후막 EL 소자를 이용한 정보 표시형 Flexible 디스플레이

論 文
50C-5-1

The Flexible Information Display Using Powder Electroluminescent Device

李 鐘 燦* · 金 賢 昊** · 朴 大 熙***
(Jong-Chan Lee · Hyun-Hoo Kim · Dae-Hee Park)

Abstract - In this paper, the Flexible information display was implemented using AC powder electroluminescent device. ZnS:Cu and $BaTiO_3$ were used as a phosphor and dielectric respectively. The growth of phosphor and dielectric layer was performed with screen printing. The flexible information display in this paper was categorized as following; EL display, driving circuit, software for driving. EL spectrum and brightness was measured as the device properties.

Key Words : ZnS:Cu, Powder Electroluminescent Device, Information Display, Flexible, Driving Circuit

1. 서 론

최근 소형 및 저전력의 전자제품 요구와 이동 통신의 수요 급증으로 소형 STN-LCD가 많이 사용된다. 휴대폰용 디스플레이로 주종을 이루고 있는 STN- LCD는 부품의 구성이 STN-LCD, 구동회로, 후면 광원 및 기타 구조물로 구성되어 있다. 이 가운데 후면 광원은 주로 후막 EL 소자가 사용되어지고 있으며, 소형 및 저소비전력화와 관련한 많은 연구가 진행되어지고 있다[1~2].

현재까지 후막 EL 소자는 LCD의 후면 광원으로 사용되고 있으나, LCD 없이 자체적으로 정보를 표시할 수 있는 후막 EL 소자의 연구는 아직 미흡한 연구단계에 있다 [3]. 특히 후막 EL 소자의 구동회로 구성시 고전압에서 동작하는 특성이 중요하며[4~6],극성이 반전되는 고전압 AC 펄스를 인가하여야 연속적인 발광을 하고 그 인가전압이 어느 문턱전압에 도달하기 이전에는 발광하지 않다가 그 전압을 넘었을 때 발광이 되어야 한다. 또한 발광된 후 인가전압이 증가함에 따라 휘도가 비선형적으로 증가하는 특성과 AC 펄스의 주파수가 증가함에 따라서 휘도가 증가하는 특성에 관한 연구가 진행되고 있다 [7~8].

이와 같은 관점에서 본 연구는 후막 EL 소자의 기계적 유연성을 지니고, 정보를 표시 할 수 있는 7-segment 디스플레이 소자의 제작, 무접점 광릴레이를 사용한 구동회로와 인버터 회로를 각각 설계하였다. 본 소자 제작에 사용된 형광체는 ZnS:Cu를, 유전체는 $BaTiO_3$를 사용하였다. 형광층과 유전층의 형성은 스크린 프린팅으로 하였다. 전체 구성은 EL 표시부, 인버터 회로, 스위칭 회로, 제어회로로 구성된다. 제작된 소자의 특성실험은 발광 스펙트럼, 휘도 특성을 측정하고 평가하였다.

2. 실 험 방 법

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. 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 $BaTiO_3$ (Aldrich 99.9%)은 광학적으로 높은 반사특성을 갖으며, 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 200메쉬의 실크 스크린을 이용한 스크린 프린팅 방법을 사용하였다.

후막 EL 소자의 구동회로는 직류를 교류로 변환하는 DC-AC 인버터이다. 인버터의 원리는 다음과 같다. 그림 1과 그림 2에서, 시간 t_0에 스위치 S_1과 S_4를 온(On)하면 부하는 좌에서 우로 전류가 인가되어 전류가 흐른다. 이때 전류는 그림 2와 같이 증가하게 된다. 시간 t_1에서 S_1을 오프(Off) 하고 S_2를 온 하면 부하로 전류가 흐르지 않고, 유도성 부하에 의해 L-S_2-S_4의 루프에서 전류가 역류된다. 시간

* 正 會 員 : 圓光大 電氣電子情報工學部 博士課程
** 正 會 員 : 斗源 工科大學 電子科 敎授 · 工博
*** 終身會員 : 圓光大 電氣電子情報工學部 敎授 · 工博
接受日字 : 2000年 12月 20日
最終完了 : 2001年 4月 10日

t_2에서 S_4를 오프하고 S_2 와 S_3 를 온 하면 부하에는 우에서 좌로 전류가 흐른다. 인버터의 기본 기능은 직류 전압을 교류 전압으로 변환하는 것이며, 부하에 동작전압이 인가되면 적절한 전류가 흐른다.

시간 t_2에서 좌에서 우로 전류의 역류가 계속되는 경우 일단, 전류는 L-S_3-전원-S_2로 역류하는데, 직류전압에 의해 급속히 감소하여 우에서 좌로 전류가 반전한다. 시간 t_3에서 S_2를 오프하고 S_1을 온 하면 L-S_3-S_1으로 전류가 역류한다. t_4에서 S_3를 오프하고 S_4를 온 하면 부하에는 좌로부터 우로 전압이 인가되어 시간 t_0 와 동일한 상태로 이행한다. 따라서 이 경우에도 시간 t_4에서 아직 부하전류가 우에서 좌로 역류가 계속되는 경우에는, 일단 전류는 전원으로 역류하여 급속히 반전하게 된다. 따라서 시간 t_5에서 시간 t_1의 경우와 동일한 조작이 이루어지며 주기적으로 반복하여 동작하게 된다. 여기서 시간 t_2-t_3 와 시간 t_4-t_5를 동일한 시간 폭으로 하면 부하에는 교류전력이 공급되며, 시간 t_1-t_5의 시간 폭에 의해 주파수가 결정되고, 시간 t_2-t_3 및 시간 t_4-t_5의 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 무접점 광 릴레이(Nais, AQW214)를 사용하였다. AQW214의 부하 전압 및 전류는 400V, 0.1A이며, 양방향 부하 특성을 가진다. 이와 같은 무접점 광 릴레이의 사용은 고속의 스위칭이 가능케 하고, 고전압의 동작 전압으로부터 제어회로 등을 보호할 수 있다.

제어회로는 그림 4와 같이 제어용 마이크로 프로세서(MICROCHIP, PIC16C74A PIC 16C64A) 2개를 병렬로 접속하여 이용하였다.

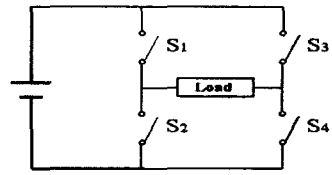

그림 1. 인버터의 기본구조
Fig. 1. The basic structure of inverter

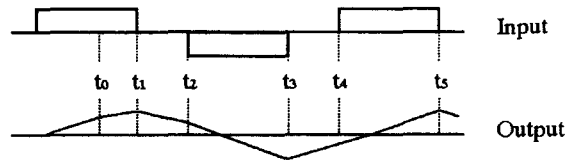

그림 2. 인버터의 기본 동작 신호
Fig. 2. The basic operation signal of inverter

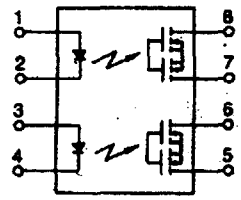

그림 3. 무접점 광 릴레이(Nais, AQW214)
Fig. 3. Non-contact optic relay (Nais, AQW214)

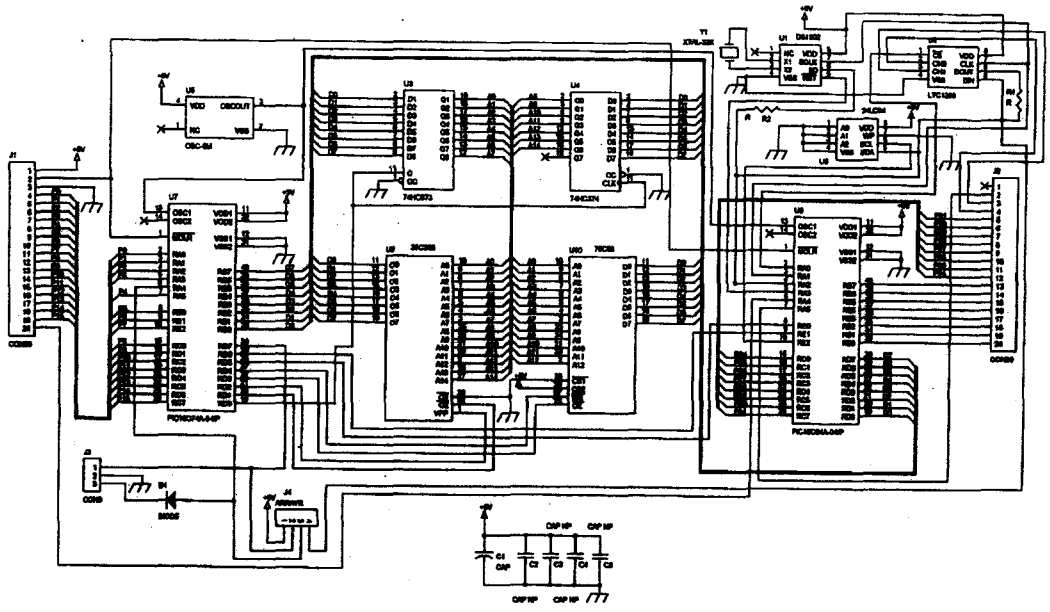

그림 4. 제어회로(PIC16C64A, PIC16C74A)
Fig. 4. Control circuit (PIC16C64A, PIC16C74A)

3. 결 과

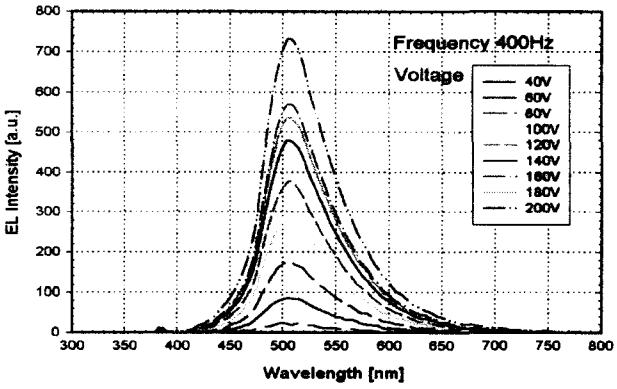

그림 5. 인가 전압 변화에 따른 발광 스펙트럼
Fig. 5. The emission spectrum with variation of applied voltage

그림 5는 제작된 소자에 주파수를 400Hz로 고정하고, 인가전압을 40~200 V로 변화시키면서 측정한 발광 스펙트럼이다. 측정된 스펙트럼에서 peak값이 500.5nm에서 존재하였으며 이것은 형광체의 발광중심인 Cu의 에너지 준위가 녹색 발광 준위임을 알 수 있다. 전압을 증가시킴에 따라 형광체 입자가 갖는 전계 에너지의 증가 즉, 표면 전계밀도가 크게 유기 되기 때문에 스펙트럼 강도가 증가하였다.

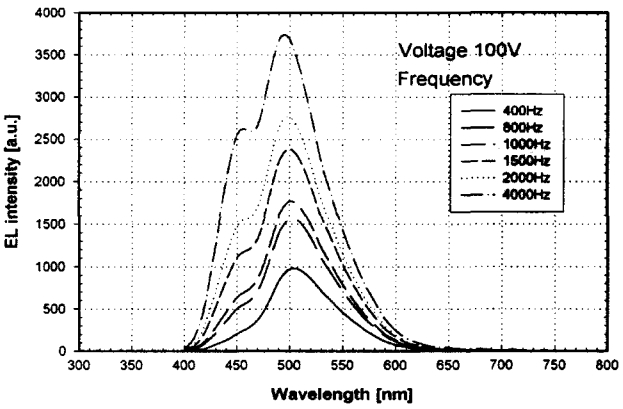

그림 6. 인가 주파수 변화에 따른 발광 스펙트럼
Fig. 6. The emission spectrum with variation of applied frequency

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 발광중심 Cu의 피크가 500.5nm와 460nm에 존재한다. 특히 주파수가 증가됨에 따라서 Cu 주위의 결정 불안정이 정현화 되면서, Cu의 발광준위가 500.5nm와 460nm에서 490nm와 450nm로 천이되고, 460nm의 발광준위가 2kHz에서 여기 또는 이온화 및 바닥상태로의 전이 확률이 증가한 것으로 사료된다.

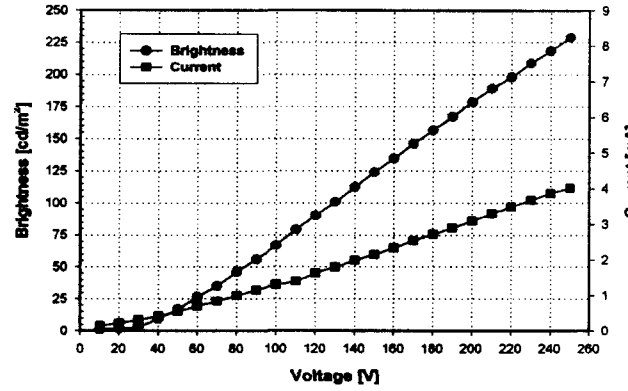

그림 7. 인가 전압 변화에 따른 휘도와 전류특성
Fig. 7. The brightness and current properties with variation of applied voltage

그림 8. 후막 EL 소자를 이용한 정보 표시형 flexible 디스플레이
Fig. 8. The flexible information display using powder EL device

그림 7은 소자에 인가 주파수를 400Hz로 고정하고, 인가전압을 변화시켰을 때 발광 휘도와 전류를 측정한 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'(1.31㎃), 178.7cd/m'(3.10㎃)이었다. 그림 8

은 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.

4. 결 론

본 연구는 LCD의 후면 광원으로 사용되는 후막 EL 소자를 후면 광원의 기능이 아닌 자체적으로 정보를 표시할 수 있는 디스플레이 소자와 구동회로를 제작을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 제작 공정은 스크린 프린팅을 이용하여 투명한 전극과 배면 전극 사이에 화소의 형태로 형광층과 절연층을 차례대로 적층한 정보 표시형 후막 EL 소자를 제작할 수 있었다.
2) 후막 EL 소자를 이용하여 기계적으로 유연성을 갖으며, 자체적으로 정보를 표시할 수 있는 7-segment를 제작하였다.
3) 구동회로는 인버터 회로, 스위칭 회로, 제어회로의 3가지로 구분하여 제작하였으며, 제어회로는 MICROCHIP의 PIC16C74 A와 PIC 16C64A를 병렬로 접속하여 이용하였다.
4) 전원부는 DC 9V 입력을 AC 100V, 1.6kHz 출력으로 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 2mW 이하의 저소비전력이며, 제작 공정과 소자 구조가 간단하고, 기계적 특성이 유연한(flexible) 박형의 평판 디스플레이 소자 형태를 제작할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 두뇌 한국 21 사업과 2001년 원광대학교 교내 연구비에 의해 지원되었습니다.

참 고 문 헌

[1] Kobayashi Hiroshi, "Recent progress and problems in high field electroluminescence of inorganic materials", Proceeding of SPIE Vol. 1910, pp. 15-30, 1993
[2] D. Boshman, "Display Engineering; Conditioning, Technologies, Applications", Elsevier Science Publishing Company, Inc., pp.219~221, 1989
[3] 이종찬, 박대희, "고휘도 후막 전계발광소자를 이용한 Dot-Matrix Display에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1255~1257, 1998
[4] H. Ohnishi, R. Iwase, Y. Yamasaki: SID 88 Digest, 16.3, pp.289~292, 1988
[5] C. N. King, R.E.Coovert, W.A.Barrow: Proc. Eurodisplay '87, B.77, pp.14~17, 1987
[6] 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
[7] 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
[8] 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

저 자 소 개

이 종 찬 (李 鐘 燦)

1972년 8월 13일 생. 1997년 원광대 전자공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전자재료공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정.
E-mail : chaos@gaebyok.wonkwang.ac.kr

김 현 후 (金 賢 垕)

1959년 3월 11일 생. 1982년 단국대 전기공학과 졸업. 1984년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 미국 Louisiana 주립대 전기공학과 공학석사. 1994년 New Jersey Institute of Technology 전기공학과 (공박). 현재 두원 공과대학 전자과 교수.
Tel : 031-670-7172
E-mail : hhkim@doowon.ac.kr

박 대 희 (朴 大 熙)

1954년 11월 10일 생. 1979년 한양대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기자공학과 졸업(석사). 1989년 일본 오사카대학교 대학원 졸업(공박). 1979년~1991년 LG 전선 연구소 선임연구원. 1999년~2000년 미국 미시시피 주립대. 교환교수. 현재 원광대 전기전자 및 정보공학부 부교수
Tel : 063-850-6349, Fax : 063-857-6890
E-mail : parkdh@wonkwang.ac.kr