

초절전형 평판 비상등 시스템의 개발

(Development of a Power Saved Flat EXIT Lamp System)

정종혁* 강상욱* 조영창* 최병진* 윤정오* 홍영호** 오주환***

Jong-Hyeog Jeong, Sang-Wook Kang, Young-Chang Cho,

Byung-Jin Choi, Jeong-Oh Yoon, Young-Ho Hong, Ju-Hwan Oh

* 경운대학교 정보통신공학과

** 경운대학교 전자공학과

*** 경운대학교 컴퓨터공학과

요약 기존의 비상구 표시등은 20-30[W] 정도의 많은 전력 소모와 2천시간 정도의 짧은 램프 수명 등으로 인해 전기에너지의 소모가 많으며, 부피가 커 시공 및 설치가 어렵다. 따라서, 본 논문에서는 도광판을 사용한 비상등의 개발에 관하여 연구하기 위하여 가시광선 투과율이 94%이상으로 높고 가공이 용이한 투명 PMMA(Poly Methyl Meth Acrylate)판에 광반사면을 광학적 시뮬레이션에 의해 설계된 V자형 홈선을 가공하여 비상등의 도광판(導光板)으로 사용한다. 이 구조는 기존의 비상등에 비해 광이용 효율이 높고, 설계의 자유도가 높아질 것으로 기대된다. 또한, CCFT(Cold Cathode Fluorecent Tube) 램프, 광확산필름, 프리즘필름, 몰드프레임 등을 이용하여 광이용 효율을 극대화하는 구조를 고안하고, 인버터 구동을 위한 주변회로 시스템을 개발하여 초절전형 평판 비상등 시스템의 양산 기술을 확보함을 목적으로 한다. 이로부터 휘도 $2000\text{cd}/\text{m}^2$, 휘도균일도 90%이상의 특성과 기존의 비상등 대비 전기 에너지 50%이상이 절감 가능한 비상등이 개발될 수 있다.

1. 서론

대형 빌딩이나 공공건물 내부에 사용중인 비상구는 형광등을 사용하고 있으며, 이것은 보통 20~30[W] 정도의 많은 전력소모와 2,000시간 정도의 짧은 램프수명 등으로 인해 전기에너지의 소비가 많으며, 관리유지가 어렵고, 부피가 커 시공이 어렵고 설치가 곤란하다. 그렇지만, 현재 정보디스플레이분야에서 각광을 받고있는 평면조명은 자동차나 비행기 등의 계기판, 장비나 계측기의 표시부, 액정TV, 이동통신용 단말기 등 산업분야 및 민간부문을 망라하여 모든 기기들의 디스플레이

플레이용에 널리 사용되고 있다. 본 연구에 사용하는 냉음극 형광관(CCFT)은 직경 2mm 정도로 초세관이며, 수명은 20,000시간 정도로 길고, 가격이 저렴하며 전기에너지를 크게 절약할 수 있다. 최근에는 LCD 배면조명용으로 이를 부착한 도광판 백라이트가 널리 사용되고 있다. 도광판을 이용한 배면 조명은 광학적 설계기술과 전자적 설계기술의 복합체로 도광판의 구조와 표면처리 상태에 따라 휘도 및 휘도 분포특성이 크게 달라지며, 재질에 따라서도 그 특성이 달라진다.

따라서, 본 연구에서는 냉음극 형광관

(CCFT), 광확산필름, 프리즘필름, 몰드프레임 등을 이용하여 광이용 효율을 극대화하는 구조를 고안하고, 인버터 구동을 위한 주변회로 시스템을 개발하여 초절전형 평판 비상등 시스템의 양산 기술을 확보함을 목적으로 한다. 이로부터 휘도 2000cd/m², 휘도균일도 90%이상의 특성과 기존의 비상등 대비 전기 에너지 50%이상 절감 가능한 비상등이 개발될 수 있다. 결과적으로 국가적 중요시책 사업의 일환인 에너지 절약 사업에 부응하는 제품 개발로 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

2. 시스템의 구성

본 연구에서 개발하고 있는 초절전형 평판 비상등 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 상용전원을 직류로 변환하는 정류기, 직류를 소용규격의 교류로 변환하는 인버터, 정전시 에너지 공급을 위한 축전지, 냉음극 형광관(CCFT)으로 구성된다.

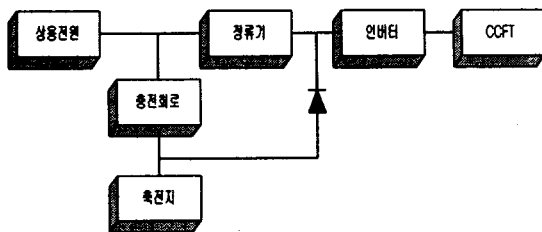


그림 1. 초절전형 평판 비상등시스템 구성도

상용전원이 정상적으로 공급될 때는 정류기 회로를 통하여 DC를 인버터에 공급하고, 정류기를 이용하여 축전지를 충전시킨다. 정전시에는 축전지로부터 에너지를 공급받아

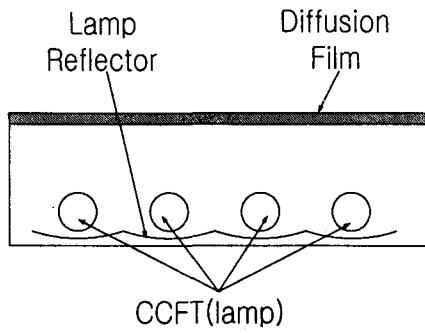
인버터부에서 냉음극 형광관(CCFT)을 구동시키기 위한 교류를 출력한다. 유지보수와 경제적인 측면을 고려하여 평상시에는 상용전원을 사용하는 경우가 일반적이며, 축전지부는 정전시나 상용전원이 불안정한 경우에 사용한다.

인버터는 냉음극 형광관(CCFT)의 구동전압이 수십 kV이므로 트랜스의 부피가 매우 크게되는 문제가 있었으나, 최근에는 페라이트 코어 형태로 개선하여 박형설계가 가능하도록 되었다. 광원으로 사용되는 CCFT의 환경은 2mm이하로 초세관화 되어가고 있으며, 모양도 일반적인 직선형과 U자형 등의 다양한 형태가 개발되고 있다. 발광가능한 램프의 길이는 400mm 정도이고, 소비전력과 소비전력과 면휘도는 각각 2~5W, 20,000 ~ 40,000cd/m²인 제품이 개발되고 있다.

3. 도광판의 종류와 구조

3.1 도광판의 종류

도광판을 이용한 디스플레이부의 형태로는 형광램프의 위치에 따라 직하형과 에지(edge)형으로 나눌 수 있으며, 각각을 그림 2에 나타내었다. 직하형은 평판 도광판 아래 3~4개의 형광램프를 설치하고, 도광판 윗면에 확산 필름을 설치한 것이다. 에지형은 도광판의 측면에 형광램프를 배치한 것이다. 직하형 구조는 램프가 도광판 아래에 부착되어 있으므로, 디스플레이부의 두께가 두꺼워지며, 램프의 바로 윗부분의 휘도가 더 높아 화면 전체의 균일한 휘도분포를 얻을 수 없는 단점 때문에 최근에는 잘 사용되지 않는다.



(a) 직하형 백라이트의 구조

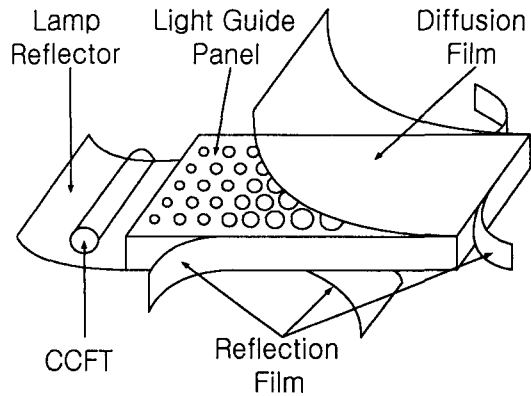
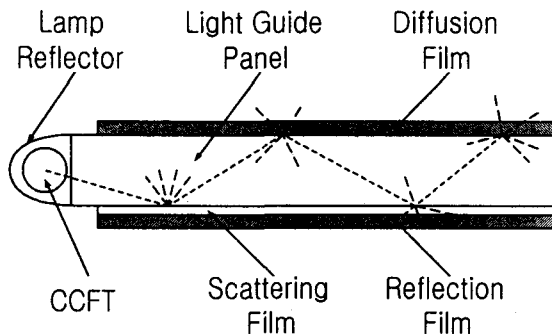


그림 3. 스크린 인쇄형 백라이트의 구조



(b) 에지형 백라이트의 구조

그림 2. 백라이트의 구조

반면에 에지형 구조는 디스플레이부를 박형으로 할 수 있는 장점을 가지지만, 광이 도광판의 측면을 통해 입사되므로, 직하형에 비하여 휘도가 낮고 균일한 휘도분포를 얻을 수 없었다. 그래서, 그림 3과 같이 도광판의 밑면에 광반사 패턴을 도트형태로 스크린 인쇄하는 방법이 나타났다.

이 방식은 도광판을 가공할 필요는 없으나 광원으로부터 멀어지는 거리에 따라 인쇄된 부분에서 발생하는 광반사량의 변화를 휘도의 균일성과 정합하는 것이 문제이다. 즉, 도광판 길이의 변화에 따른 인쇄패턴의 설계가 관건이므로, 다양한 사이즈의 제품을 양산하는 데는 문제가 된다. 또한, 인쇄패턴은 경시 효과에 의해 퇴색되거나 박리되는 등의 변질 우려가 있으므로 시간 경과에 따라 급속히

광반사 효율이 떨어지는 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 양산성을 높이기 위해 평판 도광판의 밑면을 V형 구조로 홈을 파는 간단한 방법을 사용하고, 입사광을 표시부로 굴절시켜 높은 휘도와 고른 휘도분포를 갖는 에지 방식의 도광판을 개발하고자 한다.

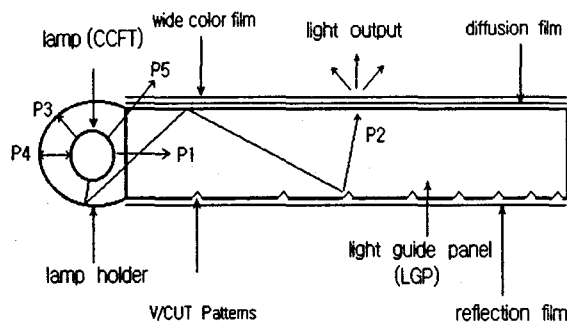
또한, 기존의 에지형 도광판 구조에서 발생하는 문제점인 낮은 휘도와 불균일한 휘도분포를 개선하기 위해, 광반사면 가공설계가 용이하도록 컴퓨터 시뮬레이션 방법을 개발하여, 종래의 문제점을 해결하고자 하였다.

3.2 제안된 도광판의 구조

도광판은 광 투과율이 높은 투명 아크릴수지를 사용하여 평판 또는 쉘기형상으로 기계가공이나 사출성형 등의 방법으로 제작하여 배면에 광반사 패턴을 백색안료로 스크린 도트 인쇄하거나, 난반사막의 패턴을 형성하여 램프에서 발광된 빛을 도광판 표면 표시부로 균일하게 출사되도록 하는 역할을 한다. 본 연구에서는 도광판의 재료로 가시광선 투과율이 94%이상으로 높고 가공이 용이한 투명

PMMA(poly-meth-methyl-meth-acrylate)를 사용하였다. 이 PMMA 도광판 배면에 도트 스크린 인쇄가 아닌 V/CUT형 홈선을 시물레이션을 통해 가공하여 빛의 출사분포를 균일하게 하였다.

이러한 구조는 도트 스크린 인쇄 방식에 비해 15%이상의 휘도 향상이 기대되고 설계의 자유도가 훨씬 높아질 것으로 생각된다.



- P_0 : total output light power from lamp
- P_1 : input light power directly entered into LGP from lamp
- P_2 : input light power entered into LGP, a part of reflected light at lamp holder
- P_3 : light power absorbed into lamp holder
- P_4 : light power absorbed into lamp, a part of reflected light at lamp holder
- P_5 : light power not entered into LGP, a part of total output power from lamp
- P_{out} : total output light power from backlight surface

그림 4. 제안된 도광판의 구조

그림 4는 본 연구에서 제안된 도광판 유니트의 구조를 나타낸 것이다. 램프와 인버터 유니트는 전기적인 에너지를 광학적인 에너지로 변환하여 도광판으로 입사되는 광을 발

생시키기 위한 것으로 직경 2.6mm인 냉음극 형광관(CCFT)을 사용하였으며, 인버터는 출력전압과 주파수가 각각 600V와 40KHz정도이다. 광반사패턴으로 V/CUT패턴을 광학적 시물레이션을 통해 가공하고 광반사필름 및 광확산필름을 부착하였다. 도광판 유니트의 한쪽 측면에 광원을 설치하여 광원으로부터 발생된 광을 도광판내로 입사시키고 입사된 광을 설계된 V/CUT 광반사면에 반사되어 비상등 표시부 면으로 광을 균일하게 출사시키도록 하는 구조이다.

이 구조는 전반사를 이용하므로 난반사량을 줄이고 비상등 표시부로 방출되는 광이용효율을 높인 구조이다.

여기서 광이용효율의 분석을 위해 위 그림 4로부터 램프로부터 발생된 총광량을 P_0 , 도광판 내로 직접 입사된 광량을 P_1 , 램프홀더(램프케이스)에 반사된 후 입사되는 광량을 P_2 , 램프홀더 내로 흡수되는 광량을 P_3 , 램프홀더에 반사된 후 다시 램프 내로 흡수되는 광량을 P_4 , 도광판 내로 임계각도 이상으로 입사되어 표시부로 방출되지 못하는 광량을 P_5 , 백라이트 표시부로 방출되는 광량을 P_{out} 라 하면 광이용효율(η)은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_0} \quad (1)$$

3.3 도광판의 광학적 시물레이션

도광판은 그 두께와 길이 및 폭에 따라 서로 다른 가공면을 가진다. 또한 실제 가공시에는 절단기의 압력을 미세 조정하므로써

V-cutting된 선의 깊이를 조절할 수 있어야 한다. 따라서, 시뮬레이션을 위하여 입력되어야 하는 파라미터는 도광판의 두께, 도광판의 길이, 도광판의 폭 및 절단기의 압력 등이 있다.

시뮬레이션 틀은 위와 같은 입력 파라미터들을 이용하여 시뮬레이션된 결과를 화면에 표현하고, 그 데이터를 이용하여 도광판을 가공할 수 있도록 구현하였다.

간격분포곡선 창에 시뮬레이션 결과가 표시된다. 그래프의 세로 축은 절단선 간의 간격을 나타내며, 가로 축은 광원으로부터의 거리를 나타낸다. 또한 가공을 위한 실제 데이터는 이 그래프로부터 추출되어 화면 하단에 표시된다. 실험된 데이터는 파일로 저장할 수 있으며, 저장되는 데이터 파일의 형식은 *.sdf 의 확장자를 가진다.

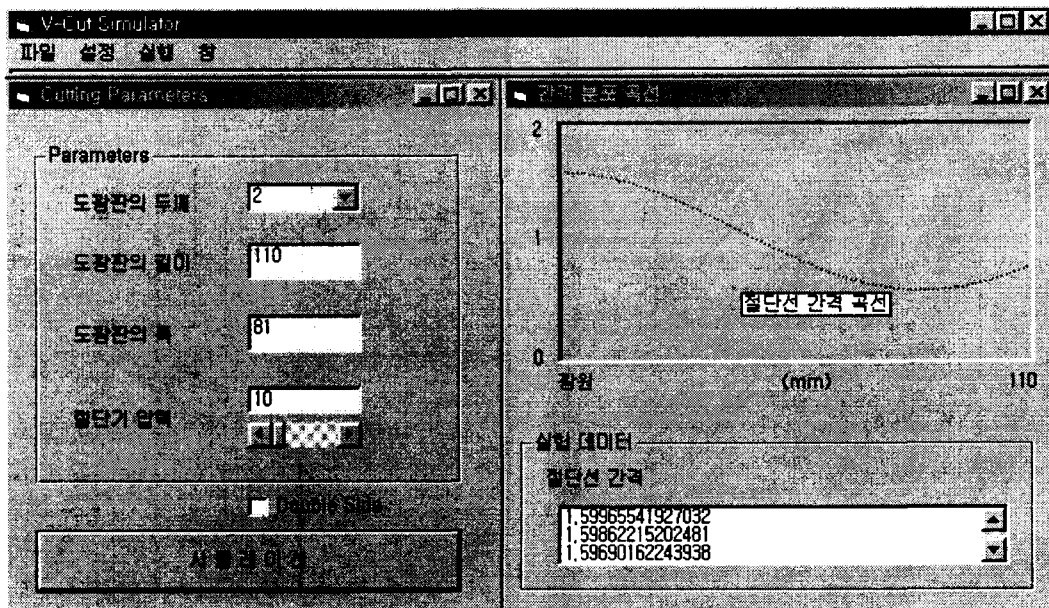


그림 5. 시뮬레이션 틀의 실행화면

그림 5는 시뮬레이션 틀의 실행 실행화면을 나타낸 것이다. 시뮬레이션을 위하여 먼저 Cutting parameter 창을 이용하여 parameter를 결정한다. Cutting parameter 창의 콤보박스를 이용하여 도광판의 두께를 결정하고, 도광판의 길이와 폭을 결정한 후, 수평 스크롤 바를 이용하여 절단기 압력을 설정하면 파라미터의 입력이 끝난다. 하단의 “시뮬레이션” 버튼으로 시뮬레이션이 시작되고, 오른쪽의

4. 주변회로

본 연구에서는 초절전 비상등 시스템의 구동을 위하여 충전기로 정전압/정전류 모드의 충전기를 사용하고자 하였다. 이와 같은 모드의 충전기 특징은 정전압과 정전류를 동시에 제어할 수 있는 정전압/정전류 전원을 몸체로 하여, 충전에 따른 전지의 단자전압과 초기 연결시 정전압 상태에서 흐르는 전류로

써, 충전방식을 전환하는 방식을 사용하고있다. 충전기에서 전지를 제거한 상태에서는 스스로 정전압을 유지하고 있다가, 전지를 연결하는 순간에 그 정전압하에서, 전지로 유입되는(충전되는) 전류가 약 10시간 충전율의 전류(예로 500mAh의 전지일 경우 50mA)이상일 때는, 전지의 소모가 있었던 것으로 간주하고, 정전류 충전모드로 전환되어, 급속충전을 행하게 되며, 이 전류에 의해

분충전을 하게 된다.

그림 6은 충전기의 회로도를 나타낸 것이다. 본 회로의 주 구성은 전원부, 정전압/정전류 제어부, 충전모드 감시 및 전환부, 인디케이터부로 구분할 수 있는데, 회로도를 기능별로 명확히 구분 짓기가 어려워, 전체회로도를 참고로 각부분의 동작을 설명하기로 한다. 전원부는 전지의 개수에 상응하는 전원을 공급하기 위한 트랜스와 충전 주전원회

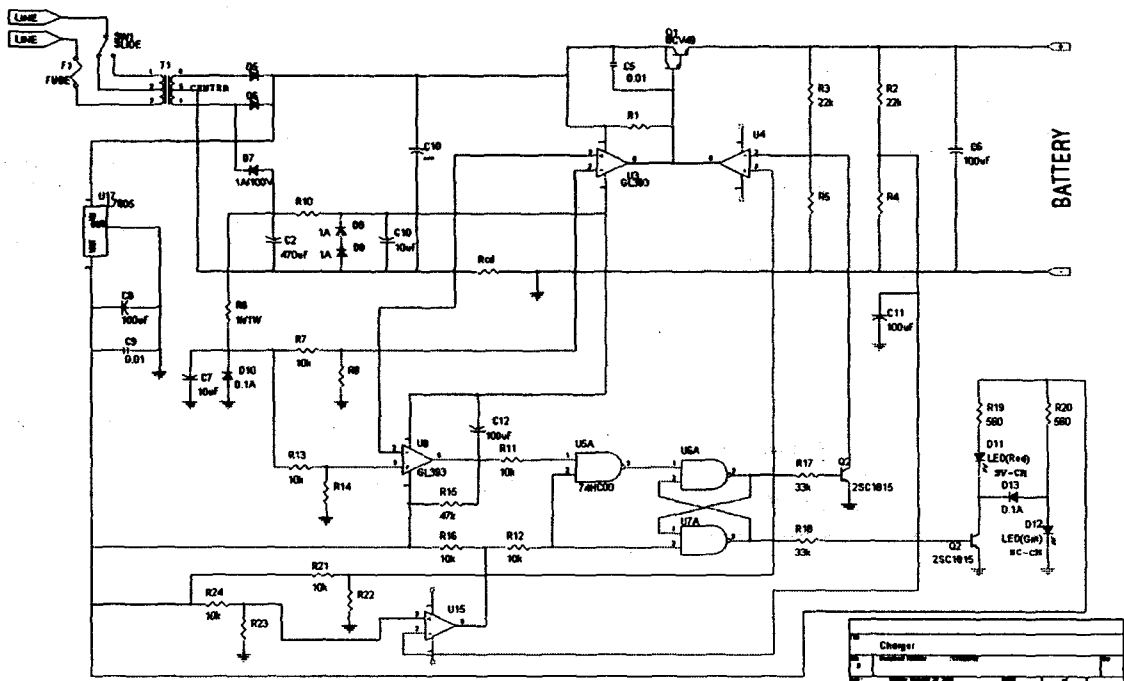


그림 6. 충전기 회로도

충전을 계속하다가 전지의 충전완료전압에 달하게 되면 정전압으로 전환하여 상시충전을 행하게 되는 방식이다. 정전류 충전 후 정전압으로 전환되었을 때는 그 정전압 하에서는 10시간 충전율의 전류 이하로 되므로 정전류모드로 바뀌지 않고 정전압상태에서 유지하게 되며, 이 정전압은 전지를 계속 충전기에 연결해두어도 되는 수준의 값으로 여

로, 정전압 기준전압 및 논리회로의 전원을 위한 5볼트 레귤레이터, 연산증폭기의 Vee 및 정전류 기준전압을 위한 부전원(負電源)으로 구성되어 있다.

트랜스의 주전원은 센터 탭이 있는 양전원 탭을 사용하고 있으며, 센터 탭을 중심으로 각각의 교류출력 전압은 충전하고자 하는 전지의 개수로 정해진다. 교류를 정류한 다음

평활하면 1.4배의 최고 전압이 나타나지만, 전류를 충분히 흘리기 위해서는 교류전압은 전지의 전압과 같은 수준이나 그보다 1볼트 정도는 높은 것이 좋다. .

정전압/정전류 제어부는 기본적으로 제어 전원회로와 같은 구조를 이루고 있으며, 단지 그 제어의 방향이 본 충전기의 목적에 상응되도록 되어 있다. 연산증폭기의 좌측부가 전류제어를 처리하며, 우측부가 전압제어를 처리한다. 충전모드 전환부는 74HC00을 이용한 우선권 입력을 갖는 R-S플립플롭 회로로 구성했다. 표시는 현재의 충전 진행상태를 알 수 있도록 하기 위해, 발광다이오드를 사용하여 정전류 충전(급속충전)상태인지 아니면 정전압 충전(크리클충전:충전완료)인지를 표시하도록 하였다. 정전류 충전 상태에서는 녹색이, 대기상태(혹은 완료)에서는 적색이 점등하도록 되어 있는데, 두 가지 상태만으로 충분하므로 하나의 출력만 받아서 구동하고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 CCFT를 이용한 초절전형 평판 비상등의 개발을 위한 인버터 구동회로와 주변 회로를 제작하고, 양산성을 높이기 위해 PMMA 평판 도광판의 밑면을 V형 구조로 홈을 파는 간단한 방법을 사용하였다. 또한, 광반사면 가공설계가 용이하도록 컴퓨터 시뮬레이션 방법을 개발하여, 기존의 에지형 도광판 구조에서 발생하는 문제점인 낮은 휘도와 불균일한 휘도분포를 개선하기 위한 방법을 제시하였다.

현재 평면디스플레이 분야는 자동차나 비행기 등의 계기판, 장비나 계측기의 표시부, 액정TV, 이동통신용 단말기 등 산업분야 및 민간부문을 망라하여 모든 기기들의 디스플레이용에 널리 사용되고 있는 바, 본 연구에서 축적된 기술은 에지형 도광판의 문제점을 해결하고, 대량 생산에 반드시 필요한 기술이라고 할 수 있다.

또한 국가적 중요시책 사업의 일환인 에너지절약 사업에 부응하는 초절전형 평판 비상등 개발로 에너지 절감 효과가 기대된다.

참고문헌

- [1] Akhelsh Lakhtakia, Vasundara V. Varadan, and Vijay K. Varadan, "Nonrivial gr-ating that possesses only specular characteristics : normal incidence," J. Opt. Soc. Am. A. Vol. 3, No. 11, pp. 1788-1793, 1986.
- [2] P. G. Suchoski, Jr., and V. Ramaswamy, "Exact numerical technique for the analysis of step discontinuities and tapers in optical dielectric waveguides", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 3, No. 2, pp. 194-203, 1986.
- [3] M. G. Moharam, and T. K. Gaylord, "Rigorous coupled-wave analysis of metallic surface-relief gratings", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 3, No. 11, pp. 1780-1787, 1986.
- [4] Lyuben B. Mashev, Eugene K. Popov, and Erwin G. Loewen, "Total absorption of light by a sinusoidal grating near grazing incidence", APPLIED OPTICS, vol. 27 No. 1, pp. 152-154, 1988.

- [5] Oded kafri, Eliezer Keren, and Kathi M. Kreske, "Direct determination of strain with diffraction - limit accuracy by moire deflectometry." OPTICS LETTERS, vol. 14, No. 4, pp. 193-195, 1989.
- [6] Xue-heng Zheng, "Understanding radiation from dielectric tapers", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 6, No. 2, pp. 190-201, 1989.
- [7] M. Saillard, and D. Maystre, "Scattering from Metallic and dielectric rough surface", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 7, No. 6, pp. 982-990, 1990.
- [8] E. Popov, L. Tsonev, E. loewen, and E. Alipieva, "Spectral Behavior of anomalies in deep metallic gratings", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 7, No. 9, pp. 1730-1735, 1990.
- [9] C. Pask, and D. Bertilone, "Evidence for a new optical element in insect visual systems", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 6, No. 1, pp. 139-141, 1990.
- [10] Susan J. Walker, and Jurgen Jahns, "Array generation with multilevel phase gratings", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 7, No. 8, pp. 1509-1513, 1990.
- [11] N. Mayani, F. Vanier, and G. Rasigni, "Experimental study of the relationships between the near-normal reflectance, the optical constants, and the roughness of thin silver film", J. Opt. Soc. Am. A, vol. 7, No. 2, pp. 191-195, 1990.
- [12] 노봉규외 17, "LCD ENGINEERING", 성안당, 2000.