

습식식각공정에 의한 High Speed용 AlGaAs/GaAs 적외선 LED 소자의 특성

“이 칠 진”, 라 용 춘, 성 만 영, 이 은 칠
*군산대학교 전기공학과, **고려대학교 전기공학과, ***광전자반도체(주)

The Properties of High Speed AlGaAs/GaAs Infrared LED by using Metal wet etch process

“Cheol Jin Lee”, Yong Choon Ra*, Man Young Sung**, and Eun Chul Lee***

*Department of Electrical Engineering Kunsan National Univ.

**Department of Electrical Engineering Korea Univ.

***Optel Semiconductor Corporation

Abstract

The optical and electrical properties of High Speed AlGaAs infrared LED by using metal wet etch process instead of metal lift-off process are investigated. The power out increases when metal contact is patterned by wet etch process. Forward voltage and Reverse voltage for metal wet etch process represent higher value than the metal lift-off process. The aging effect of power out also indicates good results with wet etch process. The wet etch process for metal contact reveals reliable LED device properties.

1. 서 론

최근 화합물반도체 LED의 소자 및 제조기술 향상에 의해 LED(Light Emitting Diode) 소자의 고휘도화와 고속화가 활발하게 진행되고 있다.[1][2] 따라서 이러한 LED를 각종 센서시스템, 근거리 무선통신, 무선 OA 기기 등에 적용하기 위한 연구도 활발히 되고 있는 추세이다. 특히 GaAs 기판위에 AlGaAs 에피층을 성장시켜서 제작하는 830-880[nm] 파장의 LED는 고출력, 고속도, 저잡음 특성으로 인하여 무선전화기 및 통신용소자 제작에 크게 각광을 받고 있다.[3] LED의 고휘도화와 고속화를 달성하기 위한 방법으로는 에피층의 결정결함 감소 및 에피층 불순물농도를 균일하게 유지하는 것[4] 신뢰성 있는 금속전극을 형성하는 것이 필요하다.[5] 고품질 에피막의 성장방법으로는 MOCVD에 의한 방법이 최근에 많은 주목을 받고 있으나 생산성과 비용면에서 볼 때 현실적으로 LPE에 의한 에피성장 방법이 양산공정에서는 아직까지 주류를 이루고 있다.[6]

따라서 본 연구에서는 LPE에 의한 성장시킨 에피막에서, 금속전극 형성공정을 개선함으로써 LED 소자의 특성을 향상시키고자 하였다. 따라서 기존의 LED 소자의 전극형성 방법인 Lift-off 방법 대신에 사진식각기술을 사용하여 금속전극막의 패턴을 형성시켰다. 그리고 새롭게 적용한 금속막 습식식각공정에 따른 850[nm] 파장의 고속 LED 소자의 휘도특성(Power out), Forward voltage(V_f) 특성, Reverse voltage(V_R) 특성, 그리고 휘도의 열화특성을 기존의 Lift-off 방법에 의한 특성과 비교하여 평가하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 의한 LED 소자의 제작은 아래와 같은 방법으로 진행시켰다. 먼저 GaAs 기판의 표면에 120-220[um]두께의 N-AlGaAs 에피층을 성장시킨 후, 그위에 두께가 0.4-2.0[um]인 제1층 P-AlGaAs 에피층과 두께가 12-30[um]인 제2층 P-AlGaAs 에피층을 연속적으로 성장시켰다. 그리고 나서 초음파를 사용하여 웨이퍼를 아세톤에서 초기세정을 실시한 후, 이어서 $H_2SO_4 : H_2O_2 : DI = 8 : 1 : 1$ 인 혼합액을 사용하여 웨이퍼 표면의 오염물질을 깨끗하게 제거시켰다. 이어서 P-AlGaAs 에피층위에 ohmic contact을 형성하기 위하여 열증착기를 사용하여 Au/제1 buffer layer/Au 1차금속막을 순차적으로 증착시켰는데, 이때 기판온도는 200[°C]이고 진공도는 10^{-6} [Torr]를 유지하였다. 이어서 동일한 공정조건에서 열증착기를 사용하여 웨이퍼의 이면인 N-AlGaAs 에피층위에 AuGeNi/Au 금속막을 증착시킴으로서 역시 ohmic contact을 형성시켰다. 확산로를 사용하여 400[°C]에서 수소분위기로 열처리를 실시함으로써, N-AlGaAs 에피층과 P-AlGaAs 에피층위에서 안정된 ohmic contact을 형성시켰다. Gold wire를 chip 전극에 bonding시킬때, chip 전극과 wire 사이에서 완충역할을 함으로서 접착특성을 향상시키기 위하여 2차 금속막인 제2 buffer layer/Au막을 열증착기를 사용하여 1차 금속전극막위에 증착시켰다. 금속막 증착이 완료된 후 전극의 패턴을 형성하기 위하여 사진공정을 진행하였다. 이어서 요오드 : 에탄올 : $DI : H_3PO_4 = 200g : 1500cc : 1200cc : 700cc$ 인 혼합액을 사용하여 Au와 제1 buffer layer를 식각하고, 또한 HF : $DI = 1 : 10$ 인 혼합액으로 제2 buffer layer를 습식식각하였다. 마지막으로 sawing후 chip의 특성향상과 신뢰성 향상을 위하여 $NH_4F : H_2O_2 : DI = 30cc : 2000cc : 3000cc$ 인 혼합액으로 P-AlGaAs 에피층을 식각한 후, 전기적 특성과 광학적 특성을 평가하였다. 본 연구에서 제작한 LED 소자의 단면도를 그림 1에 나타냈다.

3. 결과 및 고찰

그림 2은 금속전극 패턴을 습식식각방법에 의해서 형성시킨 High Speed용 AlGaAs 적외선 LED 소자의 휘도특성(Power out)을 보여주고 있다. 휘도는 Forward current(I_f)를

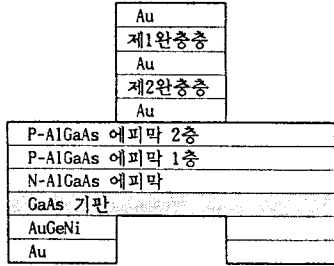


그림 1. LED 소자의 단면도

50[mA]로 고정시켜 인가하면서, LED 소자의 Power out을 측정한다. 그림 2에 나타난 바와같이 평균휘도값이 14.3[mW]로서 기존의 Lift-off 방식에 의한 8.9 [mW]에 비해서 휘도가 크게 향상된 것을 알 수 있다. 또한 20개 시료에 대한 휘도값의 편차도 0.75로서 양호한 수준이었다.

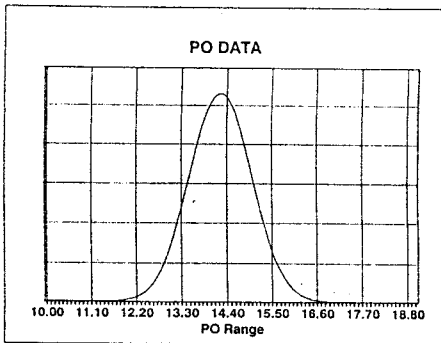


그림 2. AlGaAs 적외선 LED 소자의 휘도특성

그림 3는 금속전극 패턴을 습식식각방법에 의해서 형성시킨 High Speed용 AlGaAs 적외선 LED 소자의 Forward voltage(V_F) 특성을 보여주고 있다. 이 경우 Forward voltage(V_F)는 역시 Forward current(I_F)를 50[mA]로 고정시켜 인가하면서 측정한다. 그림 3에 의하면 평균 Forward voltage가 1.45[V]로서 1.49[V]의 Forward voltage를 갖는 Lift-off 방식에 비해서 우수한 Forward voltage 특성을 갖는 것을 알 수 있다. 그리고 20개 시료에 편차는 0.06으로서 아주 양호한 수준이었다.

그림 4는 금속전극 패턴을 습식식각방법에 의해서 형성시킨 High Speed용 AlGaAs 적외선 LED 소자의 Reverse voltage(V_R) 특성을 보여주고 있다. 이때 Reverse voltage(V_R)도 역시 Forward current(I_F)를 50[mA]로 고정시켜 인가하면서 측정한다. 그림 4에 의하면 평균 Reverse voltage가

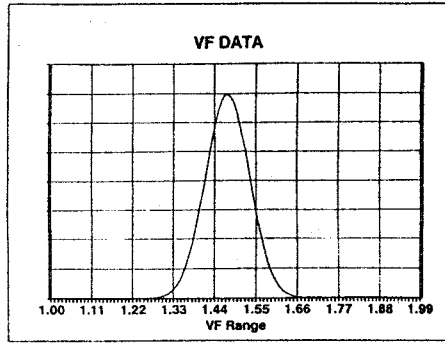


그림 3. AlGaAs 적외선 LED 소자의 Forward Voltage(V_F) 특성

17.7[V]로서 기존 Lift-off 방식의 15.5[V]에 비해서 우수한 Reverse voltage 특성을 갖는 것을 알 수 있다. 편차도 3.06%로서 양호한 수준이었다.

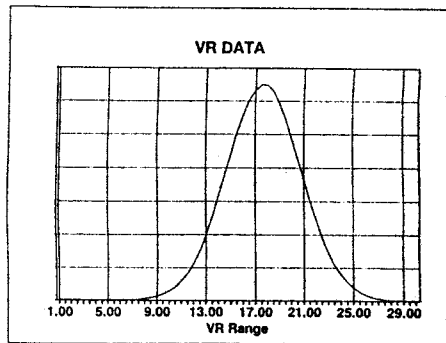


그림 4. AlGaAs 적외선 LED 소자의 Reverse Voltage(V_R) 특성

한편 AlGaAs 적외선 LED 소자의 휘도에 대한 열화특성을 평가하기 위하여 75[mA]의 정전류조건에서 48시간 동안 aging시킨 후, 휘도의 변화특성에 대한 결과를 그림 5에 나타냈다. 그림 5에 의하면 본 연구에 의한 습식식각방법은 aging에 따른 평균 휘도감소율이 0.92[%]이고 최대 휘도감소율은 10[%] 이내로서, 기존의 Lift-off 방식에 의한 최대 휘도감소율인 21[%]에 비해서 열화특성이 상당히 우수한 것을 보여주고 있다.

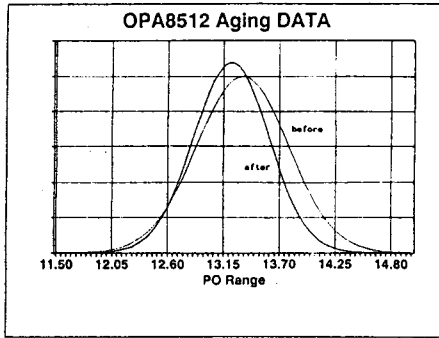


그림 5. AlGaAs 적외선 LED 소자의 휘도에 대한 열화특성

4. 결 론

금속전극패턴을 기존의 Lift-off 방법대신에 습식식각방법에 의해서 형성시킨 High Speed용 AlGaAs 적외선 LED 소자의 휘도특성과 Forward voltage 특성과 Reverse voltage 특성, 그리고 휘도의 열화특성을 평가하였다. 그 결과 휘도값은 14.3[mW], Forward voltage는 1.45[V], 그리고 Reverse voltage는 17.7[V]로서 기존 Lift-off 방식에 비해서 우수한 특성을 갖는 것을 알 수 있었고, 열화특성에 따른 평균 휘도감소율이 0.92[%]이고 최대 휘도감소율은 10[%] 이내로서 기존 Lift-off 방식에 비해서 훨씬 우수한 특성을 나타냈다. 또한 습식식각방법에 의한 LED 소자의 특성편차가 기존 Lift-off 방식에 비해서 양호한 특성을 나타냈다.

참 고 문 헌

1. 生駒俊明, "最新 化合物半導體 Handbook.", p.153-178, 1988. 3
2. 生駒俊明, "Gallium Arsenide", 丸善(株), p.185-203, 1988. 1
3. 中村哲郎, "光 Electronics 素子와 應用.", p.93-124, 1981. 8
4. "化合物半導體 結晶 DATA BOOK.", 日本電子工業振興協會, p.30-34, 1982. 3
5. "化合物半導體 Device의 信頼性에 관한 文獻動向調査.", 日本電子部品信頼性센터, p.193-200, 1983. 3
6. "磊晶 Device에 관한 調査研究報告書(1).", 日本電子工業振興協會, p.120-130, 1984. 3