

FET를 이용한 EL용 인버터 설계에 관한 연구

°이기제*, 윤석암*, 윤형상*, 조경재*, 최장균*, 임중열*, 차인수**, 이경섭**

* 동신대학교 대학원 전기전자공학과

** 동신대학교 전기전자공학과

A Study on the Design of EL Inverter using FET

°Ki-Je Lee*, Suk-Am Yoon*, Hyung-Sang Yoon*, Kyeng-Jai Cho*,
Jang-Kyun Choi*, Jung-Yeol Lim*, In-Su Cha**, Kyeng-Sub Lee**

* Dept. of Electrical & Electronics Eng. Graduate School of Dongshin Uni.

** Dept. of Electrical & Electronics Eng. Dongshin Uni.

Abstract

This paper presents about EL(electroluminescent) driver with inverter. Inverter is composited two FET to increase safety output voltage. As result this study, the optimum operating condition of inverter is that the gate bias frequency of FET equal two resonant frequency of circuit. It shows to ideal sinusoidal output wave.

Finally, EL sampler(15cm×15cm) gain 2.6 [lux] with 1cm.

1. 서론

최근 반도체 제조기술의 발전에 따라 광전자 소자(photoelectronic device)의 발전에 따라 정보표시용 소자에 대한 요구 사항도 점차 고도화되고 있다. 현재까지 무기물 반도체가 광전자 산업의 핵심 소재를 많이 사용되고 있으며, 얇고 가벼우며 고휘도, 고효율, 고해상도, 고속응답특성, 긴수명, 저전압, 저소비 전력, 저가격 및 Full-Color 평판 디스플레이의 개발이 절실히 요구되어지고 있다.

형광체가 외부로부터 에너지를 공급받아 전자를 여기시키고 다시 기저 상태로 떨어지면서 그에 해당하는 에너지를 빛으로 방출하는 것을 발광(luminescence)이라 말한다. 이때에 외부 에너지의 종류에 따라 음극선 발광(cathodoluminescence : CL), 빛발광(photoluminescence :

PL), 열발광(thermoluminescence : TL) 및 전계발광(electroluminescence : EL) 등으로 구분될 수 있다[1]-[3].

물질(ZnS:Mn등)에 에너지를 가했을 경우 전자가 기저상태에서 여기로 옮겨가 다시 아래의 준위로 돌아갈 때 에너지를 방출하는데 방출되는 에너지가 빛의 형태를 취하며 발광하는 것을 통틀어 전계발광(EL)이라 일컫는다.

형광층을 성장시키기 위한 박막 성장 기술에는 물리 기상증착(physical vapor deposition : PVD) 방법 및 화학기상증착(chemical vapor deposition : CVD) 방법이 있다. CVD 방법에는 전자빔증착법(electro-beam deposition : EBD), multi-source deposition(MSD) 및 sputtering이 있으며 CVD 방법은 metal-organic chemical vapor deposition(MOCVD), atomic layer epitaxy(ALE) 및 hydride-transport chemical vapor deposition(HTCVD) 등이 있다[4]-[5].

국내외에서 현재 개발되고 있거나 생산되고 있는 평판디스플레이 종류 중 전계발광(electroluminescent) 소자가 있는데 이는 교류전압을 인가하였을 때, 빛이 발생하는 전계발광소자이다.

EL에 교류전압을 인가하면 교류전압의 크기와 주파수가 증가할수록 높은 휘도의 빛을 발생한다. 본 연구에서는 박막 전계발광소자(Thin-Film Electroluminescent) 인버터 설계에 관한 연구를 하였다.

2. TFEL 소자 및 전기적 특성

TFEL 소자는 Al electrode / insulator / phosphor / insulator / ITO / glass substrate의 구조로 이루어져 있다. 금속전극(Al)과 ITO 사이에 교류 전압을 인가하여 V_{TH} (Threshold Voltage)를 넘으면 형광층과 절연층 사이에 존재하는 전자들이 형광층 내부로 tunneling하게 되고 운동에너지를 얻어 발광 중심 원자들과 충돌하게 된다. 이 때 충돌에너지에 의해 발광 중심의 원자내의 전자들은 여기 되었다가 다시 기저상태로 떨어지면서 발광 중심원자에 따라 특정한 영역의 가시광을 발생시킨다. 충돌된 전자는 전기에 의해 다시 가속받아 운동에너지를 얻은 후 충돌을 되풀이 하다가 다른 쪽 계면에 포획된다. 교류전압이 인가되므로 전압의 극성이 바뀌게 되면 계면에 포획된 전자는 다시 tunneling 되고 원래의 계면에 도달하여 이와 같은 현상이 반복된다.

형광층 내부에서 발생된 빛은 insulator, ITO 및 glass substrate를 투과하여 우리가 볼 수 있게 되므로 투명한 유리 기판에 박막을 성장 시켜야 한다.

TFEL 소자의 휘도 인가 전압 특성을 그림 1에서 나타내었다. 그림 1에서 임계전압 (V_{TH})이하에서는 휘도가 매우 작으며 임계전압 (V_{TH})이상에서는 매우 급격히 휘도가 증가하며 마지막에는 포화영역에 이르게 된다.

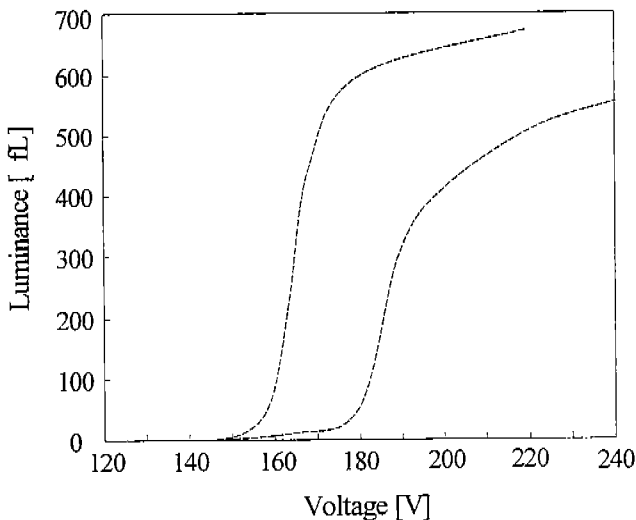


그림 1 TFEL 소자의 휘도-인가전압 특성

이와 같이 비선형 휘도-인가전압 특성을 이용하여 높은 Contrast를 유지하며 matrix addressing이 가능한 EL 구동회로를 구성할 수 있다.

또한, TFEL 소자의 휘도는 인가전압의 크기, 주파수에 의하여 변화하므로 이런 특성을 이용하여 EL의 휘도를 변화시킬 수 있다.

이상적인 TFEL 소자의 SPICE 등가회로를 그림 2에 나타내었다. 이 등가 회로로부터 임계 전압 이하에서의 TFEL 소자의 Capacitance는 절연층 Capacitance C_i , 및 형광층 Capacitance인 C_p 의 합으로 나타나며, 형광층의 break down 후에는 절연층의 Capacitance만으로 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 실험적으로 구한 C-V(Capacitance-Voltage) 특성으로부터 TFEL 소자의 임계전압 (V_{TH}) 절연체 및 형광체 Capacitance 값을 구할 수 있다. 여기서 구한 Capacitance 값은 형광체 내부의 특성을 정확하게 나타내는 Q-F₀ 특성을 구하는 데 필요하다. 이들 전기적 특성으로부터 많은 정보를 얻을 수 있으며 특히 TFEL 소자내의 전압에 따른 Conduction Charge 양의 변화를 분명히 찾아낼 수 있다.

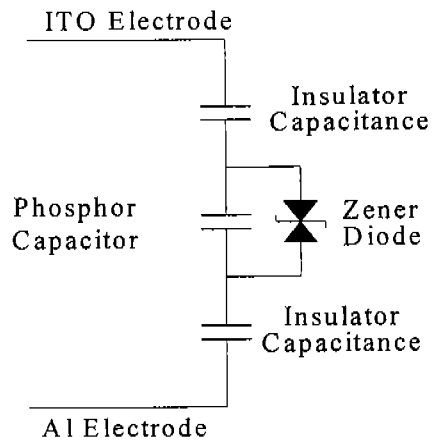
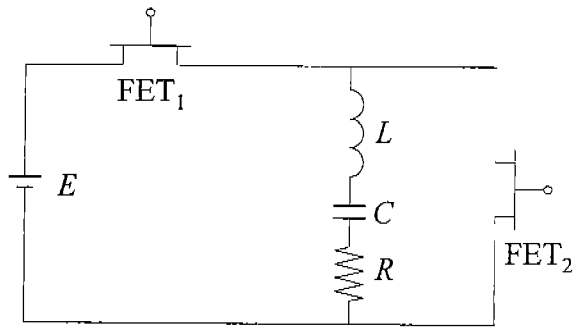


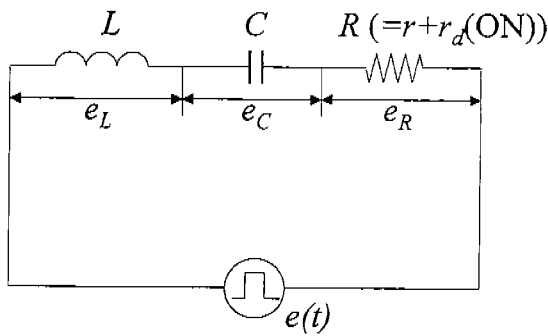
그림 2 이상적인 TFEL 소자의 등가회로

3. 회로의 해석

그림 3은 FET 직렬 인버터 회로와 등가회로이다. 그림 3의 (a)에서 FET₁, FET₂의 ON-OFF 스위칭이 게이트 바이어스에 대하여 독립적으로 행하여지므로 그림 3의 (b)와 같이 등가회로로 나타낼 수 있다. 본 회로에서 FET를 2개 직렬로 연결한 것은 출력의 안정화 전원을 얻기 위해서이다[6][7].



(a) FET 직렬 인버터



(b) 등가회로

그림 3 FET 직렬 인버터와 등가회로

여기서 $R_d(ON)$ 은 FET의 온도레인지저항이다. 전원 $e(t)$ 의 파형은 그림 4와 같으며 이것을 단위계단함수(Unit Step Function)으로 표시하면 식 (1)과 같다.

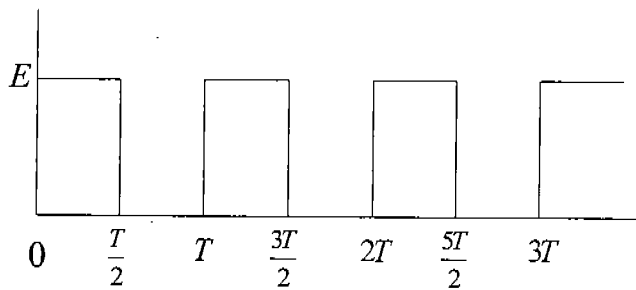


그림 4 $e(t)$ 의 파형

$$e(t) = E \left\{ U(t) - U\left(t - \frac{T}{2}\right) + U(t - T) - U\left(t - \frac{3}{2}T\right) + U(t - 2T) \dots \right\} \quad (1)$$

식 (1)을 Laplace 변환하면

$$L\{e(t)\} = E \left\{ \frac{1}{S} - \frac{e^{-\frac{T}{2}S}}{S} + \frac{e^{-TS}}{S} - \frac{e^{-\frac{3}{2}TS}}{S} + \frac{e^{-2TS}}{S} \dots \right\} \quad (2)$$

로 된다.

그리고, 그림 3 (b)의 등가회로에서 기본식은

$$e(t) = Ri + \frac{1}{C} \int_0^t i dt + L \frac{di}{dt} + e_c(0+) \quad (3)$$

여기서, $e_c(0+)$ 는 $t=0$ 에서 콘덴서 C의 전압이다.

4. 기본 인버터 회로 설계

기본 인버터 회로의 블록 다이어그램은 그림 5와 같다.

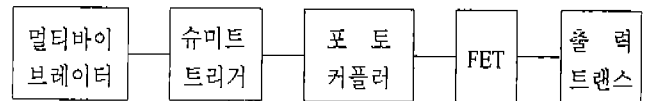


그림 5 기본 인버터 회로의 블록 다이어그램

그림 5의 블록 다이어그램에서와 같이 먼저 멀티바이브레이터에 의하여 주파수를 변환하며 멀티바이브레이터의 출력은 완전한 펄스파형이 아니므로 펄스 폭은 슈미트 트리거 회로에서 변환되고, 여기서 나오는 전압은 포토 커플러에 의하여 변환시킨다.

이 때 필요한 바이어스 전압을 인출하였으며 인출된 전압은 FET의 게이트에 인가하여 인가된 전압을 출력 트랜스에 전달하게 하였다. 1차측 트랜스에 인가된 전압에 의하여 2차측에 유도된 전압을 이용하여 EL을 ON시킬 수 있었다.

본 연구에서 FET는 IRF44로, 멀티바이브레이터는 수 KHz 범위, 포토커플러는 4N25, 출력 트랜스는 히토류 자석을 사용한 High Frequency형을 적용하였다.

5. 출력 트랜스의 EL 구동 파형

인버터의 출력 트랜스의 출력 파형은 그림 5와 같다.

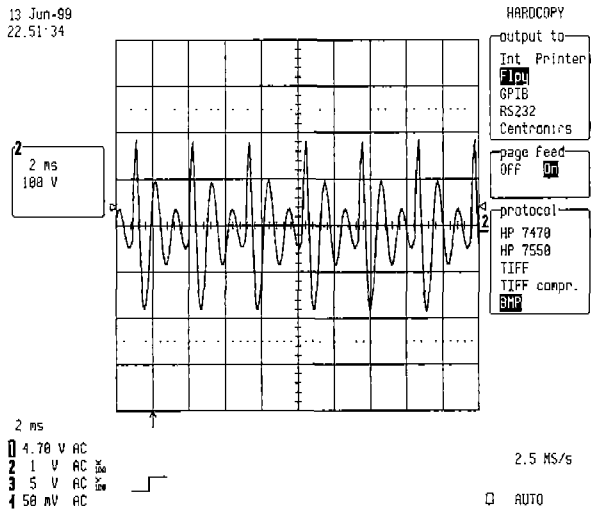


그림 5 인버터의 출력 파형

인버터의 입력단에 직류분 전압을 12[V]를 투입했을 때 인버터의 출력 파형은 최대 전압은 470[V-AC]를 얻었다.

6. 결론

본 연구에서는 EL구동을 위한 인버터의 시스템을 설계하여 구동시킨 결과 본 EL용 인버터는 최적조건 즉 FET의 게이트 바이어스 주파수와 회로의 공진 주파수가 일치할 때 정현파에 가까운 출력을 얻었다. 본 연구는 출력 트랜스의 전류 용량에 따라 EL의 단면적에 흐르는 전류와 전압의 크기를 측정하여 EL용 인버터의 최적 동작점 설계 및 구동 특성을 얻고자 한다.

참고문헌

- [1] E.Soinine, M.Leppanen, R.Tornqvist, and J.Viljanen, "Recent Progress in Color Thin-Film EL Displays," EL 94 Digest, pp. 19~20(1994)
- [2] S.Tanaka and H.Kobayashi, "White Thin-Film EL Phosphors with Filters for Full Color EL Display Panels," EL '94 Digest, pp.21~22(1994)

- [3] R. Khormaei, S. Thayer, K. Ping, C. King, G. Dolny, A. Ipri, F-L. Hsueh, R. Stewart, T. Keyser, G. Becker, D. Kagey and M. Spitzer, "High-Resolution Active-Matrix Electroluminescent Display", SID 94 Digest, pp. 137~139(1994)
- [4] Reiner H.Mauch, "Electroluminescence Based on Rare Earth Alkaline-Earth-Sulfides" EL'94 Digest, pp. 17~18(1994)
- [5] Y.A.Ono, Electroluminescence, Encyclopedia of Applied Physics, vol 5, VCH Publishers Inc., Japan (1992)
- [6] 이영근, 김종동 "직렬 Inverter 출력파형의 분해", 전자공학회지, 제6권 제4호, pp. 1~7
- [7] S. R. Bowes, "Microprocessor control of PWM inverters", IEEE Proc., vol. 128, no. 6, Nov. 1981