

후막 전계 발광 소자를 이용한 정보 표시형 Flexible Display

이종찬, 박대희
원광대학교 전기·전자공학부

Flexible Information Display using Powder Electroluminescent Device

Jong-Chan Lee, Dae-Hee Park
School of Electrical and Electronic Engineering, Wonkwang University

Abstract - In this paper, the Flexible information display was implemented using AC powder electroluminescent device. ZnS:Cu and BaTiO₃ was used as a phosphor and dielectric respectively. The preparation of phosphor and dielectric layer was performed with screen printing. The implemented system of the Flexible information display was divided as following: EL display, driving circuit, software for driving. The properties of fabricated devices was measured with EL spectrum and brightness.

1. 서 론

CRT(Cathode Ray Tube)는 고화질이면서 실시간의 영상표시가 가능한 이점이 있지만 대형화가 되면 부피와 중량이 너무 커지는 단점이 있다. 또한 앞으로 수요가 계속 증가될 것으로 예상되는 소형화, 경량화 장치에는 부적합하다. 이에 새로이 주목을 받는 표시장치로는 LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel), FED(Field Emission Display), ELD(Electroluminescent Display) 등이 있으며 그 중 특히 EL소자는 능동형의 고체 발광소자로서 휘도, 색대비, 시야각, 응답속도, 내 환경성 등의 뛰어난 21세기 표시소자로서 주목을 받고 있다 [1~2].

본 연구는 후면 광원 기능으로 사용되는 후막 EL 소자를 이용하여 7-segment와 구동회로 등 구현 시스템을 제작하였다. 구동회로 구성시에는 고압에서 동작하는 특성으로 인하여 다음과 같은 특성을 고려하여야 한다 [3~5]. 후막 전계발광소자는 극성이 반전되는 고전압 AC 펄스를 인가하여야 연속적인 빛을 내고 그 인가전압이 어느 문턱전압에 도달하기 이전에는 빛을 내지 않다가 그 전압을 넘었을 때 발광을 하며 발광된 후 인가전압이 증가함에 따라 빛이 밝기가 비선형적으로 증가하는 특성과 AC 펄스의 주파수가 증가함에 따라서 휘도가 증가하는 특성이 있다 [6~7].

소자 제작에 사용된 형광체는 ZnS:Cu를, 유전체는 BaTiO₃를 사용하였다. 형광층과 유전층의 형성은 스크린 프린팅으로 하였다. 제작된 소자의 특성실험은 발광 스펙트럼, 휘도 특성을 측정하였다. 전체 구성은 EL 표시부, 인버터 회로, 스위칭 회로, 제어회로로 구성된다.

2. 본 론

전계 발광(EL)현상은 형광층내에 주입되는 전자가 외부의 강한 전계에 의해 가속되어 발광중심과 충돌, 이온화하면서 발광하는 현상이다. 형광체는 일정한 크기를 갖는 입자의 형태를 유지하고 있으므로 이를 두 평행전극사이에 고정시키기 위해서는 적당한 바인더가 필요하다.

다. 동작중의 형광체와 유전체는 습기에 의해서 열화 되므로 사용되는 바인더는 흡습성이 적어야 한다. 또한 소자의 휘도는 유전체에서 형광체로 전이되는 전계의 양에 의하여 결정되므로 유전체층의 두께 및 유전상수 등이 중요한 역할을 한다. 따라서 유전층은 고유전율과 높은 절연파괴강도를 가져야 한다. 실험에서 사용한 BaTiO₃ (Aldrich 99.9%)은 광학적으로 높은 반사특성을 갖고 있으며, 세라믹 유전체로 높은 유전상수를 가지고 있어 낮은 문턱 전압을 갖는다. 형광체는 ZnS:Cu(Dupont)를 사용하였으며, 형광층에서 발생한 빛이 외부로 방출되기 위해서는 한쪽의 전극이 투명해야 하므로, 투명전극으로는 ITO film을 사용하였고, 배면전극으로는 Silver paste를 사용하였다. 형광층 및 절연층의 증착은 200 메쉬의 실리콘을 이용한 스크린 프린팅 방법을 사용하였다.

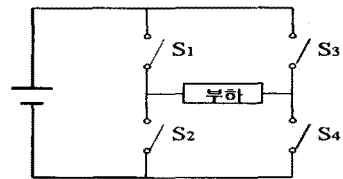


그림 1 인버터의 기본구조

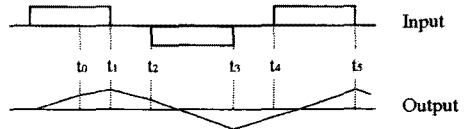


그림 2 인버터의 기본 동작 신호

후막 EL 소자의 구동회로는 직류를 교류로 변환하는 DC-AC 인버터이다. 인버터의 원리는 다음과 같다. 그림 1과 그림 2에서, 시간 t₀에 스위치 S₁과 S₄를 온(On)하면 부하는 좌에서 우로 전류가 인가되어 전류가 흐른다. 이때 전류는 그림 2와 같이 증가하게 된다. 시간 t₁에서 S₁을 오프(Off) 하고 S₂를 온 하면 부하로 전류가 흐르지 않고, 유도성 부하에 의해 L-S₂-S₄의 루프에서 전류가 역류된다. 시간 t₂에서 S₄를 오프하고 S₂와 S₃를 온 하면 부하에는 우에서 좌로 전류가 흐른다. 인버터의 기본 기능은 직류 전압을 교류 전압으로 변환하는 것이며, 부하에 동작전압이 인가되면 적절한 전류가 흐른다.

시간 t₂에서 좌에서 우로 전류의 역류가 계속되는 경우 일단, 전류는 L-S₃-전원-S₂로 역류하는데, 직류전압에 의해 급속히 감쇠하여 우에서 좌로 전류가 반전한다. 시간 t₃에서 S₂를 오프하고 S₁을 온 하면 L-S₃-S₁으로 전류가 역류한다. t₄에서 S₃를 오프하고 S₄를 온 하면 부하에는 좌로부터 우로 전압이 인가되어 시간 t₀와 동

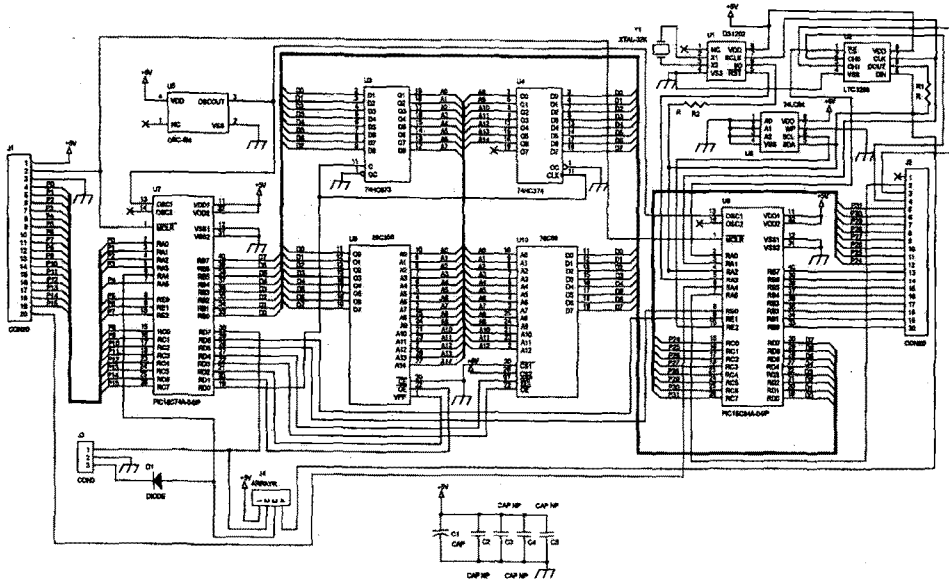


그림 4 제어회로(PIC16C64A, PIC16C74A)

일한 상태로 이행한다. 따라서 이 경우에도 시간 t_4 에서 아직 부하전류가 위에서 좌로 역류가 계속되는 경우에는, 일단 전류는 전원으로 역류하여 급속히 반전하게 된다. 따라서 시간 t_5 에서 시간 t_1 의 경우와 동일한 조작이 이루어지며 주기적으로 반복하여 동작하게 된다. 여기서 시간 t_2-t_3 와 시간 t_4-t_5 를 동일한 시간 폭으로 하면 부하에는 교류전력이 공급되며, 시간 t_1-t_5 의 시간 폭에 의해 주파수가 결정되고, 시간 t_2-t_3 및 시간 t_4-t_5 의 시간 폭을 조정함으로써 출력전압이 제어된다.

이상과 같은 인버터의 기본동작에서 출력 주파수 및 전압은 반도체 소자를 이용한 스위칭과 관련되어 있다. 본 연구에서 사용한 인버터 회로의 입력은 DC 9V 이며, 출력은 AC 100V(1.6kHz)이다.

각 픽셀에 대한 고전압 스위칭을 제어하기 위해서 그림 3과 같은 무점접 광 릴레이(Nais, AQW214)를 사용하였다. AQW214의 부하 전압 및 전류는 400V, 0.1A이며, 양방향 부하 특성을 가진다. 이와 같은 무점접 광 릴레이의 사용은 고속의 스위칭이 가능케 하고, 고전압의 동작 전압으로부터 제어회로 등을 보호할 수 있다.

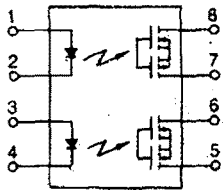


그림 3 무점접 광 릴레이(Nais, AQW214)

제어회로는 그림 4와 같이 제어용 마이크로 프로세서

(MICROCHIP, PIC16C74A PIC 16C64A) 2개를 병렬로 접속하여 이용하였다.

3. 결 과

그림 5는 제작된 소자에 인가전압을 40~200 V로 변화시키면서 측정한 발광 스펙트럼이다. 측정된 스펙트럼에서 peak값이 500.5nm에서 존재하였으며 이것은 형광체의 발광중심인 Cu의 에너지 준위가 녹색 발광 준위를 알 수 있다. 전압을 증가시키에 따라 형광체 입자가 갖는 전체 에너지의 증가 즉, 표면 전계밀도가 크게 유지 되기 때문에 스펙트럼 강도가 증가하였다.

그림 6은 인가 주파수 변화에 따른 발광스펙트럼 결과이다. ZnS:Cu의 발광피크는 100V, 400Hz에서 500.5nm의 큰 녹색 발광 피크와 460nm의 작은 청색 발광 피크를 갖고 있다. 이 두 가지의 발광 피크는 인가 주파수의 증가와 함께 2kHz에서 500.5nm는 단파장 쪽으로 490nm로 이동을 하였으며, 460nm는 450nm로 이동을 보였다. 또한 주파수의 증가와 함께 청색 발광의 460nm 피크 강도가 3배 이상 증가를 하였다.

ZnS:Cu 형광체는 강한 전계에 의하여 국소화된 Cu 발광중심을 여기 또는 이온화시키고, 여기 또는 이온화된 Cu에 포획된 전자가 바닥상태로 전이되면서 발광한다. 이러한 발광원리에 의하여 100V, 400Hz에서 Cu의 피크가 500.5nm와 460nm에 존재한다. 특히 주파수가 증가됨에 따라서 Cu 주위의 결정 불안정이 정현화되면서, Cu의 발광준위가 500.5nm와 460nm에서 490nm와 450nm로 천이되고, 460nm의 발광준위가 2kHz에서 여기 또는 이온화 및 바닥상태로의 전이 확률이 증가한 것으로 사료된다.

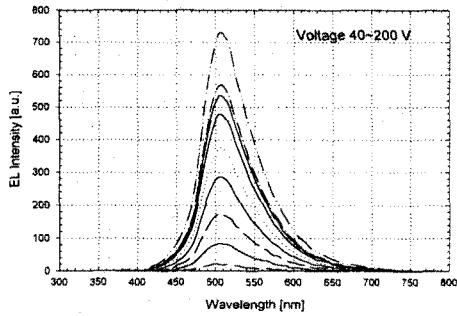


그림 5 인가 전압 변화에 따른 발광 스펙트럼

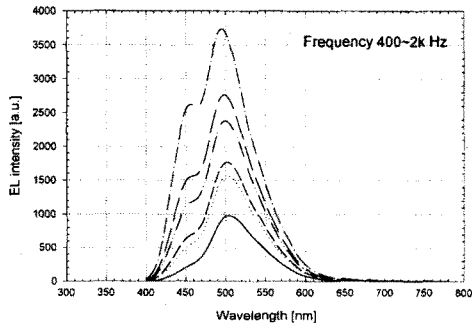


그림 6 인가 주파수 변화에 따른 발광 스펙트럼

그림 7은 소자에 인가 주파수를 400Hz로 고정하고, 인가 전압을 변화시켰을 때 발광 휘도와 전류를 측정된 결과이다. 소자는 전압의 증가에 따라 휘도와 전류가 선형적으로 증가했다. 휘도가 급격히 증가하기 시작하는 문턱전압 V_{th} 는 30V였다. 특히 휘도와 전류가 100V와 200V에서 각각 67.03cd/m^2 (1.31mA), 178.7cd/m^2 (3.10mA)이었다. 그림 8은 100V, 1.6kHz에서 휘어진 상태로 동작하는 정보 표시형 후막 EL 소자의 사진이다. 소자 구동시 사용되는 소비전력은 2mW 정도로 후면 광원 동작시 보다 훨씬 낮은 소비전력을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

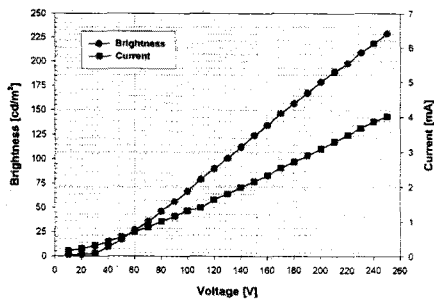


그림 7 인가 전압 변화에 따른 휘도와 전류특성



그림 8 휘어진 상태로 동작중인 정보 표시형 후막 EL 소자

4. 결 론

본 연구는 제조가 용이하고 구조가 간단하며, 기계적 특성이 유연한(flexible) 박형의 후막 EL 소자를 이용하여 정보 표시형 디스플레이와 구동회로를 제작하였다.

1. 스크린 프린팅을 이용하여 투명한 전극과 배면전극 사이에 화소의 형태로 형광층과 절연층을 차례대로 적층한 문자구동형 후막 EL 소자를 제작 할 수 있었다.

2. 구동회로는 인버터 회로, 스위칭 회로, 제어회로의 3가지로 구분된다. 제어회로는 MICROCHIP의 PIC16C74 A와 PIC 16C64A를 병렬로 접속하여 이용하였다. 전원부는 입력 DC 9V를 출력 AC 100V, 1.6kHz로 변환하는 인버터 회로를 사용하였다. 비접촉식 고속 스위칭이 가능하고 제어회로와 인버터 회로의 고전압 출력을 분리할 수 있어 회로의 안전성을 높일 수 있는 광 릴레이를 사용하였다.

정보 표시형 후막 EL 소자는 차세대 디스플레이 소자 형태로서, 물리적으로 flexible한 필름형태의 박형 디스플레이에 대한 가능성을 제시하였다.

참 고 문 헌

- (1) T. Inoguchi and et al., "Stable high-brightness thin film electroluminescent panels," SID 74 Digest, pp.84~85, 1974
- (2) S. Mito, et al., SID 74 Digest, 8.4, pp.86~87, 1974
- (3) H. Ohnishi, R. Iwase, Y. Yamasaki, SID 88 Digest, 16.3, pp.289~292, 1988
- (4) C. N. King, R.E.Coovert, W.A.Barrow: Proc. Eurodisplay '87, B.77, pp.14~17,1987
- (5) B. M. Sinelnikov, T. V. Ishchenko, L. N. Krivosheeva, A. B. Sautiev, A. A. Mikhalev and V. M. Ishchenko, "Electroluminescence characteristics of Mn-doped ZnS-ZnTe solid solutions, Inorganic Materials," Vol. 32, No. 9, pp.947~949, 1996
- (6) L. Yourukova, K. Kolentsov, A. Rachkova, N. Koprinarov, G. Pchelarov, M. Konstantinova, R. Stefanov, "Investigation of a.c. electroluminescent structures with fullerene inclusions," Synthetic Metals, Vol. 77, pp. 43~45, 1996
- (7) Kristiann Neyts, "Numerical simulation of charge transfer and light emission in SrS:Ce thin-film electroluminescent devices," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 43, No. 9, pp. 1343~1350, 1996