



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0075330
(43) 공개일자 2008년08월18일

(51) Int. Cl.

H01L 21/205 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0014346

(22) 출원일자 2007년02월12일

심사청구일자 2007년02월12일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 궁동 220번지 충남대학교

(72) 발명자

윤순길

대전 서구 삼천동 국화아파트 506-607

성낙진

대전 유성구 구암동 590-5

전상용

충남 연기군 조치원읍 침산리 173-8

(74) 대리인

김원준

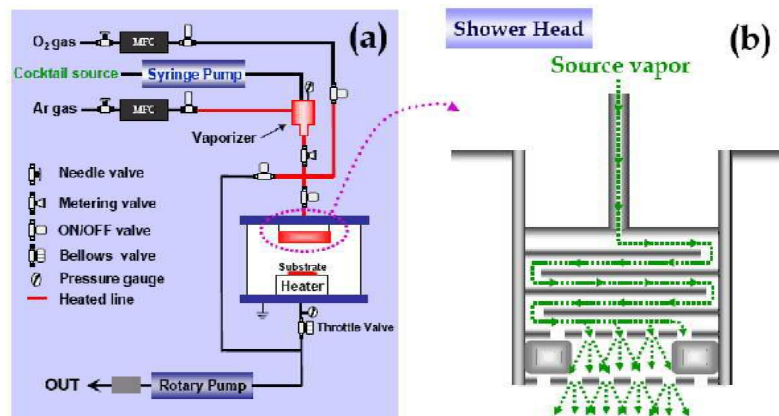
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 연성 폴리머 기판 위에 상온 화학증착법

(57) 요약

본 발명은, (A) 증발기에 의해 증기화된 소스증기를 반응챔버 내에 있는 샤워헤드에서 열분해 되도록 가열하여 나노크기의 단일상(single phase)으로 변환시키는 단계와 (B) 상기 나노크기의 단일상으로 된 소스증기를 반응챔버 내의 별도로 가열되지 않는 연성 폴리머 기판에 증착하는 단계를 포함하는 상온 연성 폴리머 기판위에 화학증착법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

연성 폴리머 기판위에 박막을 증착시키는 방법에 있어서,

(A) 증발기에 의해 증기화된 소스증기를 반응챔버 내에 있는 샤워헤드에서 열분해 되도록 가열하여 나노크기의 단일상(single phase)으로 변환시키는 단계;

(B) 상기 나노크기의 단일상으로 된 소스증기를 반응챔버 내의 별도로 가열되지 않는 연성 폴리머 기판 위에 증착하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 연성 폴리머 기판 위에 상온 화학증착법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (A) 단계에서의 소스증기는 bismuth와 niobium의 혼합소스 증기로서 샤워헤드에서 220℃~270℃로 가열되며,

상기 (B) 단계에서 상기 연성 폴리머 기판의 온도는 40~60℃인 것을 특징으로 하는 연성 폴리머 기판 위에 상온 화학증착법.

청구항 3

증발기, 분무장치, 반응챔버를 포함하여 구성되는 화학증착장치에 있어서,

상기 분무장치의 외곽에는 혼합소스증기가 열분해될 수 있도록 가열하는 가열원이 추가로 설치되어 있고,

상기 반응챔버 내에는 기판 가열을 위한 가열판이 존재하지 않는 것을 특징으로 하는 상온 연성 폴리머 기판의 화학증착장치.

청구항 4

증발기, 샤워헤드, 내부에 기판 가열을 위한 가열판이 장착된 반응챔버를 포함하여 구성되는 화학증착장치를 이용한 화학증착법에 있어서,

기판으로는 연성 폴리머 기판을 사용하며,

상기 가열판은 작동시키지 않으며,

상기 샤워헤드의 외곽에는 혼합소스증기가 열분해될 수 있도록 가열하는 가열원이 추가로 설치되어 작동되는 것을 특징으로 하는 연성 폴리머 기판 위에 상온 화학증법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <5> 본 발명은 상온에서 연성 폴리머를 화학증착할 수 있는 방법 및 장치에 관한 것이다.
- <6> 마이크로-시스템의 신속한 작동과 소형화 추세에 따라 전자적 장비와 장치들 역시 고속화·소형화 되고 있다. 또한 휴대 필요성의 증대에 비례하여 장치의 소형화가 더욱 요청되고 있다. 이들 장치들은 전체 기능이 유지 또는 개선되면서도 보다 소형으로 제작될 필요가 있다. 이에 따라 저렴하고 신뢰성있는 콤팩트 패키지에 대한 관심도 증대되고 있다.
- <7> 일반적인 전기회로에서 전자적 구성요소의 80%가 수동적(passive) 구성요소(커패시터, 저항 및 인덕턴스)이고, 이들이 인쇄-와이어링-보드 면적의 50% 까지 차지하므로, 수동적 구성요소들을 PCB(Printed circuit boards)에

임베딩(embedding)하거나 LTCC(low temperature co-fired ceramics)를 사용함으로써 패키지를 컴팩트화하려는 많은 시도가 있었다.

- <8> 수동 요소(passive components)의 임베딩에 의해, 소형화와 더불어 신호전달거리(signal path)가 매우 짧아졌는데 이에 따라 결과적으로 노이즈가 감소하여 제품-특히 고주파 장치-의 성능이 개선되었다.
- <9> PCB가 견딜 수 있는 온도에서 가공되는 임베딩 커패시터의 하나로서 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5(\text{BZN})$ 박막이 Park 등에 의해 보고되었다.
- <10> 유기박막 트랜지스터(OTFT; Organic thin-film transistors)는 구조적 유연성, 광범위한 부분에 적용성, 저온가공성 및 저비용을 요구하는 응용부문에서 크게 각광받고 있다. 저전압작동/고출력의 폴리머 기판(substrate)에 장착된 OTFT는 저가의 디지털 논리 장치, 전자책 및 전자종이, 착용 가능한 전자제품 및 대형 연성 디스플레이를 포함하는 다양한 관련된 기술의 개발을 가능하게 할 것이다.
- <11> 또한 향후 상온근처의 온도에서 적절한 박막 기술을 활용함으로써, 전자 장치들은 연성 폴리머 기판에 통합되고, 고유전율을 가진 유전체 박막에 의해 소형화될 것이다. 스퍼터링과 펄스레이저 증착 등과 같은 물리 증착(physical vapor deposition; PVD) 기술은 비록 막이 결정화되지는 않지만 기판의 가열없이 증착이 가능하게 한다.
- <12> 일반적으로, CVD를 통한 필름 증착에서 이중 핵 형성 및 성장은 고온의 기판 표면에서 흡착, 화학반응, 탈착 과정을 통해 이루어진다. 따라서 기판은 표면 가까이에 있는 전구물질을 분해하기 위해 고온으로 가열되어야 한다.
- <13> 한편, polyimide 필름 등을 기판으로 하는 연성 폴리머 기판의 경우, 소형 경량화가 가능하여 핸드폰, PDA, 노트북 등 소형 전자기기에 적용하기 쉽고, 3차원 배선이 가능할 뿐 아니라 내굴곡성이 우수하여 프린터, HDD 등에 적용하기 좋다. 또한 종래 실리콘 소재의 기판과는 달리 roll-to-roll 방식의 연속생산이 가능한 장점이 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 기계적 강도가 낮아 취급이 어렵고, 수축률이 심하고 열에 약하기 때문에 (한계 내열온도 약 200°C)에 제작공정에 제한이 있다. 특히 종래의 화학증착법(Chemical vapor deposition; CVD)의 경우 사용되는 전구물질을 분해하기 위해 기판을 임계온도보다 높게 가열하게 되므로 연성 폴리머 기판의 증착에 적용하기에는 어려움이 있다. 또한 초박막 제조를 위해 최근 개발된 원자층 증착(atomic layer deposit; ALD)법 또한 연성 기판상의 박막의 한계 온도인 200°C 이하에서는 사용할 수 없다.
- <14> 이러한 처리온도에 따른 한계를 극복하기 위하여 플라즈마-강화 CVD (plasma-enhanced CVD)를 적용하여 박막의 증착을 위한 기판의 온도를 감소시킬 수 있지만, 이 경우 플라즈마에 의해 빈약한 등각 증착이나 기판의 손상과 같은 많은 결함이 야기되는 단점이 있다.
- <15> 따라서 전자부품·제품의 소형화-경량화에 부응하면서도 제작이 용이한 연성 폴리머 기판의 상온 CVD 기법의 개발이 요청되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <16> 본 발명은 연성 폴리머 기판 위에 유전체 박막을 화학증착할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- <17> 즉 본 발명은 연성 폴리머 기판 적용시 증착과정에서 기판 가열이 없이도 우수한 구조적, 전기적인 특성을 가지는 화학증착 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- <18> 또한 본 발명은 종래 기판 가열형 화학증착장치를 이용하여 연성 폴리머 기판위에 유전체 박막을 화학증착할 수 있는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <19> 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, CVD법을 적용한 박막 증착시 소스가스의 열분해 및 핵생성/성장을 위한 열을 기판에 도달하기 전에 샤워헤드에서 **소스가스에** 가함으로써 연성 폴리머 기판의 열적 변성이나 변형을 방지하는 것을 기본 개념으로 한 것이다.
- <20> 일반적으로, CVD를 통한 박막증착에서 이중 핵 형성 및 성장은 고온의 기판 표면에서 흡착, 화학반응, 탈착 과정을 통해 이루어진다. 따라서 기판은 표면 가까이에 있는 전구물질을 분해하기 위해 고온으로 가열되어야 한

다. 본 발명은 이러한 종래 CVD 방법 및 장치에서 연성 폴리머 기판을 열적으로 보호하기 위한 것이다.

- <21> (1) 이를 위한 본 발명은, (A) 증발기에 의해 증기화된 소스증기를 반응챔버내에 있는 샤워헤드에서 열분해 및 반응이 이루어지도록 가열하여 나노크기의 단일상(single phase)으로 변환시키는 단계와 (B) 상기 나노크기의 단일상으로 된 소스증기를 반응챔버 내의 별도로 가열되지 않는 연성 폴리머 기판에 증착하는 단계를 포함하는 연성 폴리머 기판위에 유전체박막을 상온증착하는 화학증착법에 관한 것이다.
- <22> (2) 또한 본 발명의 하기 실시예에서는, 상기 (A) 단계에서의 소스증기는 bismuth와 niobium의 혼합소스 증기로써 220℃~270℃로 가열되도록 하였고, 상기 (B) 단계에서 상기 연성 폴리머 기판의 온도는 40~60℃가 유지되게 하여 연성 폴리머 기판위에 상온 화학증착법을 수행하였다.
- <23> (3) 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 증발기, 샤워헤드(분무장치), 반응챔버를 포함하여 구성되는 화학증착장치에 있어서, 상기 샤워헤드의 외곽에는 혼합소스증기가 열분해될 수 있도록 가열하는 가열원이 추가로 설치되어 있고, 상기 반응챔버 내에는 기판 가열을 위한 가열판이 존재하지 않는 연성 폴리머 기판위에 상온 화학증착장치를 제공한다.
- <24> (4) 또한 본 발명은, 증발기, 샤워헤드, 내부에 기판 가열을 위한 가열판이 장착된 반응챔버를 포함하여 구성되는 화학증착장치를 이용한 화학증착법에 있어서, 기판으로는 연성 폴리머 기판을 사용하며, 상기 가열판은 작동시키지 않으며, 상기 샤워헤드의 외곽에는 혼합소스증기가 열분해될 수 있도록 가열하는 가열원이 추가로 설치되어 작동되는 연성 폴리머 기판위에 상온 화학증착법을 제공한다.
- <25> 본 발명에서는 종래 상온 CVD 방법을 다음과 같이 개량하였다.: 액체 운반 시스템에서 전구물질은 기화기로 연속적으로 운반되며, 증발된 증기는 반응챔버 내의 샤워헤드(shower head)로 전달된다. 샤워헤드는 전구물질의 분해 온도 이상으로 유지되어야 하며, 증발된 소스 증기가 샤워헤드에서 완전히 분해될 수 있도록 충분한 시간을 제공할 수 있도록 설계된다(도 1의 상세한 샤워헤드의 구조 참조). 비록 기판을 가열하지 않더라도 샤워헤드에 형성된 나노 크기의 단일상(single phases)이 필름 증착을 가능하게 하였다. 본 발명에서는, 상온 CVD의 실현을 결정하는데 중요한 기판 가열이 없이 증착된 박막의 구조적, 전기적인 특성을 조사하였다.
- <26> 본 발명의 하기 실시예에서는 Bi_3NbO_7 (BNO) 유전체를 사용하여 상온 CVD의 개념을 입증하였다. BNO는 자연계의 입방체 형식 구조를 가졌으며, 1MHz의 주파수 적용시 낮은 유전손실률(10×10^{-4})에 높은 유전율(~100)을 가진 것으로 알려져 있다. 기판을 가열하지 않고 증착된 박막에서의 BNO의 구조적, 전기적인 특성 및 BNO 박막의 전기적인 특성에 대한 기판 온도의 영향에 대해 실험하고 검토하였다.
- <27> 이하 첨부된 도면과 하기 실시예를 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 도면과 실시예는 본 발명을 설명하기 위한 하나의 예시일 뿐 본 발명의 기술적 사항의 내용이나 범위가 이에 의해 한정되거나 변형되는 것은 아니다.
- <28> 하기 실시예에서는 연성 폴리머 기판 대신에 종래 사용되는 니켈이 코팅된 실리콘 기판을 적용하였다. 그러나 CVD 과정에서 상온에서도 소스가 효과적으로 충분히 증착될 수 있음을 실증하는 것이 하기 실시예이므로 동일한 방법으로 연성 폴리머 기판을 사용할 수 있음은 당업자에게 있어 당연할 것이다.
- <29> **실시예**
- <30> **실시예 1 : 상온 화학증착법에 의한 박막의 제조**
- <31> 핵산에 각각 0.05M 농도로 용해된 $\text{Bi}(\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2)_3$ (Asahi Denka Co., Ltd) 와 $\text{Nb}[\text{NC}(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_5][\text{N}(\text{CH}_3)_2]_3$ (Kojundo Chemical Lab. Co., Ltd) 전구물질을 각각 bismuth와 niobium 소스로 사용하였다. 사용된 전구물질의 분해 온도는 약 220℃이다. 원하는 몰비로 혼합된 혼합소스를 미세펌프(예; syringe 펌프)로 플래시 기화기에 연속주입하였다. 소스가 기화기에 주입되면서 즉시 기화되고, Ar 운반가스와 함께 100ml/min의 유속으로 MOCVD 반응챔버 내의 샤워헤드로 운반된다. 산화제로서 O_2 를 100ml/min의 유속으로 일정하게 샤워헤드로 공급한다. 소스 증기들은 250℃로 유지된 샤워헤드에 반응하였다. 샤워헤드의 크기는 약 5 inch이고 외부에는 이를 가열하는 열공급장치가 별도로 부착되어 있으며 이의 온도는 내부에 부착된 온도센서를 통하여 조절하였다. 전기적 특성을 확인하기 위해 니켈이 코팅된 실리콘 기판은 시중의 실리콘 기판 위에 스퍼터 장치를 사용하여 니켈을 증착하였으며 이는 별도로 가열하지 않더라도 고온의 샤워헤드 때문에 50℃로 유지되었다(도 1 참조).
- <32> **실시예 2 : 상온 화학증착법에 의해 제조된 박막의 물리화학적 특성 분석**

- <33> (1) CuK α 방사선 및 니켈 필터를 사용한 엑스레이 회절(XRD, REGAKU D/MAX-RC)을 이용하여 BNO 필름의 결정구조와 방향성을 측정하였다.
- <34> BNO 필름의 표면 거칠기는 원자력 현미경(atomic force microscopy; AFM)으로, BNO 필름의 결정 구조는 TEM으로 각각 측정하였다(도 2 참조). BNO 단일상의 형성 여부는 TEM에 장착된 EDS 및 엑스레이 광전자 스펙트럼(XPS)을 이용하여 명확하게 식별하였다(도 2 및 3 참조). 다양한 Bi/Nb 몰 비율의 혼합소스로 증착된 박막의 조성은 RBS(Rutherford backscattering spectroscopy)로 분석하였다(도 3 참조). Pt/BNO/Ni/Si 구조의 유전특성은 100Hz~100MHz 범위에서의 임피던스 분석(HP 4194A)으로 평가하였다(도 4 참조). 박막의 누설전류 특성은 반도체 파라미터 분석기(HP 4145B)를 이용하여 조사하였다.
- <35> lift-off 리소그래피법으로 정밀하게 패터닝하고 Dc magnetron sputter로 스퍼터링한 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 규격의 Pt-top 전극을 이용하여 전기적 특성을 측정하였다.
- <36> (1) 박막의 표면거칠기 및 단면 분석
- <37> 도 2(a)는, 기판 가열이 없이 상온(실제의 기판 온도는 약 50℃) 증착된 70nm 두께의 BNO 박막을 30kV/60mA의 전력과 분당 3°의 주사율로 분석한 XRD 패턴이다. BNO 박막이 결정화된 경우라면 BNO(222) 면을 나타내는 중심 피크는 $2\theta \sim 2\theta$ 주사범위 안에서 $2\theta = 29^\circ$ 에서 관찰될 것이다. 그러나 $2\theta = 29^\circ$ 에서의 XRD의 패턴의 피크 강도로부터 BNO 박막의 결정화도(crystallinity)를 확인하기는 어렵다.
- <38> $2\theta = 29^\circ$ 에서의 피크를 정확하게 확인하기 위해, 40kV/100mA의 고전력과 분당 1°의 느린 주파수 주사율로 $2\theta = 24^\circ \sim 33^\circ$ 범위에서의 피크 강도를 관찰하였다. 상온에서 증착된 박막의 스캔 결과를 도 2(a)의 내부에 나타내었다. $2\theta = 29^\circ$ 에서 완전한 피크가 관찰되었는데, 이로부터 상온 증착 박막이 전형적인 나노 크기의 결정체를 가지는지 아니면 순수 무정형상을 가지는지를 명확하게 알 수는 없다.
- <39> 도 2(b)는 기판 가열 없이 증착된 BNO 박막의 SEM 표면의 이미지이다. 박막은 대략 0.9nm 제곱평균제곱근(root mean square; rms)의 거칠기(roughness)를 가진 매끄럽고 농후한 표면 상태를 나타낸다. 접착 테이프를 사용한 부착실험 결과에서 박막은 증착층과 Ni 바닥전극 사이에 강한 접착력을 보였다(데이터 도시 생략). 박막의 결정화도는 도 2(c) 및 2(d)의 TEM 단면 이미지로부터 확인할 수 있다. 도 2(c)에서 볼 수 있듯이, 니켈이 코팅된 실리콘 기판에 증착된 BNO 박막은 BNO층의 두께가 70nm이고, BNO층과 Ni 바닥전극 사이에 명료한 경계면이 형성되었다. 도 2(d)는 도 2(c)의 BNO층의 확대 이미지이다. 기판 가열없이 증착된 박막은 BNO층에서 약 평균 6nm의 나노 크기의 부분적 결정상을 보였으며, BNO 박막의 결정화된 영역에서의 선택영역 회절패턴(selected-area diffraction patterns; SADP)는 다결정을 의미하는 명확한 링 모양의 형태를 보인다(도 2(d) 참조). 도 2(a) 내부 그래프에서 $2\theta = 29^\circ$ 에서의 피크의 full-width-half-maximum(FWHM) 값으로부터 Scherrer의 공식에 따라 계산된 BNO 박막의 다결정 크기는 약 6.5nm로서 TEM의 결과(도 2(d) 참조)와 일치한다.
- <40> (2) 박막의 단일상 형성 여부 확인
- <41> 50℃에 증착된 박막이 Bi₂O₃와 Nb₂O₅의 혼합상으로 구성되었는지 아니면 BNO 단일상으로 구성되었는지를 확인하는 것이 중요하다. 증착된 박막이 혼합상이라면 BNO 단일상을 얻기 위하여 고온에서 처리(annealing)되어야 하기 때문에 연성 폴리머 기판위에 증착된 박막의 경우에는 적합지 않은 처리방법이 될 것이다.
- <42> 도 3(a), 3(b) 및 3(c)는 BNO 벌크재료와 본 발명에 의한 CVD 법으로 50℃에서 증착된 BNO 박막에서, 각각 Bi 4f, Nb 3d 및 O 1s 코어셀의 XPS 스펙트럼을 나타낸다. Bi:Nb = 2:1(몰비)로 혼합된 혼합소스로 50℃에서 증착된 필름은 BNO의 화학량적인(stoichiometric) 구성을 가진다. CVD로 증착된 박막에서 각 원소(element)의 결합에너지는 BNO 벌크재 보다 다소 높게 나타났다. 그러나 박막의 각 코어셀의 형태는 BNO 벌크재의 코어셀 형태와 일치하였다.
- <43> 이로부터, 본 발명에 의하여 50℃에서 증착된 박막이 BNO의 순수 단일상으로 이루어져 있음을 알 수 있다.
- <44> 증착된 박막이 BNO 단일상이라는 또 다른 증거는 TEM 이미지의 에너지 분산 스펙트럼(energy dispersive spectroscopy; EDS)에 의한 구성분석을 통해서 얻을 수 있다. BNO층의 결정상(작은 원 표시부분)의 구성을 분석하여 도 3(d)에 도시하였다. 구성분석을 위한 광선의 직경은 결정상의 크기보다 작은 대략 1nm으로 하였다.
- <45> 박막의 여러 부위에서 측정된 EDS 결과는, 본 발명에 의한 박막이 원소상태의(elemental) Bi, Nb, O를 함유하고 있기에, 증착된 박막이 BNO 단일상임을 명백하게 보여준다.

(3) 박막의 증착온도와 전기적 특성간의 관계 분석

도 4(a)는 증착온도에 따른 BNO 박막의 유전율(dielectric constant)과 유전손실값(dissipation factor)의 변이를 나타낸다. 이때 니켈이 증착된 기판의 온도는 별도의 가열 없이는 약 50℃를 유지하였으며 이상의 온도에서 실험시에는 기판 아래 장착되어 있는 별도의 가열장치를 통하여 가열되었다. 도 1에서 보여진 기판 홀더는 저항가열 방식으로 기판을 가열하도록 설계되어 있으며 증착시 온도를 올릴 수 있도록 되어 있다.

증착 온도를 300℃까지 변화시키에 따라 박막의 두께는 50~60nm의 범위에서 다양하게 나타났다(데이터 도시 생략). 증착 온도가 증가함에 따라 박막의 유전율이 미세하게 증가하였는데, 50℃에서 증착된 박막의 유전율은 약 32였다. 연성 폴리머 기판 사용에 대한 증착 한계 온도인 200℃에서 증착된 박막의 유전율과 유전손실값은 각각 약 48 과 4% 였다. 이러한 수치는 298K 에서 펄스 레이저 증착법에 의해 증착된 200nm 두께의 BNO 필름의 수치와 비슷하다. 비스무스를 기재(base)로 한 형석 박막 및 pyrochlore 박막을 상온에서 펄스 레이저 증착법으로 증착시키면 높은 유전율을 나타낸다는 사실은 이미 밝혀진 바 있다.

다양한 온도에서 증착된 박막에서 인가된 전기장의 변화에 따른 누설전류밀도(leakage current density)의 변화를 도 4(b)에 도시하였다. 50℃에서 증착된 60nm 두께의 박막 역시 약 500kV/cm의 파괴강도(breakdown strength)를 가진 BNO 유전 물질의 전형적인 누설전류 특성을 보여주며, 300℃의 고온에서 증착된 박막의 누설전류 특성은, 본 발명에 의한 방법에 따라 50℃에서 증착된 박막의 것과 유사하였다.

본 발명에 의한 방법에 따라 50℃에서 증착된 60nm 두께의 BNO 박막의 누설전류 특성은 100℃에서 펄스 레이저 증착법으로 Cu/Si 기판에서 증착된 60nm 두께의 $\text{Bi}_2\text{Mg}_2/3\text{Nb}_4/3\text{O}_7$ pyrochlore 박막보다 더 안정된 특성을 보여준다.

발명의 효과

본 발명에 의하여, 박막증착을 위해 폴리머를 포함한 다양한 연성 기판이 사용될 수 있을 것이며, 대형(large area) 증착과 등각증착(conformal deposition) 등과 같이 PVD에 비교되는 CVD 특유의 장점이 보완될 수 있게 된다.

또한 본 발명에 의한 새로운 CVD 방법은 연성 전자소자 적용을 위한 유전성 박막 증착에 매우 유용한 도구가 될 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의한 화학증착법을 실시하는데 사용될 수 있는 액체운반 금속 유기 화학증착 설비의 개념도이다.

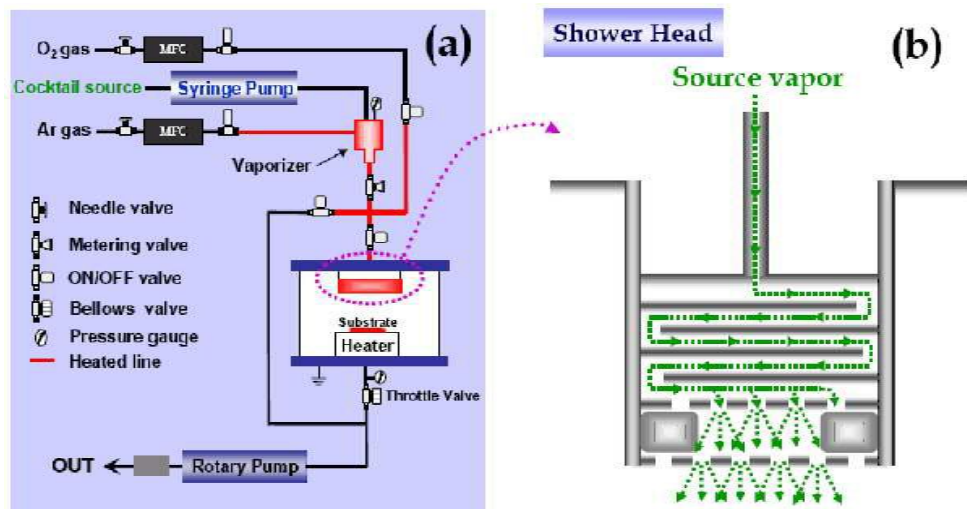
도 2는 본 발명의 하기 실시예에 의해 제작된 박막의 XRD 패턴(a), BNO 필름의 SEM 표면의 이미지(b), TEM 단면 이미지 및 그의 확대도(c, d)이다.

도 3은 하기 실시예에 의해 제작된 박막에서, 각각 Bi 4f(a), Nb 3d(b) 및 O 1s(c) 코어셸의 XPS 스펙트럼 및 TEM 이미지의 에너지 분산 스펙트럼에 의한 구성분석 그래프(d)이다.

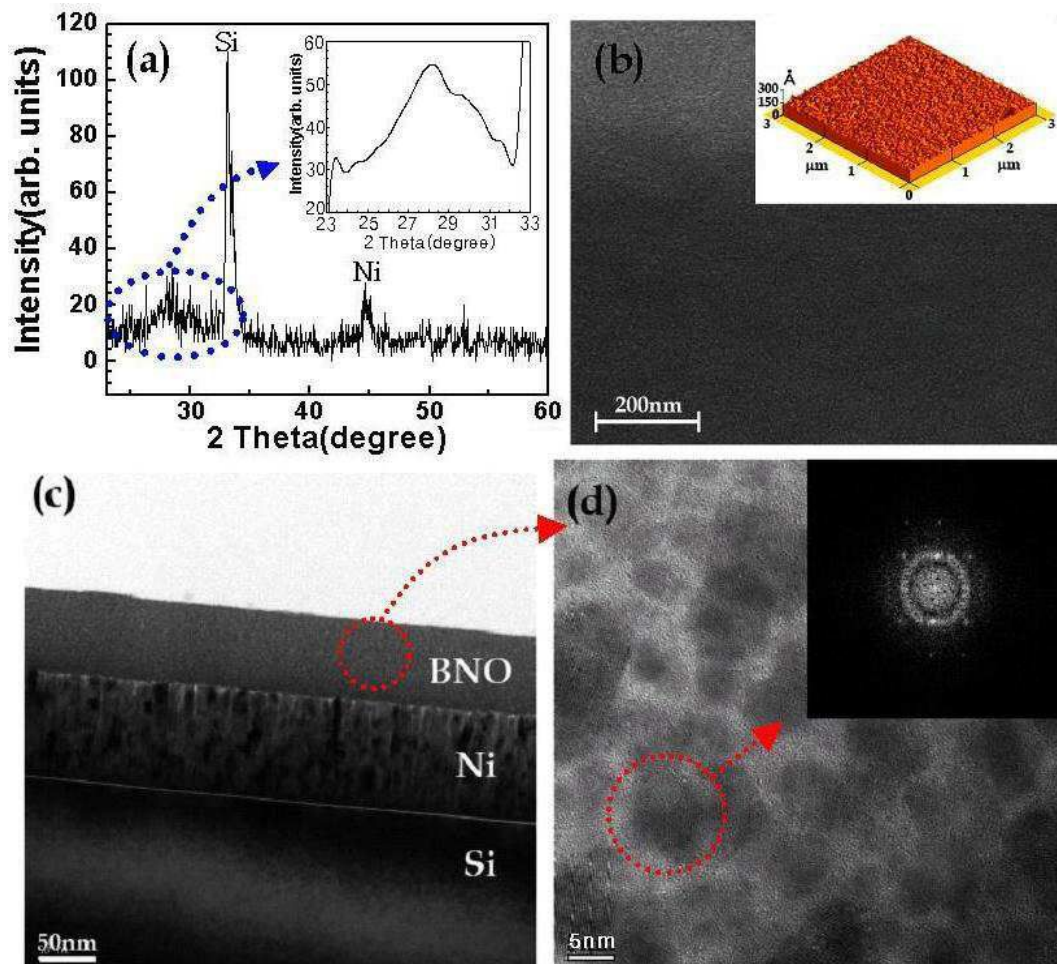
도 4는 하기 실시예에 의해 제작된 박막에서, 증착온도에 따른 박막의 유전율과 유전손실값의 변이도(a) 및 인가된 전기장의 변화에 따른 누설전류밀도의 변화도(b)이다.

도면

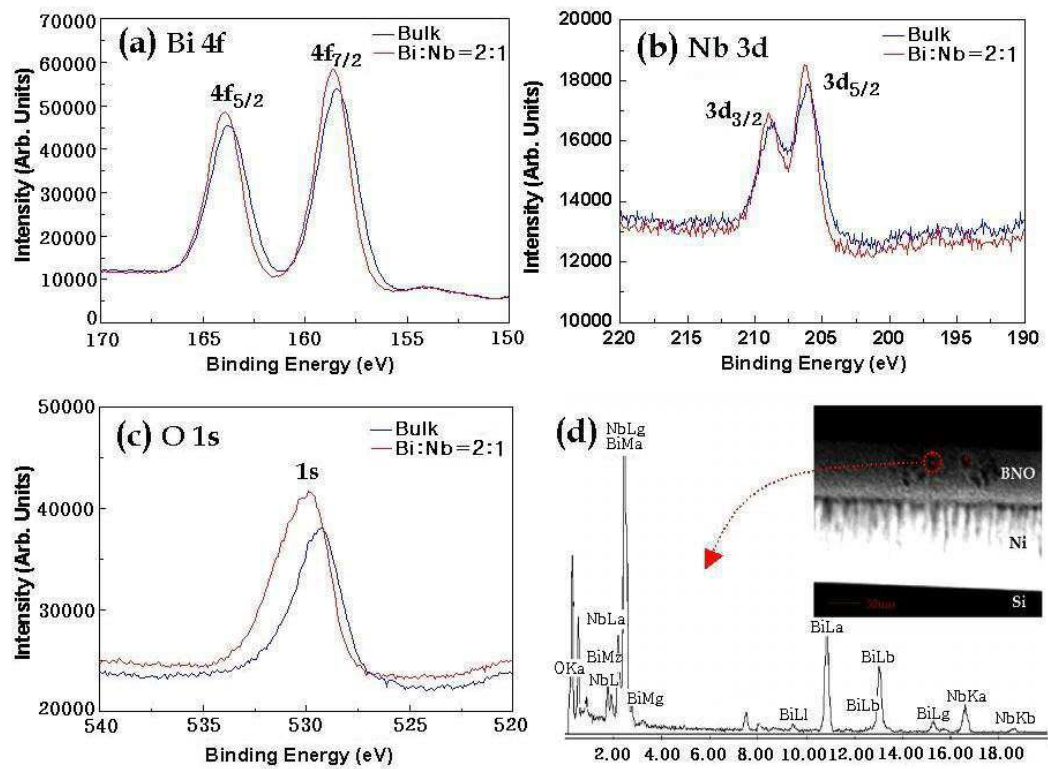
도면1



도면2



도면3



도면4

