

선택성장법을 이용한 III-V족 화합물 반도체 박막의 특성

Studies on selective MOVPE growth of III-V compound semiconductor

이우원*,**, 김성복*, 김기수*, 심은덕*, 김도진**
 한국전자통신연구원 광소자연구부*, 충남대학교 재료공학과**
 lww93147@etri.re.kr

기판위에 부분적으로 mask 패턴을 하여 MOVPE 방법을 이용한 selective area growth(SAG) 기법은 광전자 집적 회로와 광전자 소자를 제작하는데 많은 관심을 끌어 왔다⁽¹⁻³⁾. 삼원화합물을 선택성장시 성장층의 특성(성장률, 조성등)은 mask의 구조에 따라 달라질 수 있으며^(3,4), 기본이 되는 성장의 변수는 온도, 반응관 압력, V/III 비율 등인 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 III족 원소 2개와 V족 원소 1개로 구성된 InGaAs와 III족 원소 1개와 V족 원소 2개로 구성된 InAsP 삼원화합물을 가지고 SAG에서 나타나는 특성을 알아보고자 한다.

본 실험에서 사용한 III족 source로는 TMIn과 TMGa를 사용하였고, V족은 AsH₃(10% diluted in hydrogen)과 PH₃(100%)을 사용하였으며, carrier gas로는 고순도 수소(>99.9999%)를 사용하였다. 표1에는 본 실험에서 성장되어진 InP, InGaAs, InAsP에 사용한 source의 양과 V/III비율을 나타내었다. 성장 압력은 100mbar이었고 성장온도는 630℃이었으며, 성장 표면의 균일성을 위하여 wafer가 놓인 흑연판(susceptor)을 분당 60회 회전시켜 성장하였다. 절연체 mask를 패턴한 InP wafer와 패턴닝하지 않은 InP wafer를 각각 한 조로하여 성장하였으며, 패턴닝하지 않은 InP 기판위에 성장된 박막에서 PL과 DCXD 측정 결과로부터 각각의 조성이 In_{0.54}Ga_{0.46}As, InAs_{0.19}P_{0.82}임을 알 수 있었다.

표1. 선택 영역 에피택시의 몰량과 V/III 비율

	TMIn [mole]	TMGa [mole]	AsH ₃ [mole]	PH ₃ [mole]	V/III
InAsP	7.80 x 10 ⁻⁵		8.93 x 10 ⁻⁵	1.18 x 10 ⁻²	152
InGaAs	3.36 x 10 ⁻⁵	1.65 x 10 ⁻⁵	3.08 x 10 ⁻³		61
InP	1.39 x 10 ⁻⁴			1.56 x 10 ⁻²	112

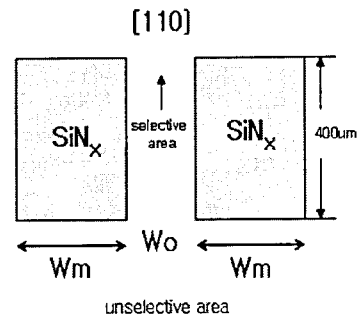


그림 1. mask 패턴의 개략도

Mask는 그림 1에서 보는 바와 같이 mask width(Wm)를 10 um ~ 200 um, open width(Wo)는 10 um ~ 50 um로 변화시켰고 length는 400 um로 고정시켰으며, SiNx를 두께가 0.1 um가 되게 PECVD를 이용하여 deposition 하여 제작하였다. 성장한 시료의 두께는 패턴된 mask 사이의 open 영역 중앙에서 a-step과 scanning electron microscope(SEM)를 측정하여 구하였고, 이를 패턴닝하지 않은 기판에서 성장된 박막의 두께를 기준으로 한 증가율(growth enhancement)를 구하였다.

그림2는 open width가 10 μm 와 50 μm 에서 성장층 두께를 mask폭에 따른 growth enhancement로 나타낸 그래프로써, open width가 50 μm 일 때 open width가 10 μm 에 비하여 성장한 물질의 growth enhancement 변화폭이 크지 않음을 보였다. 이는 open된 영역으로 gas phase diffusion 의해 유입되어진 물질들의 diffusion 양과 surface migration에 의해 유입되는 양의 차이에 기인한다. 특이한 점은 open width가 10 μm 일때 mask width가 30 μm 를 넘어서면서부터 InP에 비해 InAsP의 growth enhancement가 커지는 현상이 발생하는데, 이는 현재 성장된 InAsP 박막의 두께가 임계두께를 넘어 성장되면서 발생하는 strain relaxation mechanism과 mask edge에서 발생하는 성장특성이 좁은 open width를 가질 때 복합적으로 작용한 것으로 보인다.

그림 3과 4는 각각 InGaAs와 InAsP SAG에서 mask width가 변화함에 따라 open width가 그 폭을 달리 할 때, open된 영역의 중앙부분에서 micro PL 측정을 통해 얻은 파장으로부터 In과 As의 조성을 계산하여 그 변화를 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이, InGaAs SAG에서는 mask폭이 증가하면서 open width에 관계없이 In의 조성이 증가하다가 saturation되는 현상을 볼 수 있고, 이와 유사하게 InAsP SAG에서는 mask 폭이 증가할 때 open width에 상관없이 As의 조성이 증가하다가 saturation 되는 현상을 볼 수 있다. 이와 같은 현상은 기본적으로 mask위에 떨어진 atom들의 migration특성의 차이와 III족인 In과 Ga 그리고 V족인 As과 P사이의 결합력의 차이에 기인한 것으로 설명할 수 있다.

본 실험으로부터 III-V족 화합물을 구성하는 물질에 따라 SAG 효과가 다르게 나타나는 원인은, mask width가 증가함에 따라 각 물질별로 growth enhancement가 open width에 관계없이 증가하고, open 영역의 center 부분에서 조성의 변화가 나타나는 것으로부터 mask 영역에 떨어진 III족 atom의 migration 특성과 각 atom 사이의 결합력의 차이에 의한 것임을 알 수 있었다.

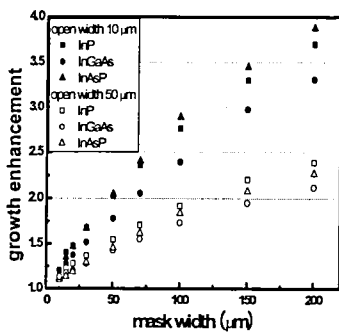


그림 2. III-V족 화합물의 open 폭 10 μm 와 50 μm 에서 mask 폭에 따른 growth enhancement의 변화

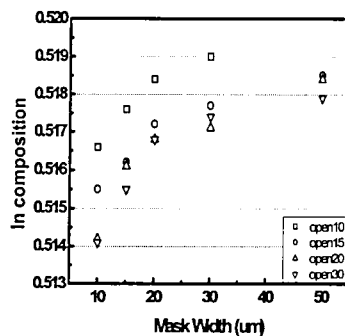


그림 3. InGaAs에서 In 조성 변화

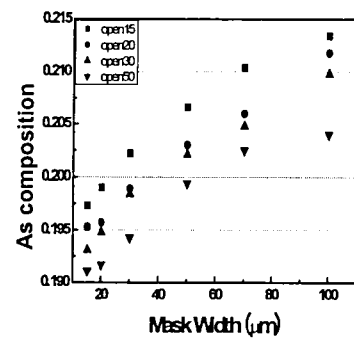


그림 4. InAsP에서 As 조성 변화

참고문헌

[1] R. Bhat, *semicond. Sci. technol.* 8, 984 (1993).
 [2] R.J. Deri, C. Caneau, E. Colas, L.M. Schiavone, N.C. Andreadakis, G.H. Song and E.C.M. Pennings, *Appl. Phys. Lett.* 61, 952 (1992).
 [3] M. Behet, R. Hövel, A. Kohl, A. Mesquida Küsters, B. Opitz and K. Heime, *Microelectronics Journal*, 27, 297-334 (1996).
 [4] R.M. Lammert, G.M. Smith, J.S. Hughes, M.L. Osowski, A.M. Jones, J.J. Coleman, *IEEE Phot. Tech. Lett.* 8, 797 (1996).