

금속/유기발광박막 간의 접합특성 연구

Studies on Contact Characteristics in Metal/OEL thin films

이 호철, 강 수창, 신 무환
Ho-Chul Lee, Soo-Chang Kang, and Moo-Whan Shin

Abstract

유기전계발광소자(OELD)의 성능 향상을 위한 많은 연구가 진행되고 있지만 아직까지 금속전극과 유기발광층 사이의 접촉저항(Contact Resistance)에 관한 연구는 거의 보고되지 않고 있다. Ohmic 접합에서 접촉저항은 효율적이고 신뢰성 있는 소자제작에 있어서 간과되어서는 안될 매우 중요한 부분이다. 본 연구에서는 금속전극과 유기발광층 사이의 접촉저항에 관해서 논의하고자 한다. 본 연구에서 제작된 샘플은 금속전극으로 Ag, 유기발광재료로서 Alq₃를 사용하였으며, Alq₃의 두께를 100 Å에서 500 Å까지 각각 다르게 하여 서로 다른 두께의 유기발광층을 가지는 샘플을 제작하였다. 금속전극의 매트릭스 구조에 의해 형성된 픽셀의 크기는 3 mm × 2 mm이며, 제작된 샘플의 접촉비저항은 TLM(Transmission Line Measurement) 방법을 이용하여 구하였다. Planar한 TLM model로부터 새로운 vertical model을 유추하였으며, 이를 근거로 접촉저항 및 transfer length 등을 계산하였다. 상온에서 측정된 전체 저항값은 유기발광층의 두께가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타냈으며, 이 때 계산된 접촉비저항은 $1.49 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 이다. 접촉저항은 전극 사이의 거리의 증가에 따라 증가하지만, 측정시간의 thermal budget의 영향으로 상대적으로 전체저항이 감소하였으나, 저항감소분의 포화에 따라서, 거리에 비례하여 다시 저항이 증가하였다.

Key Words(중요용어) : OELD (Organic Electroluminescent Device), Contact Resistance (접촉 저항), TLM (Transmission Line Measurement)

1. 서 론

반도체 소자의 오믹(Ohmic)접합 특성을 정량적으로 평가하기 위하여 가장 널리 쓰이는 방법중의 하나로서 접촉저항(Contact Resistance)을 측정한다. 신뢰성 있는 오믹접합은 모든 반도체 소자의 제작에 있어서 선행되어야 할 필수조건이므로 접촉저항을 측정하는 것은 매우 중요하다.

유기전계발광소자(Organic Electroluminescent Device)는 1987년 Kodak의 Tang에 의해 고휘도, 고안정성의 유기적층형 박막 전계발광 소자가 보고된 이후 많은 사람들의 관심이 고조되어 현재 활발한 연구가 진행중이다. 그러나 유기전계발광소자의 접촉저항에 관한 연구는 아직까지 보고된 바가 거의

없다. 본 연구에서는 유기물과 금속전극간의 접촉저항을 잘 알려진 TLM(Transmission Line Measurement) 방법으로 측정하고 유기물/금속 접합간의 특성을 규명하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 Thermal Evaporation

접촉저항의 정량적인 측정을 위하여 본 연구에서는 금속전극으로 Ag, 유기발광재료로서 Alq₃를 사용하여 모두 Thermal Evaporator로서 증착하였다. Alq₃의 증착은 5×10^{-6} Torr의 압력에서 수행하였으며, 이 때의 증착속도는 약 0.3 Å/s 이다. 전극용 Ag 박막은 약 10 Å/s의 속도로 증착하였다. surface profiler로 측정된 증착전극의 두께는 약 2000 Å이었다.

2.2 TLM 실험

명지대학교 세라믹공학과/전자소재연구센터
(경기도 용인시 남동 산 38-2 Fax: 0335-330-6457
E-mail: hclee@wh.myongji.ac.kr)

2.2.1 Original TLM model

Shockley에 의해 제안된 TLM 방법으로부터 planar한 model에서의 접촉저항을 쉽게 구할 수 있다. 그림 1에서 두 금속전극간의 Total 저항 R_T 는 다음과 같다.

$$R_T = R_s \left(\frac{L}{W} \right) + 2 R_c \quad (1)$$

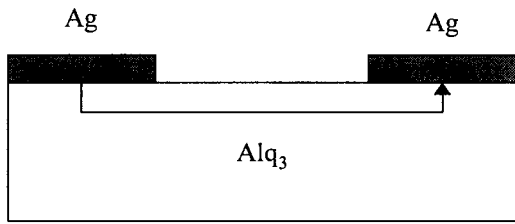


그림 1. original TLM pattern

따라서 total 저항 R_T 를 금속전극간의 거리 L의 함수로서 나타내면 그 Y-절편 값을 읽음으로써 접촉 저항 R_c 를 구할 수 있고 여기에 pattern size를 곱하여 접촉비저항(Specific Contact Resistance)을 구할 수 있다.

2.2.2 TLM model used in this study

사용된 재료에 대한 기존 TLM 모델의 한계성으로 인하여 본 연구에서는 새로운 TLM 모델을 제시하였다. 즉, 그림 1에 나타난 것처럼 Alq3를 사이에 두고 glass 위에 Ag를 위아래로 증착한 수직형 구조로서, 금속전극 사이의 거리를 Alq3의 두께(100 ~ 500 Å)로 조절하였다.

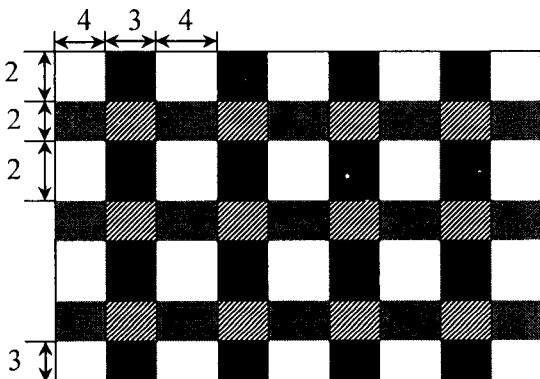


그림 2. TLM pattern(Ag/Alq3/Ag) used in this study

수정된 TLM 모델에서의 total 저항 R_T 는 다음과 같다.

$$R_T = \rho \left(\frac{d}{A} \right) + 2 R_c \quad (2)$$

ρ : 재료의 비저항

A: pattern size

d: 재료박막의 두께

같은 방법으로 접촉저항 R_c 를 구할 수 있으며, 또한,

$$R_T \approx \rho \left(\frac{d}{A} \right) + 2 \rho \left(\frac{L_T}{A} \right) \quad (3)$$

X-절편으로부터 Transfer Length(L_T)를 구할 수 있으며, 식 (3)으로부터

$$\rho_c = \rho \cdot L_T \quad (4)$$

따라서 구하고자 하는 유기물과 금속전극간의 접촉비저항을 구할 수 있다.

접촉저항의 변수로서 유기물의 두께와 더불어 소자작동 온도를 고려하여 I-V 특성을 상온, 70 °C, 110 °C, 150 °C 등 모두 4가지의 다른 온도 조건에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

측정된 저항값은 크게 상온에서의 측정값과 고온(70 °C, 110 °C, 150 °C)에서의 측정값으로 나눌 수 있으며, 두 가지 경우에서 뚜렷한 차이를 나타냈다. 즉, 상온에서는 그림 3에서처럼 Alq3의 두께가 증가함에 따라 저항값도 증가하는 일반적인 경향을 나타냈다. X-절편, Y-절편으로부터 얻은 접촉저항(R_c) 및 Transfer Length(L_T)는 각각 2.478 Ω, 488.5 Å이었으며, 이로부터 계산된 접촉비저항은 $1.49 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 이다.

그러나 고온에서는 Alq3의 두께가 300 Å일 때까지는 저항값이 감소하다 이후부터 증가하는 경향을 나타냈다(그림 4). 이것은 일반적으로 저항은 두 금속전극 사이의 거리의 증가에 따라 증가하지만, 상대적으로 유기물 박막이 300 Å까지 얇을 때는 측정시간의 thermal budget의 영향으로 상대적으로 전체저항이 감소하였다. 그리고 그 이후부터는 thermal budget의 영향보다는 유기물 두께증가의 영향이 더 지배적으로 나타나 저항감소분의 포화에 따라서 거리, 즉 유기물 박막의 두께 증가에 비례하여 다시 total 저항값이 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

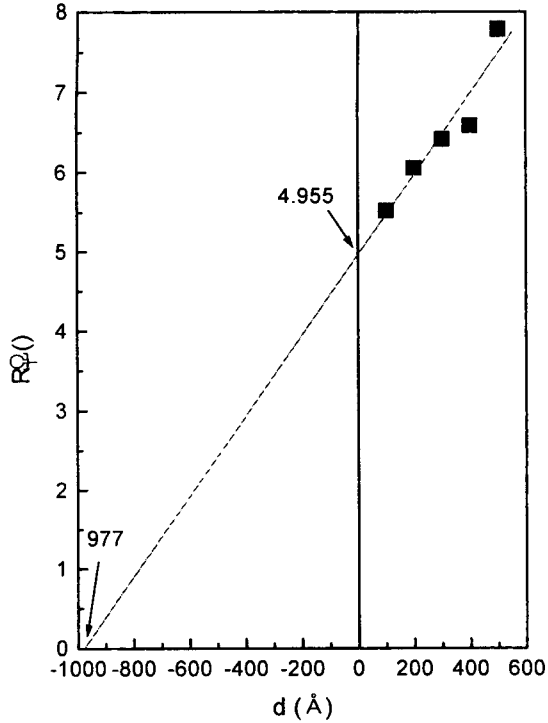


그림 3. 상온에서의 Alq₃ 두께변화에 따른 total 저항 변화

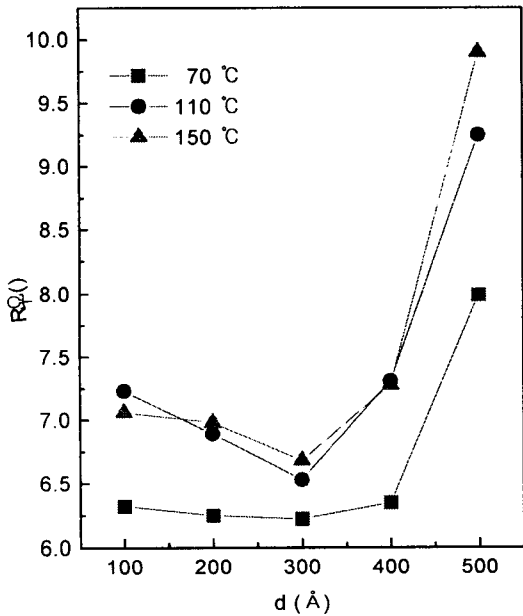


그림 4. 고온에서의 Alq₃ 두께변화에 따른 total 저항 변화

4. 결 론

본 연구에서는 Ag/Alq₃/Ag 구조를 가지는 수정된 TLM 모델을 제작하여 금속/유기물간의 접촉저항을 측정하였다. 측정된 접촉비저항은 $1.49 \times 10^3 \Omega\text{-cm}^2$ 로서 일반적인 금속/반도체 접합에 비하여 매우 높은 값을 가지는 것으로 확인되었다. 또한 고온에서 유기물 두께가 300 Å일 때까지 저항값이 감소하는 것으로 보아 열처리를 통하여 금속/유기물간의 접촉저항을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었습.

참 고 문 헌

1. G. K. Reeves and H. B. Harrison, IEEE Electron Device Letters, Ed1-3(5), 111-113, 1982
2. S. S. Cohen, Thin Solid Films 104, 361-379, 1983
3. C. Y. Chang, Y. K. Fang, and S. M. Sze, Solid State Electronics 14, 541-550, 1971
4. M. Heiblum, M. I. Nathan, and C. A. Chang, Solid state Electronics 25, 185-195, 1982
5. G. S. Marlow and M. B. Das, Solid State Electronics 25, 91-94, 1982
6. C. W. Tang, and S. A. Vanslyke, Appl. Phys. Lett. 51(12), 913-915, 1987