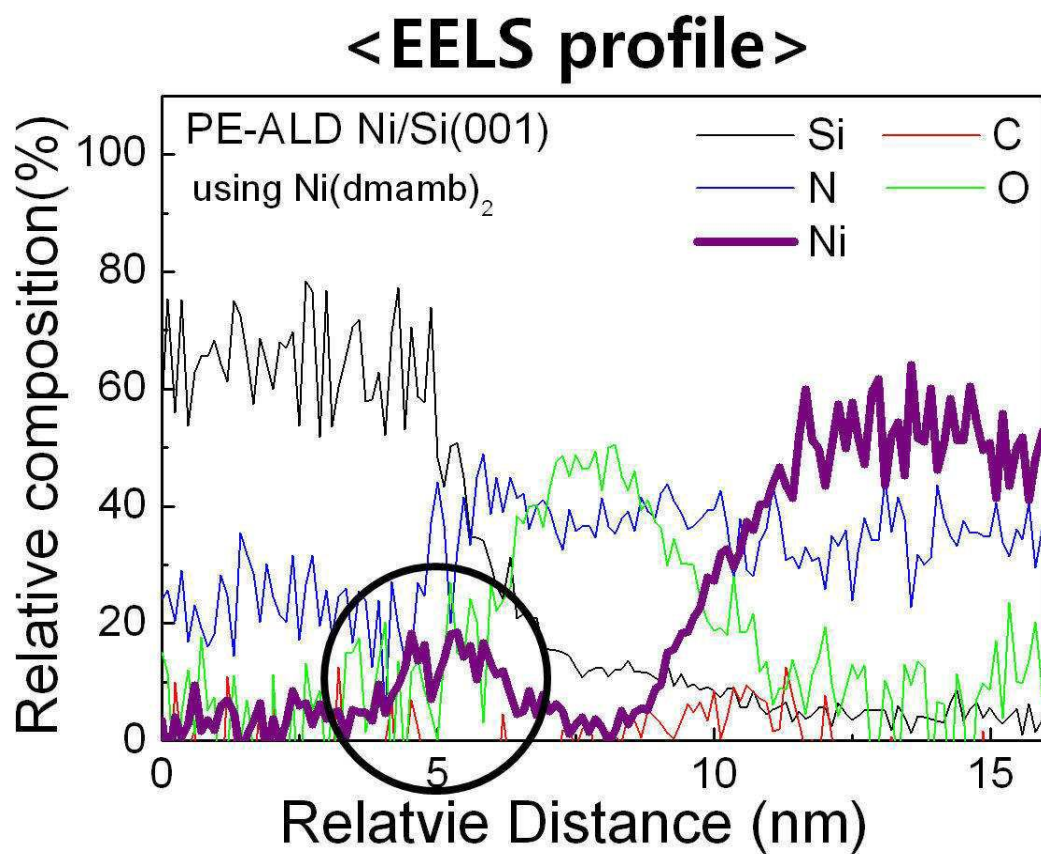
<TEM>



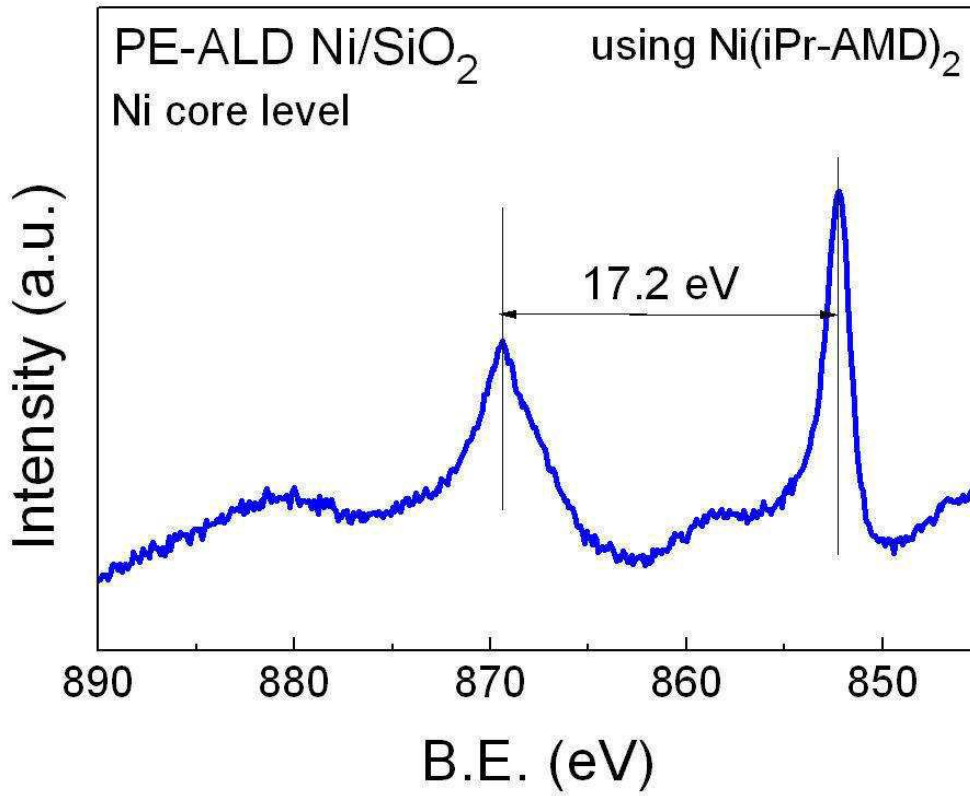
도면8



도면9



도면10



도면11

