

정기영, 김경호, 문동찬
(광운대학교)

김선태
(대전공업대학)

The electroluminescence of the GaP diode.

K.U. Jung, K.H. Kim, D.C. Moon
(Kwangwoon University)

S.T. Kim
(Daejun national University of technology)

ABSTRACT

The MS diodes made by evaporating In, Au/Ge on the p-GaP substrates, and the p-n diode made by diffusing Te in the p-GaP were fabricated, and its electric-optical characteristics were surveyed.

The maximum peak of E.L spectrum was shifted towards the longer wavelengths with increasing temperature, and its intensity increased with increasing of current.

The MS diodes were fabricated rather easily and its electric-optical characteristics was as good as that of p-n diodes.

1. 서론

결정구조가 zincblende이고 간접천이형 금지대 폭이 실온에서 2.26eV, 격자상수가 5.446Å, 전자와 정공의 이동도가 각각 200cm²/v.sec, 120cm²/v.sec 인 III-V 족 화합물 반도체, GaP (Gallium Phosphide) 는 가시광 영역의 적색, 황색 및 녹색에 해당하는 파장을 발광하는 LED(Light Emitting Diode) 용 재료로서 널리 사용되고 있으며, GaAsP, InGaP 및 InGaAsP 등의 3원 또는 4원계 III-V족 온정 반도체를 준비하는 데도 이용되고 있다!

금속과 반도체 간의 접합에 의한 쇼트키 다이오드는 제작 방법이 간단하다는 장점이 있으나 계면에 존재하는 표면상태에 의한 특성의 불안정성과 낮은 쇼트키 장벽이 높은 역방향 포화전류 밀도를 나타내는 중요한 오인이 되고 있어서 소자 제작 및 재현성에 상당한 지장을 초래하고 있다.

본 연구에서는 GaP 의 전기, 광학적 특성을 조사

하기 위하여 p-GaP 기판에 Te 을 확산시켜 제작한 p-n 다이오드와 In, Au/Ge 을 진공증착법으로 증착하여 제작한 다이오드 등의 전기루미네선스를 측정하여 양호한 GaP LED 를 위한 최적 제작조건을 알아보고 GaP 의 전기, 광학적 특성연구에 필요한 기초적 자료를 제공함을 목적으로 하였다.

2. 실험 방법

1) MS 다이오드 제작

p-GaP 웨이퍼에 진공증착할 In, Au/Ge 을 증류수, TCE, 아세트, 메탄올 순으로 초음파 세척한 후 HCl:H NO₃=3:1 의 용액에서 1분 정도 에칭후²⁾ 증류수로 세척하였다. p-GaP 기판과 진공증착원인 금속을 진공증착기에 장치하고 GaP 표면에 약하게 결합되어 있는 표면상태를 제거하고, 금속의 부착력을 향상시키기 위하여 10⁻⁵Torr 의 진공중에서 기판을 200°C 온도로 예열시키면서 진공증착하여 금속-GaP 정류성 접합을 형성하였다.

이때 다른 한쪽 면에는 각 웨이퍼마다 Ga 을 증착하여 음성 접촉을 형성하고, 450°C-500°C 의 온도를 유지하면서 Ar 분위기에서 1분 정도 열처리를 하였다.

증착이 완료된 웨이퍼는 Ga 이 증착된 면을 트랜지스터용 골드에어에 In 으로 부착하고, Al 리드선을 부착하여 그림 1과 같이 MS 다이오드를 제작하였다.

2) p-n 다이오드 제작

크기가 4mmx4mmx0.5mm 인 p-GaP 를 polishing pad

에 0.5 μ m Al₂O₃ 분말을 뿌리며 연마하여 거울 면을 만들고, 증류수, TCE, 아세톤, 메탄올 순으로 초음파 세척 후 Br 5%-Methanol 용액에서 1분간 화학 부식 후 증류수로 세척하였다. 두께 0.5mm, 넓이 16mm² 인 GaP 기판과 0.65mg 의 Te 과 0.8mg 의 P 를 깨끗이 세척된 내경 6mm 인 석영관에 넣어 10⁻⁵Torr 로 배기하여 내부용적 1cm³ 되게 봉입하였다. 봉입된 석영관을 전기로에 넣고 900°C 로 온도를 유지시키며 4시간 동안 확산하였다. 확산이 완료된 웨이퍼의 한쪽 면을 polishing pad 에서 갈아내고 p 형과 Te 이 확산된 n형 쪽에 각각 Ga 과 In을 진공증착한 후 Ar 분위기에서 450°C 를 유지하며 1분동안 열처리를 하여 음성접촉을 형성하고 트랜지스터용 골드패드 에 In으로 부착시키고 Al 리드선을 부착하여 p-n 다이오드를 만들었다.

3) 전계루미네센스 측정

제작된 MS, p-n 다이오드의 온도변화와 주입전류에 따른 발광특성을 측정하기 위하여, 80K-300K 영역에서 사용 가능한 온도 가변용 Cryostat 의 Cold finger 에 다이오드를 부착하고 정전류를 흘리면서 발광되는 빛을 렌즈로 집광하여 Monochromator (Spex, 1702) 로 분광한 후 PM tube (Hamamatsu, R 928) 로 검출하여 X-Y 기록계에 기록하였다.

3. 결과 및 고찰

제작된 In/p-GaP MS 다이오드의 정류특성 곡선을 실온에서 측정하였을 때 그 특성은 그림 2에서와 같이 다이오드 방정식 $I = I_0 \exp(-qV/nkT)$ 를 만족하는 매우 양호하고 정류성 접촉을 이루고 있음을 알 수 있으며, log I 와 V 의 관계에서 구한 다이오드 상수는 2이었다. 그림 3은 실온에서 각각의 MS 다이오드에 대한 전계루미네센스 스펙트럼으로서 GaP의 에너지 갭 부근인 5500Å 에서 급격히 강도가 증가하여 약 5880 Å 부근에서 최대가 되고, 장파장의 넓은 영역에서 완만히 감소하는 것으로 부터 에너지 갭 사이에 많은 불순물 준위를 예측할 수 있었다.

그림 4는 GaP-In MS 다이오드에서 a) 온도 의존성과 b) 주입전류 의존성 전계루미네센스 스펙트럼을 나타낸 것이다. 그림 4 (a)에서 온도가 증가함에 따라 전계루미네센스 피크는 장파장 쪽으로 이동하였는데, 이는 온도가 증가함에 따라 GaP 의 에너지갭이 감소하여 그에 따라 재결합시 방출되는 photon 의 에너지가 감소하기 때문이다. 그림 4 (b)로 부터 주입전류가 증가함에 따라 전계루미네센스 스펙트럼의 최대 피크가 일어나는 파장 위치는 변하지 않고 강도만이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 주입 전류가 증가함에 따라 금속에서 p-GaP 쪽으로 주입되는 전자의 수가 증가하여 재결합 확률이 커짐에 따른 것으로 사료된다. 또한 Te이 확산된 p-n 다이오드의 실온에서 전계루미네센스 특성은 그림 5와 같이 금속/p-GaP 접합 다이오드의 전계루미네센스 특성과 큰 차이를 나타내지 않았으며, 오히려 같은 강도의 스펙트럼을 얻는데 있어 보다 많은 전류를 필요로 하였다. 이는 p-GaP 내로 확산된 Te 이 GaP 내에서 같은 도너준위(898meV) 를 형성하여 낮은 전류영역에서는 재결합 방출 과정에 참여할 수 없기 때문으로 사료된다.

이로서 Te을 확산한 p-n GaP 다이오드 보다 단순하게 금속을 진공 증착시킨 MS 다이오드의 특성이 양호함을 알 수 있었다.

4. 결 론

p-GaP 를 기판재료로 MS 다이오드와 p-n GaP 다이오드의 전계루미네센스 스펙트럼을 측정하여 발광특성을 조사한 결과 발광피크는 5580Å (E=2.22eV) 이었고, 스펙트럼은 5500-9000Å 의 파장 범위에서 나타났다.

또한 발광피크 에너지는 온도의 증가에 따라 장파장 쪽으로 이동하였으며, 전류가 증가하면 재결합 효율이 커짐으로 발광 강도가 증가하였다.

Te 이 확산된 p-n 다이오드의 특성은 MS 접합형 다이오드의 비하여 나쁘게 나타났는데 이는 확산된 Te 이 같은 도너준위를 형성하기 때문이다. 이로부터 p-n 다이오드에 비하여 MS 다이오드가 제작방법이 간단하고 그 특성이 양호하므로 발광 스펙트럼의 폭이 넓은 문제

를 개선하면 널리 응용 가능할 수 있다.

· 참고 문헌

1. C.J.Nuese, H.Kressel and I. Ladany: IEEE Spectrum., May p. 28, 1972.
2. C.A.Harper Handbook of Materials and Processes for Electronics, Mc GRAW-HILL, 14-68, 1970.
3. B.Tuck, G. Eftedhari et al., J.Phys. D, 15, 457, 1982.
4. K.E.Aspnes et al., J. Electron Mat., 9, 67, 1980.
5. A.Yamamoto and C. Uemura, Jap.J.Appl. Phys., 17, 1869, 1978.

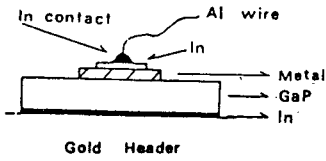


Fig. 1. MS 다이오드의 단면도.

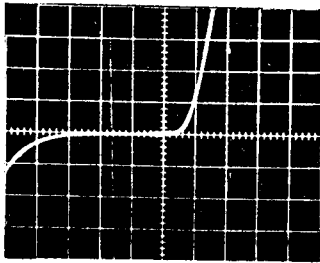


Fig. 2. In/p-GaP MS 다이오드의 I-V 특성.

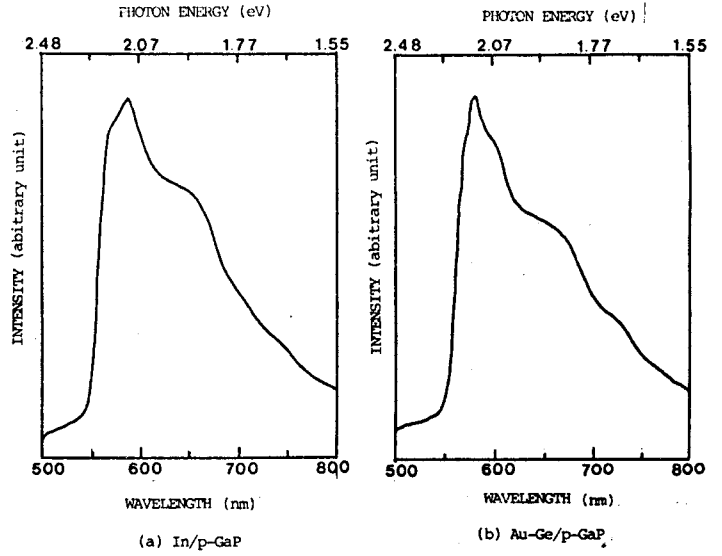


Fig. 3. 실온에서 측정된 MS 다이오드의 전계 루미네센스 스펙트럼.

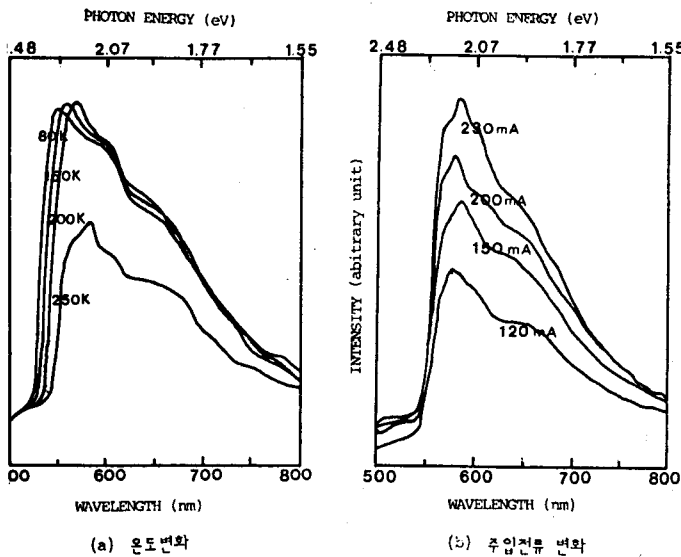


Fig. 4. In/p-GaP MS 다이오드의 (a) 온도변화와 (b) 주입전류 변화에 따른 E-L 스펙트럼.

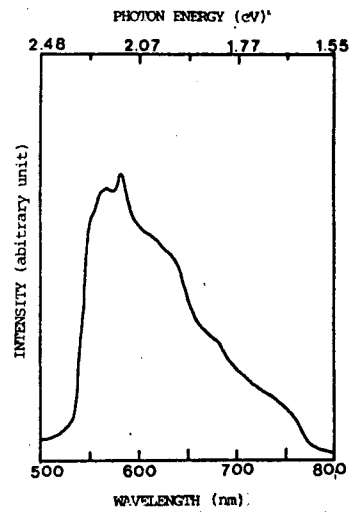


Fig. 5. 실온에서 측정된 Te이 확산된 p-n GaP 다이오드의 E-L 스펙트럼.