

다양한 증착변수에 따른 AlN 박막의 물성 및 SAW 소자의 특성 분석

論 文
52C-8-1

Effects of Deposition Conditions on Properties of AlN Films and Characteristics of AlN-SAW Devices

丁 峻 必* · 李 明 鎬* · 李 進 馥** · 朴 珍 奭***

(Jun-Phil Jung · Myung-Ho Lee · Jin-Bock Lee · Jin-Seok Park)

Abstract - AlN thin films are deposited on Si (100) and SiO₂/Si substrates by using an RF magnetron sputtering method and by changing the conditions of deposition variables, such as RF power, N₂/Ar flow ratio, and substrate temperature (T_{sub}). For all the deposited AlN films, XRD peak patterns are monitored to examine the effect of deposition condition on the crystal orientation. Highly (002)-oriented AlN films are obtained at following nominal deposition conditions: RF power = 350W, N₂/Ar ratio = 10/20, T_{sub} = 250°C, and working pressure = 5mTorr, respectively. AlN-based SAW devices are fabricated using a lift-off method by varying the thickness of AlN layer. Insertion losses and side-lobe rejection levels of fabricated SAW devices are extracted from their frequency response characteristics, which are also compared in terms of AlN thickness and substrate. Relationships between the film properties of AlN films and the frequency responses of SAW devices are discussed. It is concluded from the experimental results that the (002)-preferred orientation as well as the surface roughness of AlN film may play a crucial role of determining the device performances of AlN-SAW devices.

Key Words : AlN, (002)-orientation, surface roughness, SAW devices, insertion loss,

1. 서 론

최근 통신 시스템의 발전에 따라 고주파 통신용 능동 및 수동 소자의 개발에 대한 관심이 집중되고 있다. 특히, 핵심 수동 소자인 대역통과(band-pass) 필터의 경우는 기존의 LC 필터, 유전체 필터 등에 비해 회로의 간략화 및 무조정화가 가능한 장점을 가지고 있는 표면탄성파(surface acoustic wave, SAW) 필터에 대한 연구 개발이 활발히 진행 중이다.[1] 또한, 기존의 단결정 압전기판으로서 통신용 소자 및 부품의 고주파화에 부합하는 고주파 필터를 구현함에 있어서 제작공정 측면에서 많은 어려움이 나타나고 있기 때문에, 높은 SAW 속도를 갖는 새로운 기판재료의 개발에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이와 관련하여 최근에는 AlN 및 ZnO를 이용한 다층막 고주파 SAW 필터의 제작에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[2-3]

이러한 박막형 SAW 소자의 성능 향상을 위해서는 우수한 물성을 갖는 압전 박막의 제작이 매우 중요한 바, 압전 박막은 그 배향이 (002) 수직 배향으로 성장시 가장 우수한 압전 특성을 나타내며, 박막의 거친 표면이 탄성파를 산란시키기 때문에 배향특성 및 표면 거칠기의 제어가 중요한 요소이다. AlN 박막은 ZnO 박막에 비해 SAW 속도가 크고 온도 안정성이 우수하며 고주파 대역에서 전파손실이 작은

장점으로 인해 GHz 대역용 SAW 필터로의 응용에 주목을 받고 있지만,[4] ZnO 박막에 비해 우수한 배향성을 갖는 박막의 제조가 어려운 단점으로 인하여 AlN 박막을 이용한 SAW 필터의 응용에 대한 연구가 매우 부족한 실정이며, 특히 AlN SAW 소자의 특성과 AlN 박막의 물성이 상호 연계되어 분석, 검토된 연구 결과는 아직까지 문헌에 보고된 사례가 없다.

따라서, 본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 AlN 박막의 증착시, RF 전력, N₂/Ar 유량비, 기판 온도 등의 증착변수를 변화시키고, 이러한 증착조건에 따른 AlN 박막의 물성 변화를 체계적으로 분석하였다. 또한, AlN 박막을 이용한 SAW 소자를 제작하고, AlN 박막 두께의 변화 및 기판의 종류가 AlN 박막의 물성 및 제작된 AlN-SAW 소자의 특성에 미치는 영향을 분석함으로써, AlN 박막의 물성과 SAW 소자의 특성 상호간의 상관관계를 규명하고자 하였다.

2. 실험 방법

AlN 박막은 RF 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하여 증착하였으며, 99.999%의 Al 타겟에 Ar과 N₂를 주입시켜 증착하는 반응성 스퍼터링 방법을 사용하였다. 기판은 Si(100) 및 SiO₂/Si 기판을 사용하였으며, 증착시 증착압력은 5mTorr, RF 전력은 150W~450W, 기판온도(T_{sub})는 상온~550°C, N₂/Ar의 유량비는 5/25~25/5(sccm/sccm) 등으로 각각 변화시키면서 증착하였다.

증착된 모든 AlN 박막은 XRD(x-ray diffraction)를 이용하여 박막의 (002) 우선 배향 특성을 관찰하였고, XRD 결과

* 準 會 員 : 漢陽大 電子電氣制御計測工學科 碩士課程

** 正 會 員 : 漢陽大 電氣工學科 博士課程

*** 正 會 員 : 漢陽大 電子컴퓨터工學部 副教授 · 工學博士

接受日字 : 2002年 10月 23日

最終完了 : 2003年 7月 8日

로부터 (002) 배향에 대한 TC(texture coefficient = $[I_{(002)} / \sum I_{(hkl)}] \times 100$ %)값과 결정립 크기(crystallite size = $0.9 \lambda / [FWHM_{rad} \times \cos\theta]$)를 산출하여 구조적 물성의 차이를 정량적으로 비교, 분석하였으며, SEM(scanning electron microscope)과 AFM(atomic force microscope)을 이용하여 박막의 표면형상 및 표면거칠기 등을 증착조건에 따라 분석하였다.

SAW 소자의 제작을 위하여 AlN 박막 위에 DC 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 Al 금속막을 증착하고, lift-off 공정을 이용하여 선폭($\lambda/4$)이 $2\mu\text{m}$ 이고, finger pair의 개수가 75개인 single-electrode IDT(interdigital transducer) 전극을 형성하였다. 또한, IDT의 설계시 푸리에 변환을 이용한 임펄스 응답 모델을 사용하였고, transverse filter 타입의 SAW 소자를 구현하였다. SAW 소자의 제작시, SiO₂/Si 기판을 사용한 경우는 AlN 박막의 증착시간을 1, 3, 7시간으로 변화시켜 두께/파장(h/λ)비가 0.073, 0.248, 0.572 등으로 하였으며, Si(100) 기판을 사용한 경우에는 AlN 박막의 증착시간을 3시간으로 고정하여 h/λ가 0.248로 되도록 하여, AlN 박막의 두께 변화 및 기판의 종류에 따른 SAW 소자의 특성의 변화를 비교, 분석하였다. 제작된 SAW 소자는 Al-zig를 network analyzer(HP 8720C)에 연결하여 주파수 응답(S₂₁) 특성을 측정하였으며, 이로부터 소자의 삽입손실(insertion loss) 및 저지대역폭(side-lobe rejection level)을 산출하여 소자의 제작조건에 따라 비교하였다

3. 결과 및 고찰

그림1은 AlN 박막 증착시 인가된 RF 전력에 따른 AlN 박막의 배향특성의 변화를 조사하기 위하여 측정된 XRD 패턴 및 (002) 배향에 대한 TC값 산출 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이, 150W의 낮은 전력에서는 (002) 배향 피크 외에 (100) 배향 피크도 다소 존재하였으나, RF 전력이 증가함에 따라서 (100) 피크는 거의 사라지고, (002) 배향특성만이 나타나는 것을 관찰할 수 있었으며, 각각의 박막에 대하여 산출한 (002)-TC값의 변화로부터 이러한 경향을 정량적으로 확인할 수 있었다. AlN 구조에서 (002) 방향을 이루는 Al-N 결합을 B₁, 그 이외의 방향을 이루는 Al-N 결합을 B₂라 하면, B₁은 B₂와는 달리 Al 원자의 비어있는 전자궤도(empty orbit)와 N 원자의 채워져 있는 전자궤도(full orbit)가 결합을 이루기 때문에 이온 결합적인 특성이 강하다. 즉, B₂에 비하여 B₁의 그 임계(critical) 결합에너지가 작아 결합이 이루어진 이후에도 외부의 작은 에너지에 의해 이러한 결정구조가 쉽게 깨어질 수 있기 때문에, 증착 후에도 이러한 결합이 지속적으로 유지되기 위해서는 가능한 큰 에너지로 결합되는 것이 필요하다.[5] 따라서, 안정된 Al-N 결합에 있어서 중요한 영향을 미치는 것은 증착시 기판에 도달하는 입자의 에너지이며, 본 연구의 경우 RF 전력의 증가가 증착시 입자의 에너지를 증가시켰기 때문에, 증착된 AlN 박막의 (002) 배향특성이 RF 전력의 증가에 따라 향상되었다고 사료된다.

그림2의 (a)와 (b)는 RF 전력 150W와 350W에서 증착된 AlN 박막의 SEM 표면형상을 비교한 것이다. 일반적으로

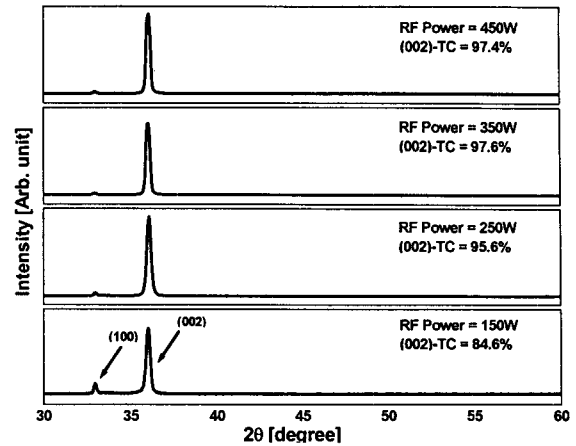


그림 1 RF 전력의 변화에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴 (T_{sub}=250°C, N₂/Ar=10/20, Pressure=5mTorr)

Fig. 1 XRD patterns for AlN films deposited at different RF powers (T_{sub}=250°C, N₂/Ar=10/20, Pressure=5mTorr)

박막 증착시 에너지 입자의 충돌이 그 박막의 밀도와 결정립의 크기를 결정하며, 증착되는 입자의 에너지가 클수록 결정립의 크기가 커진다고 보고된 바 있다.[6] 본 연구에서도 그림1의 XRD 측정으로부터 산출된 결정립의 크기가 150W에서 증착된 AlN 박막의 경우 300Å, 350W에서 증착된 경우는 400Å~450Å으로 각각 나타난 바, RF 인가전력의 크기 즉, 박막 증착에 참여하는 입자의 에너지가 증가할수록 결정립의 크기가 증가한 것을 알 수 있었으며, 그림2의 SEM 표면형상의 관찰로부터 이를 확인할 수 있었다. 또한, 결정립 크기의 증가는 대체적으로 결정성의 향상을 의미하는 바, RF 전력이 증가함에 따라서 (002) 배향특성 뿐만 아니라 결정성도 향상되었음을 알 수 있다.

그림3은 N₂/Ar 유량비의 변화에 따른 AlN 박막의 배향특성 변화를 조사한 XRD 측정 결과이다. 혼합 가스내에 N₂ 혹은 Ar 중 어느 한쪽이 과다하게 포함되는 경우(즉, 그림3에서 N₂/Ar=25/5 혹은 5/25의 경우)에는 (002) 배향특성이 상대적으로 저하되는 결과가 나타났다. N₂의 유량에 비해서 Ar이 과다하게 첨가된 경우에는, Ar에 의해 스퍼터링 되는

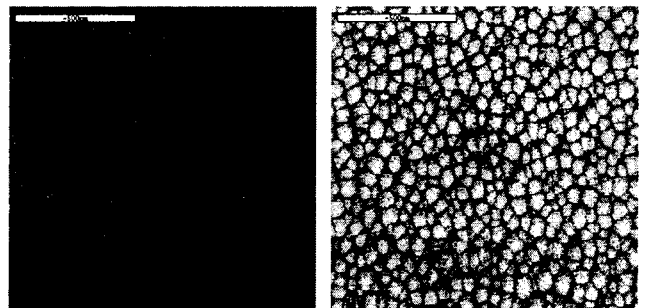


그림 2 RF 전력이 각각 (a) 150W와 (b) 350W에서 증착된 AlN 박막의 SEM 표면형상 (T_{sub}=250°C, N₂/Ar=10/20, Pressure=5mTorr)

Fig. 2 SEM image for AlN films deposited at RF power of (a) 150W and (b) 350W (T_{sub}=250°C, N₂/Ar=10/20, Pressure=5mTorr)

Al 입자의 양이 상대적으로 매우 많기 때문에 과잉의 Al 입자 중에서 N과 결합하지 못한 잉여의 Al 입자들이 박막 내에 원자 상태로 포함되게 되므로 AlN 박막의 (002) 방향 성장을 방해한 것이라 판단된다.[7] 반면, Ar의 유량에 비해서 N₂가 과다하게 첨가된 경우는, 스퍼터링된 Al 입자가 상대적으로 과다하게 존재하는 N 원자들과 충돌할 확률이 증가하고, 이러한 과정에서 증착되는 입자의 에너지가 감소하여 AlN 박막의 (002) 배향특성이 저하된 것이라 사료된다.[8]

그림4의 (a)와 (b)는 N₂/Ar 유량비가 각각 5/25 및 25/5 인 조건에서 증착된 AlN 박막의 SEM 표면형상을 나타낸 것이다. 그림4(a)와 같이 N₂/Ar 유량비가 5/25일 경우는 N 원자와 결합하지 못한 Al 입자가 박막내에 상당량 존재하기 때문에 다른 조건에서 증착한 AlN 박막들과는 매우 상이한 삼각지붕 형태의 표면형상이 관찰되었다. 반면, 그림4(b)와 같이 N₂/Ar 유량비가 25/5의 경우는 비교적 일정한 크기의 결정립들이 성장했다는 것을 알 수 있으나, N₂의 과도한 첨가로 인하여 그림2 (b)의 AlN 박막(N₂/Ar=10/20)에 비하여 결정립의 크기가 작고, 상대적으로 조밀하지 못한 표면형상을 나타내고 있다.

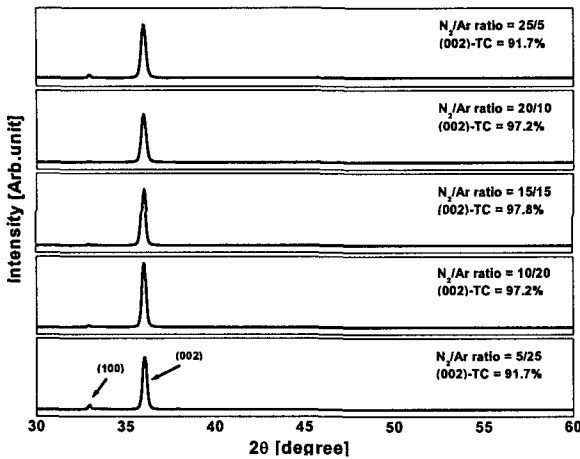


그림 3. N₂/Ar 유량비의 변화에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴 (T_{sub}=250°C, RF power=350W, Pressure=5mTorr)
 Fig. 3 XRD patterns for AlN films deposited at different N₂/Ar flow rate(T_{sub}=250°C, RF power=350W, Pressure= 5mTorr)

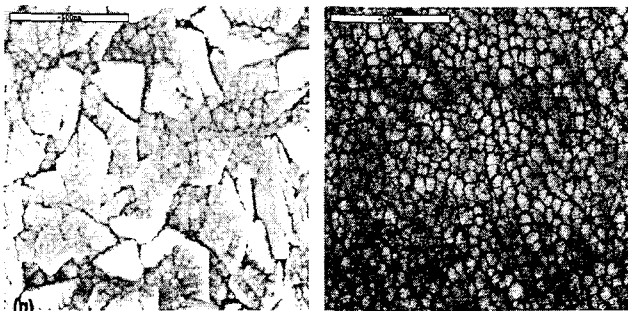


그림 4 N₂/Ar 유량비가 각각 (a) 5/25 및 (b) 25/5에서 증착된 AlN 박막의 SEM 표면형상 (T_{sub}=250°C, RF power=350W, Pressure= 5mTorr)
 Fig. 4 SEM image for AlN films deposited at N₂/Ar ratio of (a) 5/25 and (b) 25/5(T_{sub}=250°C, RF power=350W, Pressure=5mTorr)

그림5는 기판온도를 상온~550°C 범위에서 변화시켜 증착한 AlN 박막의 XRD 결과를 비교하여 나타낸 것으로서, 상온에서 증착된 경우에 비하여 기판온도가 증가함에 따라 박막의 (002) 배향특성이 향상되다가 350°C 이상이 되면 다시 배향특성이 저하되는 것을 관찰할 수 있다. 기판온도가 낮은 경우에 박막의 (002) 배향특성이 좋지 않은 이유는, AlN 박막의 증착시 스퍼터링 되어 기판에 도달하는 기상 입자들이 기판의 표면 위에서 (002) 방향으로 성장할 수 있는 충분한 이동도를 갖지 못하기 때문이다.[9] 또한, 기판온도가 350°C 이상으로 증가된 경우에는, 반응기내의 온도가 증가하면서 반응기 벽내에 존재하는 산소가 박막 증착과정에 참여하게 되고, 산소의 유입은 Al과 N의 표면 이동도를 감소시킨다. 표면 이동도의 감소는 AlN 박막의 결합과 불일치를 증가시키며, 이로 인하여 결국 박막의 (002) 배향특성이 저하되었다고 판단된다.[10] 또한, 반가폭 (full-width at half-maximum, FWHM)값의 측정 결과, 350°C 이상의 기판온도에서 증착된 AlN 박막들은 (002) 배향특성 뿐 아니라 결정정도 다른 박막들에 비하여 매우 열화한 특성을 나타내었다.

그림6은 RF 전력, N₂/Ar 유량비, 기판온도에 따른 AlN 박막의 (002)-TC값을 비교하여 나타낸 것이다. (002)-TC값은 다른 조건들에 비하여 기판온도에 더 큰 영향을 받았다는 것을 알 수 있으며, RF 전력이 350W, N₂/Ar 유량비가 10/20, 기판온도가 250°C에서 증착된 AlN 박막이 가장 높은 (002)-TC값을 나타내었다. 이러한 AlN 박막의 물성 분석 결과들을 토대로, 본 연구에서는 SAW 필터의 제작시 우수한 (002) 배향특성을 갖는 AlN 박막을 사용하고자 상기와 같이 도출된 RF 전력, N₂/Ar 유량비, 기판온도 조건에서 AlN 박막을 증착하였으며, AlN 박막의 두께 및 기판의 종류에 따른 SAW 소자 특성의 변화를 분석하였다.

그림7은 SiO₂/Si를 기판으로 하여 h/λ가 0.073, 0.248, 0.572가 되도록 AlN 박막의 두께를 변화시켜 제작한 SAW 소자의 주파수응답 특성들(그림7의 (a)~(c) 참조)과 Si(100) 위에 h/λ를 0.248로 고정하여 제작한 SAW 소자의 주파수응

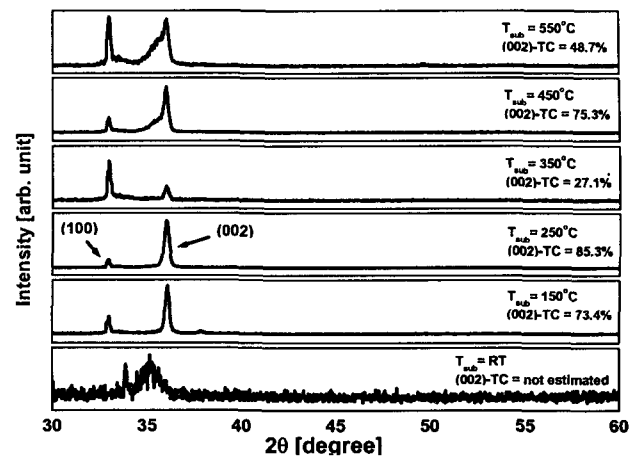


그림 5 기판온도(T_{sub})의 변화에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴 (T_{sub}=250°C, RF power=350W, Pressure=5mTorr)
 Fig. 5 XRD patterns for AlN films deposited at different substrate temperatures(T_{sub}=250°C, RF power=350W, Pressure=5mTorr)

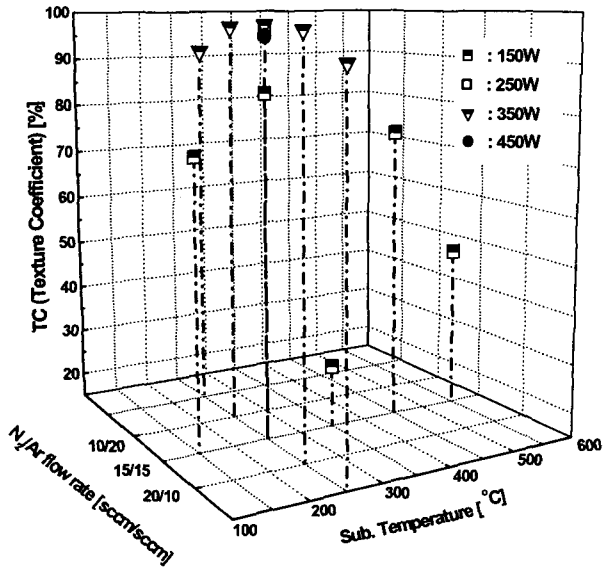


그림 6 RF 전력, N₂/Ar 유량비와 기판온도에 따른 AlN 박막의 (002)-TC 값

Fig. 6 (002)-TC values for AlN films, in terms of RF Power, N₂/Ar flow ratio and substrate temperature

담 특성(그림7의 (d) 참조)을 비교하여 나타낸 것이다. 또한, 표1은 이러한 주파수응답 특성들로부터 산출한 삽입손실 및 저지대역폭의 값들을 각 소자별로 정리한 것이며, 이와 더불어 각 소자에 사용된 AlN 박막들의 (002)-TC값, 결정립의 크기 및 표면거칠기 등의 물성 결과를 비교하여 나타내었다.

그림7과 표1에 제시된 바와 같이, SiO₂/Si를 기판으로 사용하고, $h/\lambda = 0.248$ 이 되는 두께의 AlN 박막을 사용한 SAW 소자의 경우, 삽입손실이 약 32dB, 저지대역폭이 약 24dB 등으로서 가장 우수한 소자 특성을 갖는 것으로 나타났다. 일반적으로 압전 박막의 두께가 증가함에 따라 박막의 (002) 배향특성과 결정성이 향상되고, 또한 기판 영향의 감소로 인하여 SAW 소자의 특성이 향상되는 것으로 보고된 바 있으나, [11-12] 본 연구에서는 그림7의 (c)에 나타낸 바와 같이 AlN 박막의 두께가 증가하여 h/λ 가 0.572인 경우에는 SAW 소자의 특성이 오히려 상대적으로 저하되는 것으로 관찰되었다. 이는 h/λ 가 0.572인 경우, 표1의 물성 비교에서 알 수 있듯이 AlN 박막의 두께가 증가함에 따라 결정립의 크기는 증가하게 되는데, 동시에 박막의 표면거칠기도 현저히 증가되는 결과가 초래되어 SAW 소자의 IDT 금속 전극과 AlN 압전박막과의 계면특성에 악영향을 미치게 되므로, 결국 AlN 박막 표면에서의 SAW 전달 특성의 열화가 야기되었기 때문이라 판단된다. 또한, AlN 박막의 두께에 따른 중심주파수의 변화가 관찰되는데, 이는 실험시, 반응기 내부의 오염으로 인한 산소의 반응 참여로 AlN 박막의 SAW velocity가 변화하여 나타난 현상이라 사료된다. 그리고, AlN 박막의 두께를 동일하게 ($h/\lambda=0.248$) 증착한 경우, SiO₂/Si 기판(삽입손실 = 32 dB, 저지대역폭 = 24 dB)을 사용한 SAW 소자의 특성이 Si(100)을 기판(삽입손실 = 37 dB, 저지대역폭 = 12 dB)으로 사용한 소자에 비하여 특성이

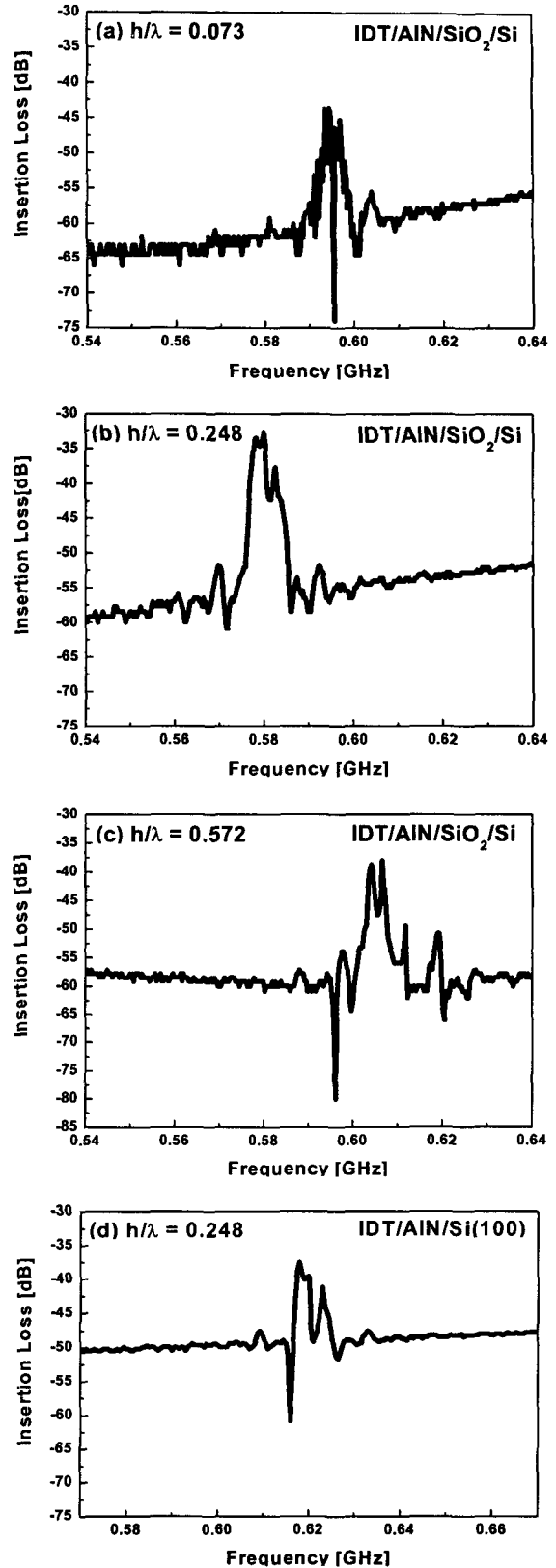


그림 7 AlN 박막의 두께(h/λ) 및 기판에 따른 SAW 소자의 주파수 응답(S₂₁) 특성

Fig. 7 Frequency response (S₂₁) characteristics of SAW devices as a function of AlN thickness (h/λ) and substrate

표 1 두께와 기판 변화에 따른 AlN 박막의 물성 및 SAW 특성
 Table 1 Characteristics of SAW devices and properties of AlN films as variation of AlN thickness and substrate

기판	SiO ₂ /Si			Si
	0.073	0.248	0.572	0.248
두께/파장(h/λ)	43	32	38	37
삽입손실 [dB]	19	24	21	12
저지대역폭 [dB]	95.4	98.1	98.8	94.5
(002) TC [%]	321	399	411	403
결정립 크기 [Å]	2.5	4.7	55.6	5.9

더 우수한 것으로 나타났다. 이는 SiO₂와 같은 비정질막 위에 AlN 박막을 증착하는 것과는 달리 Si(100) 기판을 사용한 경우에는 기판과 AlN 박막과의 격자상수 및 열팽창계수의 차이가 비교적 크고, 이러한 요인들이 기판 위에 증착되는 AlN 박막의 (002) 배향특성의 저하 및 표면거칠기의 증가에 영향을 미쳤기 때문이라 사료된다. 이와 같이 기판의 종류에 따라 기판과 그 위에 증착되는 압전 박막과의 격자부정합(Si(100) ≈ 약 46%) 및 열팽창계수의 차이가 박막의 배향특성에 미치는 영향에 대해서는 ZnO 박막의 경우에도 유사한 결과가 본 연구팀에 의하여 보고 된 바 있다.[13]

3. 결 론

본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용한 AlN 박막 증착시, 우수한 (002) 배향특성을 가지는 AlN 박막을 증착하기 위한 최적 조건을 도출하였으며, 이러한 조건에서 증착된 AlN 박막을 이용하여 박막의 두께 및 기판의 종류를 변화시키면서 SAW 소자를 제작하고, 그 주파수 응답 특성의 변화를 AlN 박막의 물성 변화와 비교하여 분석하였다. RF 마그네트론 스퍼터링에 의한 AlN 박막 증착시 주요 변수로 사용된 RF 인가전력, N₂/Ar 유량비, 증착압력 및 기판온도는 각각 350W, 10/20, 5mTorr 및 250°C인 조건에서 (002) 배향특성이 가장 우수한 AlN 박막이 증착될 수 있는 것으로 나타났다. 또한, SiO₂/Si를 기판으로 사용한 SAW의 경우, 삽입손실이 약 32dB, 저지대역폭이 약 24dB로서 Si 기판(삽입손실 = 37dB, 저지대역폭 = 12dB)을 사용한 SAW 소자에 비해 우수한 소자특성을 나타냈었다. 이는 AlN 박막을 이용한 SAW 소자의 주파수 응답 특성과 AlN 박막의 물성 상호간의 상관관계 분석을 통하여 SAW 소자의 필터 응용시 중요한 특성 파라미터인 삽입손실 및 저지대역폭 등에 결정적인 영향을 미치는 것은 AlN 박막의 (002) 배향특성을 정량적으로 확인할 수 있었으며, 박막의 두께 증가 및 기판과 AlN 박막과의 격자부정합 등에 따른 AlN 박막의 표면 거칠기 증가가 SAW 소자의 특성 열화를 초래하는 요인이 될 수 있음을 실험적으로 규명하였다.

감사의 글

본 연구는 한양대 전자재료 및 부품 연구센터 (EM&C)의 2002년도 기본 프로그램 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Y. Kobayashi, N. Tanaka, H. Okano, and K. Takeuchi, "Characteristics of surface acoustic wave on AlN thin films", Jpn. J. Appl.Phys., Vol. 34, pp.2668-2673, 1995.
- [2] K. Yamanouchi, N. Sakurai, and T. Sato, "SAW propagation characteristics and fabrication technology of piezoelectric thin film/diamond structure", IEEE Ultrasonics Symp., pp.351-354, 1989.
- [3] M. B. Assouar, O. Elmazria, L. Le Brizoual, and P. Alnot, "Reactive DC magnetron sputtering of aluminum nitride films for surface acoustic wave devices", Diamond Relat. Mater., Vol. 11, pp.413-417, 2002.
- [4] D. Liufu and K.C. Kao, "Piezoelectric, dielectric, and interfacial properties of aluminum nitride films", J. Vac. Sci. Technol.A16, pp.2360, 1998.
- [5] X. H. Xu, H. S. Wu, C. J. Zhang, Z. H. Jin, "Morphological properties of AlN piezoelectric thin film deposited by DC reactive magnetron sputtering", Thin solid films, Vol. 388, pp.62-67, 2001.
- [6] J. K. Kim and S. H. Jeong, "Effects of deposition parameters on AlN film growth using reactive DC magnetron sputtering", J. Korea Physical Society, Vol.38, No1, pp.19-24, 2001.
- [7] S. Uchiyama, Y. Ishigami, M. Ohta, M. Niigaki, H. Kan, Y. Nakanish, and T. Yamaguchi, "Growth of AlN films by magnetron sputtering", J. Crystal Growth, Vol.189-190, pp.448-451, 1998.
- [8] J. H. Lee, W. M. Kim, T. S. Lee, M. K. Chung, B. Cheong, and S. G. Kim, "Mechanical and adhesion properties of Al/AlN multilayered thin films", Surf. Coat. Tech., Vol. 133-134, pp.220-226, 2000.
- [9] W. Y. Chiu, C. H. Wu, H. L. Kao, and Erik S. Jeng, "The optical properties and applications of AlN thin films prepared by a helicon sputtering system", J. Vac. Sci. Tech. Vol. A20(3), pp.843-847, 2002.
- [10] R. S. Naik, R. Rief, J.J. Lutsky, and C. G. Sodini, "Low-temperature deposition of highly textured aluminum nitride by direct magnetron sputtering for applications in thin-film resonators", J. Electrochem. Soc., Vol.146, pp.691-696, 1999.
- [11] H. M. Liaw and F. S. Hickernell, "SAW Characteristics of Sputtered Aluminum Nitride on Silicon and Gallium Arsenide", IEEE Ultrasonics Symp., pp.375-377, 1994.
- [12] H. M. Liaw and F. S. Hickernell, "The structural and acoustic properties of sputtered aluminum nitride on silicon", IEEE Ultrasonic Symp. pp.543-546, 1995.
- [13] J. B. Lee, M. H. Lee, H. J. Lee, S. M. Chang, C. K. Park, S. U. Hong, and J. S. Park, "Effects of lattice mismatches between ZnO films and substrate materials on the characteristic of SAW devices", ICEE 2002, Vol.3, pp.1121-1123, 2002

저 자 소 개



정 준 필(丁 峻 必)

1977년 10월 22일생. 2002년 한양대 공학대학 전자컴퓨터공학부 졸업. 현재 한양대 대학원 전자전기제어계측공학과 석사 과정.

Tel : 031-400-4088

Fax : 031-419-3042

E-mail : jufili@ihanyang.ac.kr



이 명 호(李 明 鎬)

1976년 10월 22일생. 2001년 한양대 공학대학 전자공학과 졸업. 현재 한양대 대학원 전자전기제어계측공학과 석사

Tel : 031-400-4088

Fax : 031-419-3042

E-mail : brind@ihanyang.ac.kr



이 진 북(李 進 馥)

1975년 6월 9일생. 1997년 한양대 공학대학 전기공학과 졸업. 1999년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사 과정

Tel : 031-400-4088

Fax : 031-419-3042

E-mail : jblee@ihanyang.ac.kr



박 진 식(朴 珍 奭)

1961년 9월 25일생. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1993년~1995년 영국 Cambridge 대학 Research Fellow.

현재 한양대 공학대학 전자컴퓨터 공학부 부교수. 대한전기학회 국제위원 및 C 부문학회 이사. 한양대 전자재료 및 부품 연구센터(EM&C) 부소장

Tel : 031-400-5166

Fax : 031-419-3042

E-mail : jinsp@hanyang.ac.kr