

Si(001) 기판 위에 HWE 방법으로 성장한 GaN 박막 성장

이 훈, 윤창주, 양전욱, 신영진

전북대학교 반도체 물성 연구소, 전주, 560-756

(1999년 5월 1일 접수)

Growth of GaN epilayer on the Si(001) substrate by hot wall epitaxy

H. Lee, C.J. Youn, J.W. Yang and Y.J. Shin

SPRC, Jeonbuk National University, Jeonju 560-756, Korea

(Received May 1, 1999)

요 약 Si(001)을 기판으로 한 GaN 박막을 성장하기 위하여 hot wall epitaxy(HWE) 장치를 자체 제작하였다. HWE 장치를 이용하여 Si(001) 기판 위에 성장한 GaN 박막에 대한 상온에서의 광 발광(PL) 측정에서 GaN 초기층 성장온도가 700°C 보다 낮은 온도 조건에서 성장된 GaN 박막이 Zinc blende 구조와 Wurtzite 구조가 혼합되어 성장되어지는 것으로 추측되며, 700°C 이상의 온도에서는 성장된 GaN 박막이 주로 wurtzite 구조로 성장된다는 것을 알 수 있다. 그리고 x-선 회절 측정으로부터 성장한 GaN 박막이 Zinc blende와 Wurtzite의 두가지 구조가 혼합된 형태로 성장되었다는 것을 알 수 있었다. GaN 박막을 성장하기 위한 조건에서 초기층 성장조건은 증발부의 온도 860°C와 기판부의 온도가 720°C 근처에서 4분 동안 성장하였을 때 Wurtzite의 특성을 보이며, GaN 박막의 성장조건은 기판부의 온도 1020°C, 증발부의 온도 910°C에서 그리고 Ammonia gas의 유량을 120 sccm으로 하였을 때 보다 안정한 Wurtzite 구조특성을 보이게 되었다.

Abstract The home-made hot wall epitaxy (HWE) system was utilized for GaN epitaxial layer growth on the Si(001) substrate. It was appeared that GaN epilayer grow with mixed phase of Zinc blende and Wurtzite structure from photoluminescence (PL) and x-ray diffraction (XRD) analyses at the room temperature. We found that initial growth layer has Wurtzite structure when initial deposition time, the temperature of substrate and source are 4 min, 720°C and 860°C respectively, and at the epi growth process GaN, epilayer was grown with relatively stable Wurtzite structure when the temperature of substrate and source are 1020°C and 910°C respectively.

1. 서 론

GaN, InN, AlN로 대표되는 III-V족 질화물은 이원계 물질간에 $In_xGa_{1-x}N$, $Al_xGa_{1-x}N$ 와 같은 완전 고용체를 형성하며, 고용체의 조성에 따라 1.9 eV(InN)로부터 6.2 eV(AlN)까지 변화하는 직접천이형 반도체로서, 가시광선 및 자외선 영역의 빛을 발생 하거나 감지할 수 있는 광전소자용 재료로서 널리 인정되어 왔다[1-3].

1980년대 중반에 이르러 GaAs와 InP와 같은 화합물 반도체의 박막 성장 기술과 반도체 공정 기술이 발전함에 따라 Sapphire 기판을 이용한 양질의 GaN 박막 성장이 가능하게 되므로써, III-V족 질화물을 이용한 소재 및 소자 연구가 활기를 띠게 되었다. 그러나 성장된 GaN 단결정 박막은 질소 공공과 같은 자체 결함으로 인하여 n-형 전도성을 갖게 되었으며, 소자 제작시 요구되는 p-형 전도성을

갖는 GaN 박막은 박막 성장 기술의 발전에도 불구하고 큰 잔류 전하밀도로 인하여 성장하기 어려웠다[4].

III-V족 질화물 단결정 박막을 성장하기 위하여 적합한 물질로 Sapphire, ZnO, 6H-SiC, Si, GaAs 등이 있는데, 대부분의 기판용 물질이 GaN와의 격자상수와 열팽창계수에 있어서 큰 차이를 보이고 있다. 이중 Sapphire($\alpha-Al_2O_3$)는 GaN와 격자 부정합이 약 16%이고, 열적 부정합에 있어서도 약 25%의 큰 차이가 있음에도 불구하고 구입과 취급이 용이하며, GaN와 같은 hexagonal 구조이고, 고온에서 안정한 재료로서 1000°C 이상의 고온에서 성장하기 위한 조건을 만족 하므로써 가장 널리 사용되는 기판재료 중의 하나이다[5]. 그러나 Sapphire는 절연성 물질이고 GaN와의 격자 부정합이 큰 물질이라는 점에 있어서 문제를 안고 있다.

Silicon은 가격이 저렴하고 대구경 기판의 구입이 용이하

며 고온에서 안정함에도 불구하고 cubic 구조를 가지기 때문에 지금까지 널리 사용되지 않고 있다. 특히 Silicon은 전도체로서, Sapphire를 기판으로 하여 성장한 GaN 단결정 박막에 비하여 Silicon을 기판으로 한 GaN 단결정 박막이 균질성이나 광 특성에 있어서 양질의 특성을 보인다면, 이미 잘 알려진 Silicon 소자기술을 이용한 대면적의 광/전기적 소자개발이 가능 할 것이다[6].

가열 증착법에 속하는 HWE 성장 방법은 비교적 높은 증기압을 가지는 IV-VI과 II-VI족 화합물 반도체의 박막 성장에 우수한 특성을 보이고, III-V족 질화물계에 있어서도 양질의 단결정 박막이 성장되고 있는 예가 보고 되고 있다 [7-9]. 열역학적으로 평형상태에서 박막을 성장하는 HWE 방법은 낮은 성장률($\sim \mu\text{m/h}$)로 단층 박막 뿐 아니라 초격자와 같은 다층구조의 넓은 면적의 박막 성장이 가능하며, 원료의 손실이 적고 저렴한 비용으로 HWE 성장 장치를 제작 및 유지할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 자체 제작한 HWE 방법을 이용하여 Si(100)을 기판으로하여 GaN/Si_xN_y/Si의 이중구조의 박막을 성장하였다. GaN 성장전, 고온에서 Ammonia gas(NH₃)를 흘려줌으로서 수 Å 두께의 Si_xN_y의 비정질 완충층을 성장하였다. 성장된 GaN 박막에 대하여 x-선 회절, PL (Photoluminescence)를 측정하므로써 성장 조건에 따른 박막의 결정성과 광특성을 분석하였다.

2. 실험 방법

2.1. HWE 성장 장치

본 연구에서는 Si(100) 기판위에 GaN의 단결정 박막을 성장 하기 위하여 HWE 장치를 자체 제작하였다. Fig. 1은 자체 제작한 HWE 장치의 개략도를 원료부(source)와 성장부인 기판부(substrate)의 두 부분으로 나누어 상세히 나타내었다. 각 부분은 외부관과 내부관으로 구성되었으며 내부관은 가열관으로서 열선을 감아서 사용하였고, 외부관은 원료부의 열적 준평형 상태를 충분히 보호할 수 있도록 하였다. 기판부는 내부의 가열관에 텅스텐 선을 나선형으로 감아 온도를 조절할 수 있도록 설계하였으며 외부에는 열을 보호할 수 있도록 잘 연마된 stainless 관으로 준밀폐하였다. GaN 박막은 1000°C 이상의 고온에서 성장되기 때문에 기판부의 온도는 충분히 1000°C 이상의 온도로 가열할 수 있도록 설계하였으며 chamber의 외부에 노출된 shutter의 손잡이를 회전 시킴으로서 증발부에서 올라오는 승화상태의 Gallium 증발원을 차단할 수 있도록 하였다. 기판부의 바로 아래에는 Ammonia gas의 반응부로서 Gallium 증발원과 Ammonia gas가 반응할 수 있도록 stainless

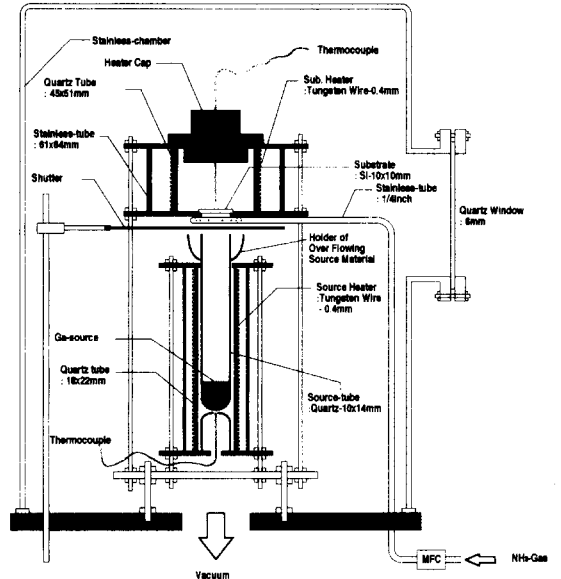


Fig. 1. A cross-sectional diagram of HWE system.

(1/4 in) 관으로 내경 2.5 cm의 원형관을 만들어 Ammonia gas 공급관을 설치하였다. Ammonia gas 반응부는 관의 안쪽으로 0.6 mm 크기로 8개의 구멍을 내어 Ammonia gas가 기판쪽을 향하도록 설계하였다. 또한 Ammonia gas 공급관 바로 아래에는 기판 질화시 Ammonia gas의 효율을 높이고 성장 전 단계까지 원료부의 영향을 최소화하기 위하여 shutter를 설치하였고, 이 shutter는 외부에서 역학적으로 회전 할 수 있도록 함으로서 성장을 제어할 수 있도록 하였다.

2.2. 기판 및 원료

GaN 단결정 박막을 성장하기 위한 Gallium 증발원은 순도 6-N의 Aldrich Chemical Co. 제품을 사용하였으며, 질소 원료는 순도 5-N의 Scott Co. 제품의 Ammonia gas를 기판부위의 반응부로 흘려주므로써 고온에서 Ammonia gas의 열적 분해를 유도하여 얻을 수 있었다. 기판은 Si(001) 기판을 사용하였으며, GaN 박막을 성장하기 위하여 HWE 장치의 chamber 내에서 질화 처리하므로써 Silicon 기판 위에 비정질 Si_xN_y 층을 형성하였다.

준비된 Silicon 기판은 10×10 mm의 크기로 잘라 각각의 시료로 사용하였으며, 잘라진 각각의 Silicon 기판은 초음파 세척기 안에서 Trichloroethylene(TCE), Acetone, Methanol 그리고 탈 이온화수에서 차례로 세척하였다. 이와 같은 세척과정 후 Silicon 기판의 산화층 및 불순물을 제거하기 위하여 Silicon 기판을 상온의 HF : 탈 이온화수

가 1:1인 용액에서 10분 동안 식각한 후 100°C의 탈이온화수에서 약 2분 동안 3회 세척하여 HF 용액을 충분히 제거하였다. 그런 다음 N₂ gas를 Silicon 기판에 불어주며 표면의 수분을 완전히 제거하였다. 이와 같이 준비된 기판은 HWE 성장장치의 chamber에 올려 약 10⁻⁶ torr의 진공도로 배기한 후 Silicon 기판의 표면에 잔류하는 산화막을 제거하기 위하여 1060°C 이상의 고온에서 30분 이상 열처리하였다.

2.3. GaN 단결정 박막성장

GaN 단결정 박막은 크게 3단계로 나누어 성장하였다. 그 첫번째 단계는 GaN과 Silicon의 격자 부정합을 줄이고 GaN의 초기층이 형성될 수 있도록 기판부의 온도를 1020~1060°C로 Ammonia gas를 40~160 sccm의 유량으로 흘려주며 Silicon 기판위에 약 수십 Å의 비정질 Si_xN_y 층을 성장하는 예비증착 단계(predeposition)이고, 두번째 단계는 기판과 박막사이의 격자 부정합을 줄이고 포텐셜 에너지를 감소시켜 양질의 박막을 성장하기 위한 완충층으로써 수백 Å의 GaN 초기층을 기판부의 온도 640~760°C 그리고 증발부의 온도 840~960°C로 유지하며 GaN 초기층을 성장하는 초기층 성장과정(initial layer deposition)이다. 세번째 단계는 Silicon 기판 위에 완충층으로써의 GaN 초기층을 성장한 후 Ammonia gas의 유량을 40~160 sccm로 흘려주면서 기판부의 온도를 1020~1060°C 그리고 증발부의 온도를 840~960°C로 유지하며 GaN 박막을 성장하는 과정이다. 성장된 GaN 박막은 x-선 회절측정을 통하여 GaN 박막의 성장방향과 결정성을 분석하였고, PL 측정을 통하여 광학적 특성을 조사하였다.

2.4. 결정의 특성평가

2.4.1. PL 측정

광 발광에 대한 스펙트럼을 측정하기 위하여 사용된 광원은 He-Cd laser의 파장 325 nm line를 시료에 조사하고 다시 시료에서 발광된 빛을 촛점거리 1m의 double monochromator(Jobin-Yvon Co.; model-U1000)로 분광하였으며, 여기에서 분광된 빛은 Hamamatsu사의 preamplifier(716-07)를 거쳐 photon counter(C1230)로 분석하였다. 각각의 성장단계에서 최적의 조건에 해당하는 시료에 대하여 상온에서 10 K까지 온도에 따른 광 발광 스펙트럼을 Janis 사의 광학용 저온장치 Super Varitemp를 사용하여 측정하였다. PL 측정을 위한 장치의 개략도를 Fig. 2에 나타내었다.

2.4.2. X-선 회절 측정

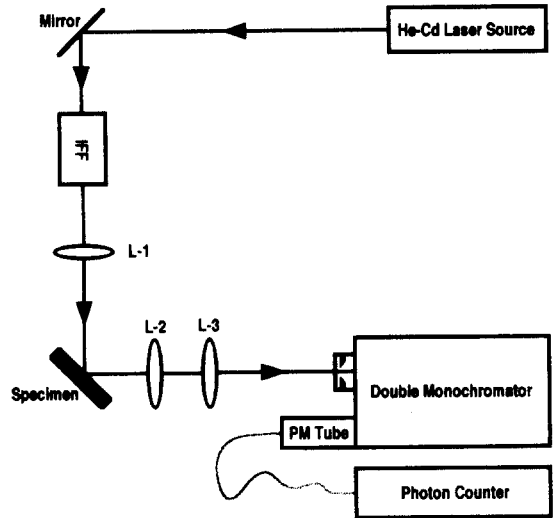


Fig. 2. Schematic diagram of apparatus for photoluminescence measurement.

HWE 방법으로 성장한 GaN 박막의 결정질을 파악하기 위하여 x-ray diffractometer를 이용하여 X-선 회절측정을 하였다. 회절측정에 사용한 x-선은 Cu-K α_1 (파장 1.5404 Å)를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. GaN/Si(001)에 대한 PL 측정

3.1.1. 초기층 성장 과정에서 기판부의 온도에 따른 PL 측정 결과

Si(001) 기판을 1060°C에서 열처리한 후 기판부의 온도를 다시 1040°C로 하고 40분 동안, Ammonia gas의 유량을 120 sccm 흘려주며 Silicon 기판을 질화 처리하였다. 이와 같이 질화 처리한 Silicon 기판 위에 증발부의 온도를 860°C에서 고정하고 기판부의 온도를 640~780°C까지 변화하여 Gallium 초기층을 성장하였다. 이런 과정 후 기판부의 온도를 GaN 박막층의 성장 온도인 1020°C까지 올리면서 Ammonia gas의 유량을 120 sccm 흘려주어, 이미 성장된 초기 Gallium 층이 질화되므로써 초기 GaN 층이 형성되도록 하였다. 기판부의 온도가 성장 온도에 다다른 후 증발부의 온도를 910°C까지 다시 올려 GaN 박막을 성장하였다. 이와 같이 성장된 GaN 박막에 대하여 PL 측정을 하였다. Fig. 3은 초기층 성장과정에서 640~780°C까지 기판부의 온도 변화에 따른 시료에 대하여 상온에서 측정한 PL 측정결과를 보인 것이다. PL photon

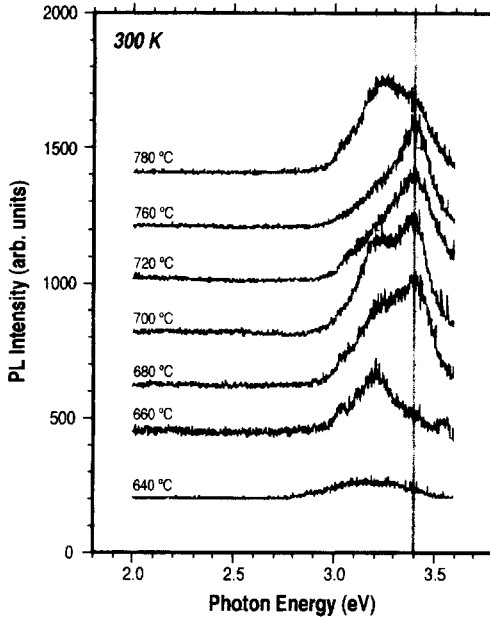


Fig. 3. Photoluminescence spectra with the variation of substrate temperature at the predeposition process (at room temperature).

energy peak가 각각 3.2 eV와 3.4 eV energy 밴드 대에서 관찰되었는데, 이는 Table 1에 보인 바와 같이, 각각의 peak는 성장된 GaN의 박막이 Zinc blende 구조와 Wurtzite 구조의 두가지 구조가 혼합된 형태로 성장되었다는 것을 추측 할 수 있었다.

Fig. 4는 Zinc blende 구조와 Wurtzite 구조에 대한

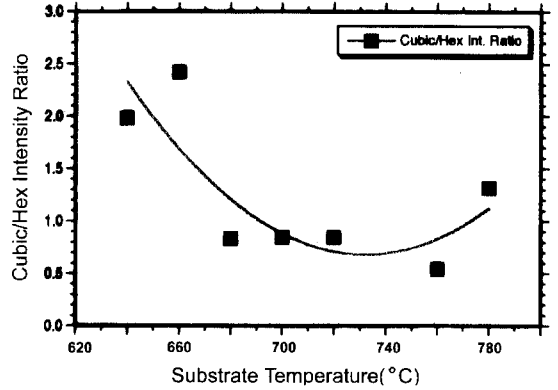


Fig. 4. Dependence of photoluminescence peak intensity ratio (Zinc blende/Wurtzite) on substrate temperature at the predeposition at room temperature.

PL 봉우리(peak)의 강도비를 나타내었다. 이 그림은 초기 층 성장조건에서 기판부의 온도가 680°C에서 강도의 비가 갑자기 작아지는 것을 볼 수 있는데, 이는 열 팽창에 따른 Si(001) 기판과 GaN 박막의 열적 부정합으로 인하여 성장된 GaN 박막의 hexagonal 성장이 우세하게 나타나는 것으로 생각된다.

3.1.2. 초기층 성장 과정에서 증착 시간에 따른 PL 측정

Fig. 5는 Si(001) 기판을 1060°C에서 열처리 한 후 초기층 성장조건에서 증발부의 온도를 860°C, 기판부의 온도를 700°C에서 고정하고, 증착시간을 1~5분까지 달리하여 초기 Gallium 층을 성장한 후 기판부와 증발부의 성장온도를 각각 1020°C와 910°C로 하고 Ammonia gas 유량

Table 1
The physical properties of III-V group compounds with Zinc blende and Wurtzite structure

Material	Physical Properties					
	Bandgap Energy (eV)	Lattice Constant (Å)	Thermal Expansion ($\times 10^{-6}/K$)	Thermal Conductivity ($W\ cm^{-1}\ K^{-1}$)	Melting Point (K)	
Wurtzite	BN	4.191	$a_0 = 2.556 \pm 0.003$ $c_0 = 4.175 \pm 0.006$	$a_{\parallel} = 2.00$ $a_{\perp} = 2.60$	4.20	3240 ± 200
	AlN	6.200	$a_0 = 3.110 - 3.313$ $c_0 = 4.978 - 4.982$	$a_{\parallel} = 4.20$ $a_{\perp} = 5.30$	2.85	2750
	GaN	3.390	$a_0 = 3.1892 \pm 0.0009$ $c_0 = 5.1850 \pm 0.0005$	$a_{\parallel} = 5.59$ $a_{\perp} = 3.17$	1.30	2791
	InN	1.890	$a_0 = 3.533 - 3.548$ $c_0 = 5.963 - 5.760$	$a_{\parallel} = 2.7 - 3.7$ $a_{\perp} = 3.4 - 5.7$	0.80	2146
Zinc blende	BN	6.105	$a_0 = 3.615 \pm 0.001$	1.15	-	-
	AlN	5.11	$a_0 = 4.380$	-	-	-
	GaN	3.20	$a_0 = 4.490 - 4.550$	-	-	-
	InN	2.22	$a_0 = 4.980$	-	-	-

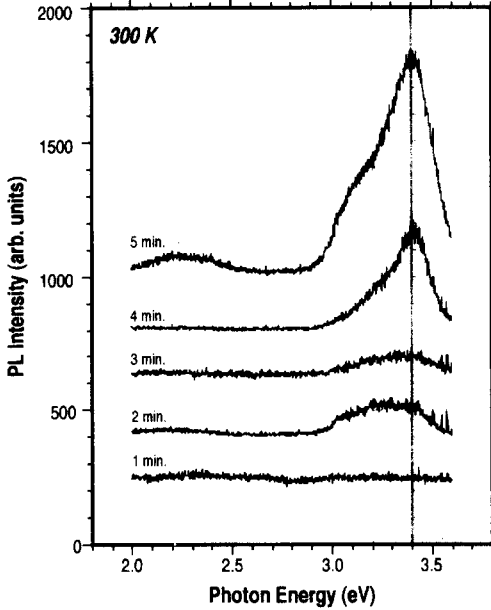


Fig. 5. Photoluminescence spectra with the variation of predeposition time at the predeposition process (at room temperature).

을 120 sccm로 흘려주며 120분 동안 성장한 GaN 박막에 대하여 상온에서 측정된 PL 측정 결과이다. 이 결과에서 증착시간을 1~4분까지 변화하여 초기층을 0.1~0.4 μm 의 두께로 성장하였을 때 초기 GaN 층의 증착시간이 증가할 수록 발광 peak의 강도가 점차 증가하고 FWHM은 감소한다는 것을 알 수 있으며, 증착 시간이 5분에 이르러 발광 peak의 강도가 더욱 증가하나 GaN 박막의 Zinc blende 구조에서 관측되는 3.2 eV 밴드대의 발광 peak가 두드러지게 증가하는 것을 볼 수 있다.

3.1.3. GaN의 박막성장 과정에서 Ammonia gas의 유량에 따른 PL 측정

Fig. 6은 Si(001) 기판을 1060°C에서 열처리 한 후 초기 성장조건에서 증발부의 온도를 860°C, 기판부의 온도를 700°C에서 고정하고 증착시간을 4분으로 하여 초기 Gallium 층을 형성한 후 기판부와 증발부의 성장온도를 각각 1020°C와 910°C로 하고 Ammonia gas 유량을 각각 80, 100, 120, 140, 160 sccm까지 변화해서 120분 동안 성장한 GaN 박막에 대하여 상온에서 측정된 광 발광 측정결과이다. 이 결과에서 Ammonia gas의 유량이 80 sccm 이하에서는 주로 2.6 eV 밴드대의 yellow 발광을 보이나, 100, 120 sccm에서는 GaN의 Wurtzite 구조에서 관측되는 3.4 eV 밴드대의 발광 peak가 두드러지게 나타나고 140 sccm 이상의 유량에서는 성장된 GaN의 박

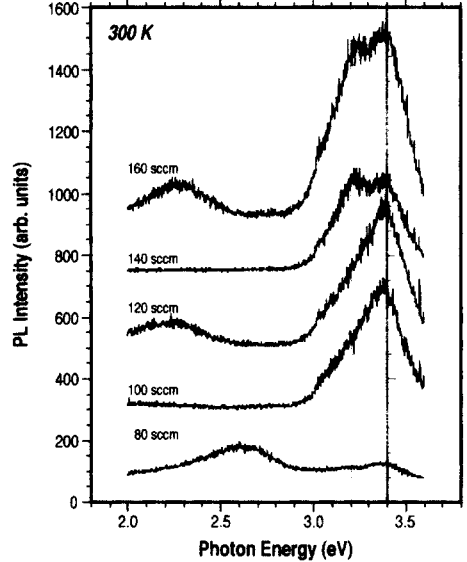


Fig. 6. Photoluminescence spectra with the variation of Ammonia gas flow rate at the predeposition process (at room temperature).

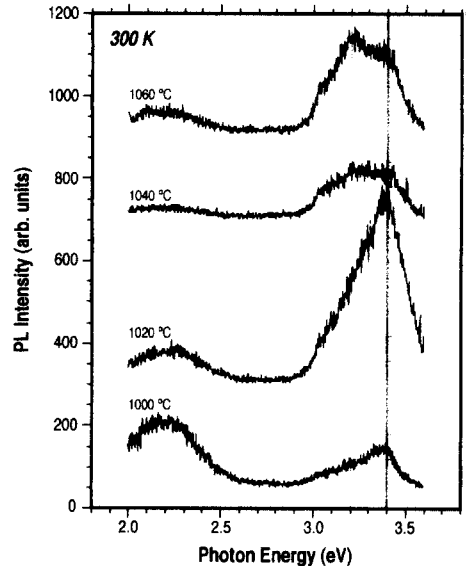


Fig. 7. Photoluminescence spectra with the variation of substrate temperature at the process of epilayer growth (at room temperature).

막이 Zinc blende 구조와 Wurtzite 구조의 두가지 구조가 혼합된 형태로 성장됨을 알 수 있었다.

3.1.4. GaN의 박막성장 과정에서 기판부의 온도 변화에 따른 PL 측정

Fig. 7은 Si(001) 기판을 1060°C에서 열처리 한 후 초기 성장조건에서 증발부의 온도를 860°C, 기판부의 온도를 700°C에서 고정하고 증착시간을 4분으로 하여 초기 Gallium 층을 형성한 후 증발부의 온도를 910°C, Ammonia gas 유량을 120 sccm로 흘려주며 기판부의 성장온도를 각각 1000, 1020, 1040, 1060°C로 하여 120분 동안 성장한 시료에 대하여 상온에서 측정된 광 발광 측정결과이다. 이 결과에서 기판부의 온도가 1060°C 이상의 온도에서 위의 결과와 같이 성장된 GaN의 박막이 Zinc blende 구조와 Wurtzite 구조의 두가지 구조가 혼합된 형태로 성장된다는 것을 추측 할 수 있었다.

3.2. X-선 회절 측정

3-1의 D에서 성장온도를 1020°C로 하여 성장하였을 때 약 1 μm의 두께로 성장된 GaN 박막에 대하여 측정된 x-선 회절 (XRD) peak를 Fig. 8에 나타내었다. 회절각 (2θ)이 32.5, 34.6, 36.8 그리고 57.9에서 나타 난 각각의 회절 peak는 Wurtzite 구조의 GaN(1010), GaN(0002), GaN(1011)과 그리고 GaN(1101) 면에 대한 회절 peak이며, 40.0에서 나타난 회절 peak는 Cubic 구조의 GaN(002) 면에 대한 회절 peak이다. 이 결과에서 성장된 GaN 박막이 Zinc blende와 Wurtzite의 두 구조가 혼합된 형태로 성장되었다는 것을 보여주고 있다.

3.2.1. 초기층 성장과정에서 기판부의 온도에 따른 XRD 측정

Fig. 9는 3-1의 A에서 성장한 GaN 박막에 대한 XRD 측정 결과에서 GaN(0002) 면에서 회절된 x-선 peak에 대한 FWHM의 변화를 보인것이다.

이 결과에서 초기층 성장조건에서 기판부의 온도가 700°C 일 때 GaN(0002) 면에서 반사된 x-ray 회절 peak의

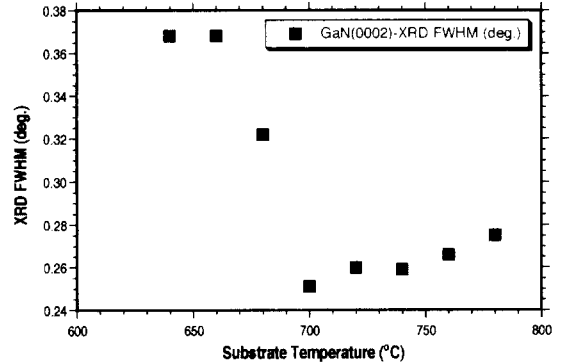


Fig. 9. The FWHM of peak of x-ray diffraction pattern on the GaN(0002) plane with the variation of substrate temperature at the predeposition process (at room temperature).

FWHM이 갑자기 작아지는 것을 볼 수 있다. 이는 PL 측정으로부터 얻은 앞의 Fig. 4에서 기판부의 온도가 680°C에서 3.2 eV의 cubic peak와 3.4 eV의 hexagonal peak의 비가 갑자기 작아지고 hexagonal의 peak가 우세하게 나타나는 결과에 비추어 700°C 보다 낮은 온도 조건에서 성장된 GaN 박막이 Zinc blende 구조와 Wurtzite 구조가 혼합되어 성장되어지는 것으로 추측되며, 700°C 이상의 온도에서는 성장된 GaN 박막이 주로 wurtzite 구조로 성장된다는 것을 알 수 있다.

3.2.2. GaN 박막 성장과정에서 Ammonia gas의 유량에 따른 XRD 측정

Fig. 10는 3-1의 C에서 성장한 GaN 박막에 대한 XRD 측정 결과에서 GaN(0002) 면에 대한 FWHM의 변화를 보인 것이다.

이 결과에서 peak의 FWHM의 값이 100 sccm 이상의 Ammonia gas의 유량에 대하여 점차 증가하는 것을

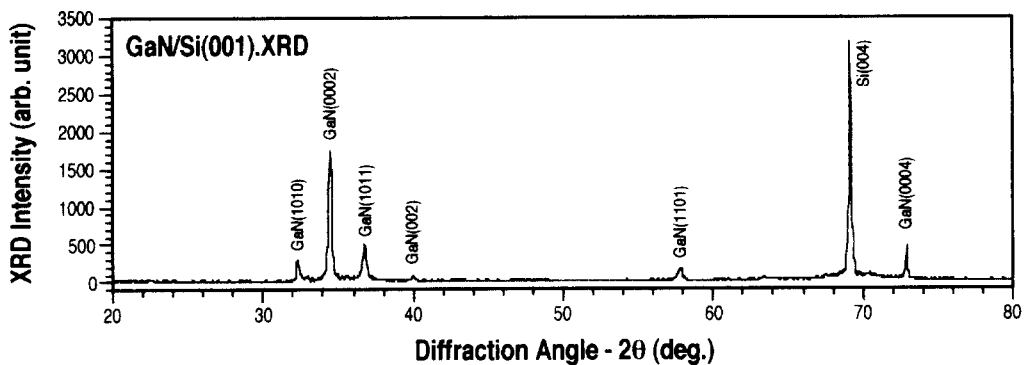


Fig. 8. X-ray diffraction pattern of the GaN epilayer on Si(001) substrate under the best growth condition in this experiments.

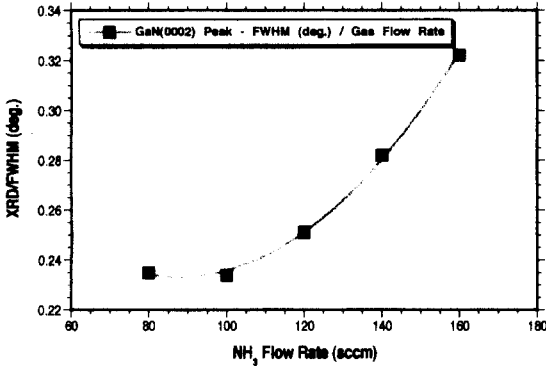


Fig. 10. The FWHM of peak of x-ray diffraction pattern on the GaN(0002) plane with the variation of Ammonia gas flow rate at the predeposition process (at room temperature).

볼 수 있는데, Fig. 6에 보인 PL 측정결과에 비추어 120 sccm 이상의 ammonia gas의 유량을 흘려주었을 때 성장된 GaN 박막의 결정질에 좋지않은 영향을 주는 것으로 보인다.

3.2.3. GaN 박막 성장과정에서 기판부의 온도 변화에 따른 XRD 측정

Fig. 11은 3-1의 D에서 성장한 GaN 박막에 대한 XRD 측정 결과에서 GaN(0002) 면에 대한 FWHM의 변화를 보인 것이다.

이 결과에서 peak의 FWHM의 값이 기판부의 온도 증가에 따라 다소 증가하는 경향을 보이고 있는데, 이는 Fig. 7에 보인 광 발광 측정결과에 비추어 성장온도가 1020°C에서 가장 적정하며, 기판부의 온도가 증가함에 따라 성장된 GaN 박막의 결정질에 좋지 않은 영향을 주는

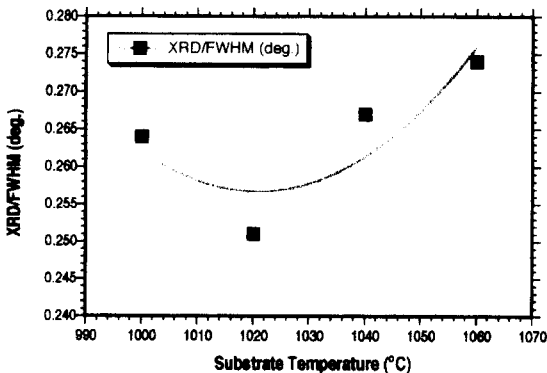


Fig. 11. The FWHM of peak of x-ray diffraction on the GaN(0002) plane with the variation of substrate temperature at the process of epilayer growth (at room temperature).

것으로 보인다.

4. 결 론

자체 제작한 HWE 장치를 이용하여 Si(001) 기판 위에 GaN 박막을 성장하고 PL 및 XRD 특성을 측정하여 성장조건과 결정질의 관계를 분석하였다. 본 실험을 통하여 Si(001) 기판 위에 성장한 GaN 박막은 Zinblende와 Wurtzite의 두가지 구조가 혼합된 형태로 성장되었다는 것을 알 수 있었으며, GaN 박막을 성장하기 위한 조건에서 초기증 성장조건은 증발부의 온도 860°C에서 기판부의 온도가 720°C 근처에서 4분 동안 성장하였을 때 Wurtzite 구조 특성을 보이며, GaN 박막의 성장조건은 기판부의 온도 1020°C, 증발부의 온도 860°C에서 그리고 Ammonia gas의 유량을 120 sccm으로 하였을 때 보다 안정한 Wurtzite 구조특성을 보였다.

감사의 글

본 연구는 “학술진흥재단 98년도 과학기술 기초 중점연구 (1998-016-E00071) 과제”의 연구비 지원으로 연구 되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci. Technol., B10 (1992) 1237.
- [2] I. Akasaki and H. Amano, J. Electrochem. Soc., 141 (1994) 2266.
- [3] R.F. Davis, Physica, B185 (1993) 1.
- [4] J.I. Pankove and T.D. Moustakas, Academic Press, Semiconductor and Seminars, Vol. 50, Chap. 1.
- [5] A. Watanabe, T. Takeuchi, K. Hirose, H. Amano, K. Hiramatsu and I. Akasaki, J. Cryst. Growth, 128 (1993) 391.
- [6] B. Yang, A. Trampert, O. Brandt, B. Jenichen and K. H. Ploog, J. Appl. Phys., 83(7) (1998) 3800.
- [7] F. Tanoue, S. Sakakibara, M. Ohhara, K. Ishino, A. Ishida and H. Fujiyasu, J. Crystal Growth, 189/190 (1998) 47.
- [8] G.N. Jeon, H.S. Kang, K.W. Chae, W.K. Jung, D.I. Yang and C.H. Lee, J. Crystal Growth, 189/190 (1998) 250.
- [9] S. Chu, K. Fujimura, D. Suzuki, S. Sakakibara, F. Tanoue, A. Ishida, K. Ishino, K. Aiki and H. Fujiyasu, J. Crystal Growth, 189/190 (1998) 340.