Ta_2O_5박막을 이용한 ACTFELD 소자의 계면 및 동작특성에 관한 연구

김영식, 오정훈, 이윤희, 성만영*, 오명환
한국과학기술연구원 정보재료·소자센타, *고려대학교 전기공학과

Study on the Electrical Characteristics of ACTFEL with Ta_2O_5 Thin Film

Young-Sik Kim, Jeong-Hoon Oh, Yun-Hi Lee, Sung-Man Young*, Myung-Hwan Oh
KIST, *Korea Univ

Abstract - 저전압 구동이 가능한 교류구동형 박막전기발광소자를 구현하기 위해 높은 유전상수를 가지며 특히 광학적 굴절률이 발광박막과 유사하여 광학적 특성 개선에도 효과적인 것으로 알려져 있는 Ta_2O_5를 제조하였다.

Ta_2O_5박막은 rf-magnetron sputtering방법으로 형성하였으며 기판온도, working pressure, 박막의 두께에 따른 전기적인 특성을 조사하였다. 10mTorr에서 제조된 Ta_2O_5박막은 22~26의 비유전율을 보였고, 유전손실은 0.007~0.03(1kHz~ 10kHz)의 값을 보였다. 100℃에서 제조된 박막의 전하저장용량은 7.9μC/cm^{2}이었다. 제조된 박막의 항복전압은 인가 전압의 극성에 의존하며, 전류특성은 기판온도와 200nm와 300nm의 두께에서는 $V^{1.95}$~$V^{2.35}$에 비례하는 space charge limited current특성을 보였고, 400nm에서는 Poole Frenkel특성을 보였다. 이상의 결과로 TFEL소자에 응용에 적합한 Ta_2O_5 박막은 200℃에서 증착되고 200nm와 300nm인 것으로 나타났으며, 제조된 MIS구조(ITO-Ta_2O_5-ZnS-Al)의 ACTFEL소자에서의 전도전하는 각각 13uC/cm^2, 8.3uC/cm^{2}로 조사되었다.

1. 서 론

고집적 대용량, 극소전자소자에서 요구되는 높은 항복전압, 고유전율, 특성을 가지는 Ta_2O_5 박막은 앞서 기술한 전기적 특성 이외에도 광학적 굴절율이 발광박막과 유사하므로 내부전반사로 인한 손실감소 시키는 특성을 나타내는 절연체인 것으로 알려져 있다[1].

본 연구에서는 고효율의 TFEL소자 제작을 위하여 Ta_2O_5 절연박막을 제조하고 제조된 박막의 전기적, 광학적 특성을 조사하였고, 이를 바탕으로 하여 MIS구조의 TFEL소자를 제조하여 전기적인 특성을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 실 험

Ta_2O_5박막은 rf-magnetron sputtering 장치를 사용하여 ITO coated Corning 7059 유리기판 상위에 형성하였고, 제조된 Ta_2O_5박막을 TFEL소자에 적용가능성을 조사하기 위하여 200nm와 300nm의 Ta_2O_5 박막을 하부 절연막으로 MIS구조의 TFEL 소자를 제조하였다. 이때 발광박막은 E-beam장치를 이용하여 기판온도 200℃로 증착한 ZnS:Pr,Ce를 사용하였다. 박막의 유전특성과 전류-전압특성은 impedance analyzer (HP4192A)와 Keithely 237 source/measure unit을 사용하여 측정하였으며, EL소자는 Q-Fp방법[2]을 이용하여 전기적인 특성을 분석하였다.

2.1 결과 및 고찰

본 실험에서 제조된 Ta_2O_5박막의 유전 특성은 working pressure를 10mTorr로 고정하고 기판온도를 각각 100, 200, 300℃로 가변하여 제조한 박막의 유전특성을 나타내고 있다.

100~300℃에서 범위에서는 기판온도에 따른 유전특성 변화는 나타나지 않았다. 그러나 압력이 4mTorr인 경우에는 비유전율이 30이상이나 tanδ가 5정도로 나타나 TFEL 소자응용에는 부적합 것으로 나타났다.

Table 1. Electrical characteristics of Ta_2O_5 thin film according to conditions of the deposition.

case	Thickness(nm)	300			
	온도(℃)	100	200	300	300
	압력(mTorr)	10	10	10	4
ITO(-)	E_{BV} (MV/cm)	3.56	2.0	1.68	0.53
Al(-)	E_{BV} (MV/cm)	4.00	3.6	1.8	0.7
전하저장용량 (μC/cm^2)		7.9	4.1	3.7	1.5

Ta_2O_5의 제조 온도에 따른 항복전압(E_{BV})과 전하 저장용량($\varepsilon \times E_{BV}$)를 표 1에 나타내었다. 여기서 항복전압은 Ta_2O_5박막이 치명적인 파괴를 일으키는 전압으로 설정하였다.

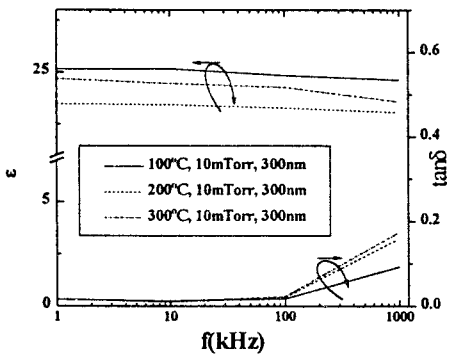

Fig 1. Dielectric porperties of Ta_2O_5 thin films under D.C bias.

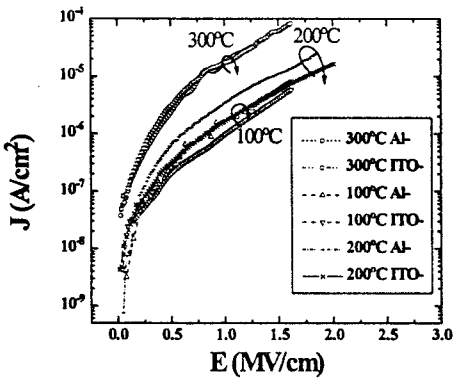

Fig 2. Deposition temperature and voltage polarity dependence of J-E characteristics.

Ta_2O_5 박막에서의 전압전류 특성은 그림 2와 같이 인가전압의 극성에 무관한 bulk limited current특성을 보이고 있으며, 제조온도에 따라 100-300℃에서 제조된 박막은 저전압 인가전압에 2.35-1.95승에 비례하는 space charge limited currrent특성을 보여주고 있다(그림 3). 그러나 1MV/cm 이상의 고 전계에서는 전도기구를 하나로 규정할 수 없는 복합적인 전도기구를 나타내었다.

표 2와 그림 4에서는 Ta_2O_5 박막의 두께와 전기적인 특성의 관계를 나타낸 것이다.

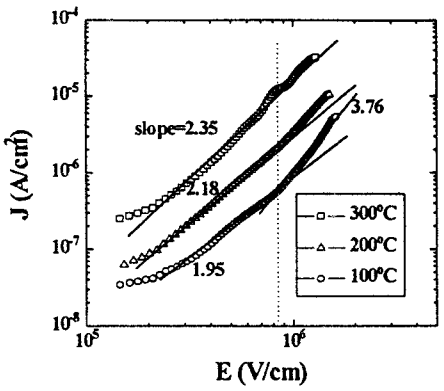

Fig 3. Space charge limited current plot of Ta_2O_5 thin films.

표 2의 AFM결과에 따르면 Ta_2O_5박막은 두께가 두꺼울수록 표면의 roughness가 증가함을 보여 주고 있으며, 두께와 항복전압과의 관계는 Peak to Peak값에 의존함을 나타내 준다.

Table 2. Thickness dependance of Electrical charact -eristics of Ta_2O_5 thin film.

case	온도(℃)	200		
	Thickness(nm)	200	300	400
Al(-)	E_{BV} (MV/cm)	2.7	3.6	2.4
AFM결과(nm)	P-P	641	157	349
(1μm×1μm)	RMS	14.6	19.9	49.6

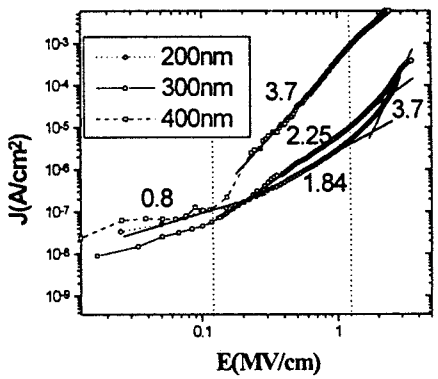

Fig 4. Thickness dependance of J-E properties of Ta_2O_5 thin films .

그림 4는 200℃, 10mTorr에서 제조된 박막의 두께에 따른 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 200nm와 300nm두께의 박막은 낮은 누설전류 값(각각 1MV/cm에서 1.6, 3.6μA/cm^2)을 나타낸 반면 400nm 이상인 경우에는 누설전류가(1MV/cm에서 100μA/cm^2) 높게 나타났다. 두께에 따른 전도 기구는 저전계에서 ohmic currnet특성을 나타내었고 1MV/cm 이하의 전계에서는 200nm와 300nm의 두께의

Ta_2O_5 박막은 $V^{1.8}$~$V^{2.4}$ 비례하는 space charge limited current 특성을 보여 주고 있으나 400nm 박막은 1MV/cm이하에서, anormalous Poole-Frenkel 전도 특성을 보여 주고 있다[3]. 그리고 200nm 박막은 1MV/cm이상에서 Poole-Frenkel 전도특성을 보였다. 이들 두 경우에 Poole-Frenkel plot에 의한 산출한 Ta_2O_5 박막의 비유전율은 각각 4.4와 5.13으로 나타났으며, 이것은 고주파에서의 Ta_2O_5의 굴절율(n)이 2.3정도임을 고려한다면 고주파 유전율 ($\varepsilon = n^2$)과 잘 일치함을 알 수있다.

이상에서 TFEL소자에 응용에 적합한 Ta_2O_5 박막은 200℃에서 증착되고 200nm와 300nm인 것으로 나타났다.

제시한 제조 조건을 바탕으로 제조된 Ta_2O_5박막 위에 ZnS의 발광박막을 기판온도 200℃조건에서 E-beam장치를 사용하여 300nm증착하였으며, ITO/Ta_2O_5/ZnS:Pr,Ce/Al의 MIS구조에서 ACTFEL의 하부 절연막으로 사용된 Ta_2O_5의 전기적 특성을 분석하였다.

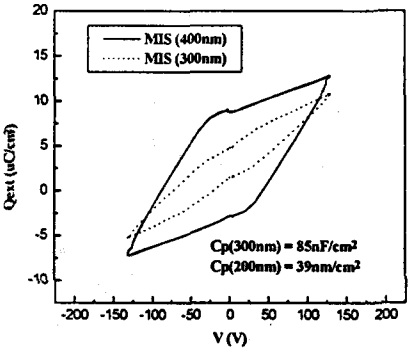

Fig 5. Qt-V curve for MIS Structure ACTFEL device with sputtered Ta_2O_5 thin film as lower dielectric material

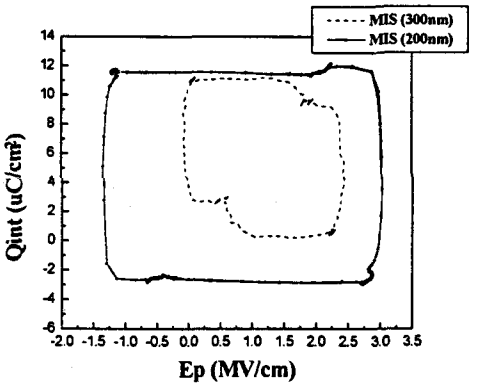

Fig 6. Qint-Ep curve for MIS Structure ACTFEL device with sputtered Ta_2O_5 thin film as lower dielectric material

그림 5와 그림 6은 MIS 구조의 ACTFEL소자를 Q-Fp 방법으로 외부전하와 발광박막 내부 전하를 각각 외부인가전압과 발광박막에 인가된 전계에 대하여 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 200nm와 300nm의 하부 Ta_2O_5 박막을 사용한 경우 전도전하는 각각 13uC/cm^2, 8.3uC/cm^2 로 나타나고 있으며, clamping현상이 잘 나타나는 것으로 보아 ACTFEL소자의 하부 절연막으로써 좋은 재료임을 보여 주고 있다.

3. 결 론

TFEL 소자용 Ta_2O_5 절연박막에 대하여 공정조건에 따른 전기적, 광학적 특성을 조사하였으며, MIS구조의 TFEL소자를 제작하여 전기적인 특성을 살펴보았다.

10mTorr에서 제조된 Ta_2O_5 박막의 유전상수 값과 전하 저장 용량은 각각 22~26, 7.9~3.7 μC/cm^{2}으로 나타났으며 유전손실은 0.007~0.03 이었다. 직류 전류-전압 특성으로부터 항복전기장 값은 인가전압의 극성에 의존하는 반면, 누설전류 특성은 1MV/cm이하의 전계에서는 제조온도에 상관없이 $V^{1.8}$~$V^{2.4}$ 비례하는 space charge limited current 특성을 보여 주고 있으나 두께가 400nm에서는 Poole-Frenkel 특성을 보여 주었다. 그리고 1MV/cm 이상의 전계에서는 복합적인 전도특성을 나타내어, 특정전도기구로 설명할 수 없었다.

이상의 결과로 TFEL소자에 응용에 적합한 Ta_2O_5 박막은 200℃에서 증착되고 200nm와 300nm인 것으로 나타났으며, 200nm와 300nm의 Ta_2O_5 박막을 하부 절연막으로 MIS구조의 TFEL소자를 구성하였으며, Q-Ep분석에의해 전도전하는 3uC/cm^2, 8.3uC/cm^2 로 나타났고, clamping현상이 잘 나타남을 보여 주고 있다.

(참 고 문 헌)

[1] Shiban Kiku et al, "Dielectrics for Bright EL Displays "ED. 36, p. 1947, 1898.

[2] J.F.Wager et al, "Internal charge-phosphor field characteristics of alternating-current thin-film electroluminescent device", APL, 62, p. 744, 1993.

[3] Hironaga Matumoto et al, "Effect of Heat Treatment on the Coefficient β_{PF} for the Poole-Frenkel Effect and the Conductivity in Ta_2O_5 Films", JJAP. 19 p. 71, 1980.