

고휘도 BLU 구현을 위한 도광판 패턴 설계 및 특성 평가

Design and Fabrication of Pattern Structures of the Light Guide Plate for Enhanced Brightness of Backlight Unit

배창환* · 허경찬** · 전철규*** · 류봉조§ · 구경원†

(Chang-Hwan Bae · Kyung Chan Heo · Chul Gyu Jhun · Bong Jo Rvu · Kyung Wan Koo)

Abstract - To improve the optical performance of the backlight unit with light guide plate(LGP), we investigated the effects of LGP patterns on the brightness and viewing angles properties of the backlight unit. We designed several patterns of LGP and calculated their optical properties by the optical simulation. The results reveal that the highest brightness and wide viewing angle was achieved with the extended-closed-polygon diffusion pattern and upper triangle prism pattern of the LGP.

Key Words : Liquid crystal display, Backlight unit, Light guide plate, Enhanced brightness, Diffusion pattern

1. 서론

액정 디스플레이는 경량화, 박형화 등의 장점을 갖고 있어 휴대폰, 디지털 카메라, 노트북, 모니터, 대형 TV 등의 중소형 디스플레이 분야에 널리 이용되고 있다. 정보통신의 고기술화로 인하여 LCD의 저소비전력, 시야각 개선, 고휘도 구현, 박형화, 경량화 등이 중요한 기술로 요구되고 있다. 이러한 휴대용과 개인정보디스플레이 단말기의 시장요구 충족을 위해 고기능성 백라이트 유닛(BLU) 도광판 개발 연구가 활발히 이루어지고 있다[1-5]. 특히, 도광판은 휴대용 액정 디스플레이로 현재 가장 많이 이용되는 디스플레이 소자에 필요한 백라이트 유닛의 한 핵심 소자로서 BLU의 광원을 화면 전체에 균일하게 휘도를 전달하는 부품이다. 현재, 백라이트 광원으로는 전력소모, 환경문제, 사용수명 등의 이유로 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)를 주로 사용되고 있다. 하지만, LED와 같은 램프는 점광원이기 때문에 CCFL(cold cathode fluorescent lamp, 냉음극관)를 이용하는 기존 BLU 도광판의 패턴형태로는 휘점(bright spots), 휘선, 씨치, 암부 등이 발생하게 되어 균일한 휘도를 얻기 어렵다[3-10]. 이

러한 문제점을 해결하기 위한 BLU의 새로운 광학적 구조에 대한 설계 및 제작이 요구된다. 최근 많이 사용되는 휴대용 액정디스플레이는 초소형화 및 저소비전력화 추세로, 여러 기능을 갖는 BLU도광판 개발이 필요하다.

본 연구에서는 BLU의 시야각 및 휘도균일도 개선을 위하여 확산시트 박막이 코팅된 다양한 형태의 도광판의 패턴을 설계 및 제작하여, 패턴 형상에 따른 BLU의 광학적 특성을 평가하였다.

2. 도광판의 패턴 설계 및 시뮬레이션 결과

BLU에서 도광판의 역할은 도광판 내의 빛을 도광판 상면 위로 진행하게 하여 휘도를 증가시키고, 도광판의 상면에서 나오는 빛의 균일도를 향상시키는 기능을 한다. 본 연구에서 다양한 형태의 도광판 패턴구조를 설계하고, 그 설계된 패턴 구조 위에 확산시트를 코팅하여 광학적 특성을 평가하였다.

2.1 적층된 확산박막 도광판의 패턴 설계

본 연구에서 제안한 박막 적층 도광판의 단면구조는 그림 1과 같다. 도광판 자체에 다양한 패턴을 제작하여 빛의 휘도를 증가시키고, 확산시트 기능을 가진 확산박막을 코팅하여 하부면의 다양한 패턴에 따른 휘선 및 암부 특성을 조사하였다.

일반적으로, BLU 도광판의 휘도특성을 향상시키기 위한 방식으로 실크 스크린 인쇄기술이나 레이저 가공을 이용하여 도광판 하부면에 원형의 반사도트를 형성하는 방식이 주로 이용되고 있지만, 이러한 방식은 특정 방사각(20°)에 많이 빛이 방출될 뿐만 아니라, 실크 스크린 인쇄기술을 사용하는 경우에는 반사도트와 도광판의 다른 재질로 인해 패턴에서 광흡수 및 반사로 인해 광효율이 작아지는 문제점을 갖고 있다.

† Corresponding Author : Dept. of Defense Science Technology, Hoseo University, Korea

E-mail:alarmkoo@hoseo.edu

* Dept. of Information and Communication Engineering, Hoseo University, Korea

** Dept. of Digital Display Engineering, Hoseo University, Korea

*** Dept. of Green Energy & Semiconductor Engineering, Hoseo University, Korea

§ Dept. of Mechanical Engineering, Hanbat University, Korea

Received : December 30, 2014; Accepted : January 27, 2015

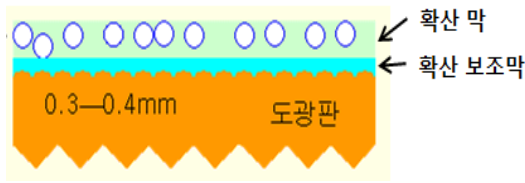


그림 1 도광판의 단면 구조

Fig. 1 Structure of the proposed light guide plate

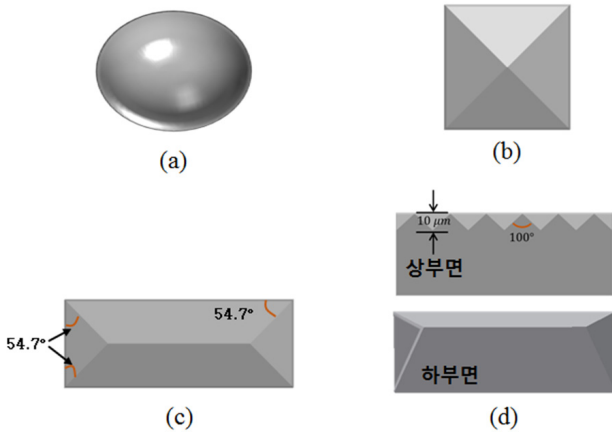


그림 2 설계한 도광판의 패턴 구조: (a) 반타원형, (b) 피라미드형, (c) 하부면의 대칭형과 (d) 상부 프리즘패턴 및 하부면의 비대칭형 Extrude-closed-polygon 확산 패턴 구조

Fig. 2 Structure proposed of various patterns designed on light guide plate: (a) half oval prism pattern, (b) pyramid prism pattern, (c) symmetric, and (d) upper and under asymmetric Extrude-closed-polygon pattern

본 연구에서는 기존의 이러한 문제점을 개선하고자 빛의 균일도 개선 및 휘도를 향상시키고자 도광판 자체에 직접 패턴을 설계 및 제작하여 도광판의 광학적 특성을 평가하였다. 여기서, 도광판에 제작이 용이하고 화면화소크기를 고려하여, 그림 2에 보인 간단 패턴을 설계하였다. 그림 2는 기존 백라이트 유닛의 도광판의 휘도 및 시야각특성을 개선시키고자 본 연구에서 제안한 도광판의 4가지 유형 패턴구조를 나타낸다. 그림 2(a)에 보인 것처럼, 이 패턴은 도광판 자체의 하부에 반타원형으로 설계한 단면모양이다. 반타원형 패턴구조의 파라미터는 직경 $35\ \mu\text{m}$, 깊이 $9\ \mu\text{m}$ 이다. 그림 2(b)는 피라미드 패턴 구조로 설계한 것으로, 패턴의 파라미터는 가로 $40\ \mu\text{m}$, 세로 $40\ \mu\text{m}$, 깊이 $20\ \mu\text{m}$ 이다. 또한, 세번째로 도광판 하부를 대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴으로 설계한 것을 그림 2(c)에 나타내었다. 이 대칭형 Extrude-closed-polygon 방사 패턴의 파라미터는 가로 $70\ \mu\text{m}$, 세로 $22\ \mu\text{m}$, 깊이 $20\ \mu\text{m}$, 방사각 54.7° 이다. 마지막으로, 도광판 하부를 비대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴 및 상부면을 삼각형 프리즘 패턴으로 설계한 단면을 그림 2(d)에 나타내었다. 도광판 하부면의 패턴 파라미터는 가로 $70\ \mu\text{m}$, 세로 22

μm , 깊이 $20\ \mu\text{m}$, 방사각 45° 로 제작하였고, 상부 삼각형 프리즘 패턴의 꼭지각은 100° 이고 깊이는 $10\ \mu\text{m}$ 로 형성하였다. 제안한 BLU 도광판의 패턴은 SPEOS 광학수치 시뮬레이터 (OPTS Co.)를 이용하여 설계하였다.

2.2 도광판의 패턴구조에 따른 시뮬레이션 결과

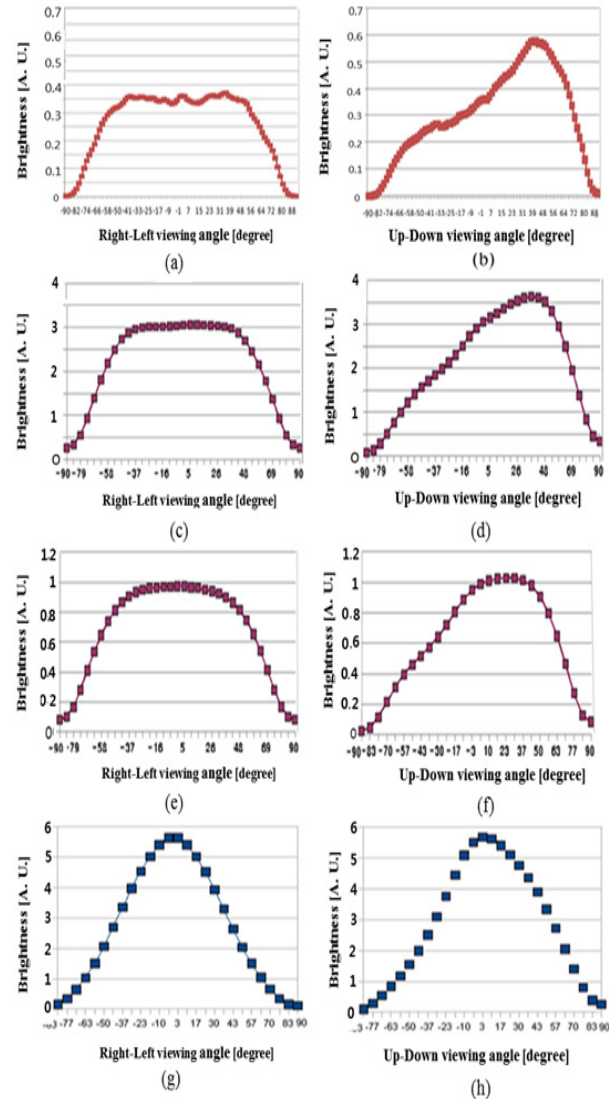


그림 3 도광판 패턴 형상에 대한 좌우 및 상하 시야각 휘도 특성 : (a)와 (b)는 반타원형, (c)와 (d)는 피라미드형, (e)와 (f)는 하부면의 대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴, (g)와 (h)는 상부 프리즘패턴 및 하부면의 비대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴

Fig. 3 Calculated results of viewing angle characteristics according to the various proposed patterns designed on light guide plate with diffusion sheet

본 연구에서 제안한 4가지 형태의 패턴들 위에 확산박막시트를 코팅한 도광판의 패턴 형상에 따른 시야각 및 광휘도 특성을 수치 시뮬레이션한 결과를 그림 3에 나타냈다. 반타원형 도광판 패턴에 대하여 좌우시야각 및 상하시야각에 따른 광휘도 특성을 각각 그림 3(a)와 (b)에 보였다. 그림 3(a)의 결과로부터, 반타원형 패턴 도광판의 좌우시야각은 확산박막시트를 사용하는 경우 정면에 대하여 약 $\pm 50^\circ$ 까지는 휘도가 균일한 시야각 특성을 보였지만, 전반적인 휘도의 세기는 다른 패턴에 비해 가장 좋지 않은 특성을 보였다. 게다가, 그림 3(b)에 알 수 있듯이, 상하 시야각 특징은 한쪽으로 치우친 40° 근처에서 피크가 형성되어 시인성이 좋지 않음을 알 수 있다. 이러한 반타원형 패턴으로 설계된 백라이트 유닛 도광판을 사용 시 여러 장의 보상시트가 필요함을 알 수 있다. 그림 3(c)와 (d)는 도광판 하부를 피라미드형으로 설계한 패턴 구조의 수평방향 각(azimuthal angle)과 수직방향 각(polar angle)에 따른 휘도와 시야각의 특성을 평가하였다. 이 패턴에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 3(a)와 (b)에 보인 반타원형 확산패턴과 그림 3(e)와 (f)보인 대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴 보다 휘도의 강도가 우수하게 나타났다. 좌우시야각과 수직시야각에 대한 광학적 수치계산 결과, 전체 휘도의 강도는 반타원형 패턴과 비교하였을 때, 피라미드형 패턴에서 각각 8.7배와 5.9배가 향상된 특성이 보였다. 그리고 대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴과 비교했을 때에도 각각 3.1배와 5.9배가 향상된 휘도특성을 보였다. 하지만 반타원형, 피라미드 및 대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴 모두 상하 시야각 특성은 한쪽으로 편향되는 시야각 특성을 보였다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여, 도광판의 하부에 비대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴을 상부에는 삼각형 프리즘패턴으로 설계하여 광학적 특성을 분석한 결과, 다른 패턴에서 보다는 휘도특성이 가장 우수하게 나타났다. 좌우 시야각과 상하 시야각에 따른 광학적 시뮬레이션 결과, 타원형 패턴에서의 최대 휘도 값보다 각각 약 10배와 9배 이상 휘도가 증가하였다. 이 시뮬레이션 결과는 그림 3(g)와 (h)에 나타났었다.

3. 확산박막을 적용한 도광판 패턴 제작 및 특성 평가

수치시뮬레이션 결과를 바탕으로 도광판(LGP) 금형을 제작하였고, 스미토모 고속 전동 사출기(SE50DUZ FT, Japan)를 이용해서 LGP를 사출시켜 패턴을 제작하였다. 확산시트 기능을 가진 도광판을 제작하기 위하여, 사출된 LGP를 전처리하고, 그 위에 스펀코팅 방식으로 확산 코팅 향상제를 이용하여 확산 보조막 및 확산막을 입힌 후, 경화시켜 확산패턴을 제작을 하였다. 그림 4는 본 연구에서 제안한 4가지 패턴 형상을 도광판에 직접 제작한 SEM 이미지를 보여준다. 그림 3의 수치시뮬레이션 결과를 검증하기 위하여, 시뮬레이션과 같은 파라미터로 도광판 패턴을 제작하였다. 제작된 4가지 형태의 도광판에 대하여 광학특성을 평가하였다. 그림 5는 도광판의 패턴형상에 따른 좌우 시야각과 상하 시야각을 통해 휘도 및 시야각 특성을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과와 실제 제작 후의 측정 결과를 비교해보면, 시야각 특성에서는 유사한 광학 특성을 얻을 수 있었지만, 그림 5(a)와 (b)의 반타원형

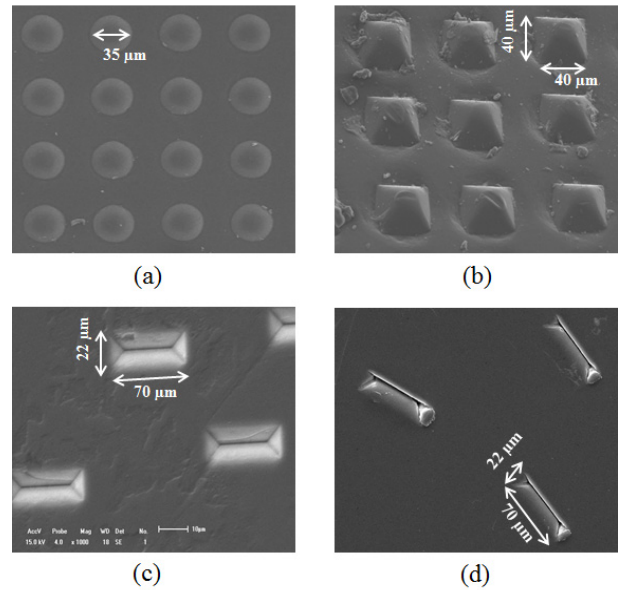


그림 4 다양한 패턴형상을 제작한 도광판의 SEM 이미지: (a) 반 타원형, (b) 피라미드형, (c) 대칭형 과 (d) 비대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴

Fig. 4 SEM images of various patterns fabricated on the bottom of light guide plate:(a) half oval prism pattern, (b) pyramid prism pattern, (c) symmetric, and (d)asymmetric Extrude-closed-polygon pattern

패턴 좌우시야각과 상하시야각에 대하여 측정된 휘도와 그림 5(c)와 (d)의 피라미드형 패턴에서 측정된 그 휘도를 비교해 보면 반타원형 패턴보다 각각 약 20%, 10%정도 증가를 보여 시뮬레이션 결과와는 다소 차이를 보였다. 또한, 그림 5(g)와 (h)의 도광판 하부에 비대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴, 상부에 삼각형 프리즘 패턴으로 제작하여 시야각에 따른 휘도특성을 측정된 결과에서는 수치 시뮬레이션 결과보다 적은 휘도 특성을 보였으나, 반타원형 패턴과 비교했을 때, 좌우시야각과 상하시야각에 따른 전체 휘도 값이 각각 5%와 18% 증가하였으며, 본 연구에서 제안한 패턴 중에서 가장 휘도가 크고, 휘선의 문제점이 적고, 시인성 및 반치각 특성이 우수하게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 BLU의 시야각 및 휘도향상 조건을 찾기 위하여 도광판에 다양한 형태의 패턴을 설계 및 제작하여 광학적 특성평가를 하였다. 그 패턴 제작은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제작하였다. 제안된 패턴 도광판에 확산시트 막을 이용하여 시뮬레이션 및 측정결과로부터, 도광판 상부에는 삼각형 프리즘 패턴을, 하부에는 Extrude-closed-polygon 패턴으로 제작한 경우 시야각에 따른 휘도 특성이 다른 패턴을 제작한 경우보다 그 휘도 특성이 가장 우수하였고, 휘선도 적었다.

감사의 글

“본 연구는 2010년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임”(2010-0367)

References

[1] M. Gebauer, P. Benoit, P. Knoll, and M. Neiger, “Ray tracing tool for developing LCD-backlights,” *SID2000Digest*, pp. 558-561, 2000.

[2] J. G. Chang, Y. B. Fang, S. P. Ju, *Computer Physics Communications*, InPress, Corrected Proof, Available online, vol. 46, no. 4, pp.1-12, 2009.

[3] J.-W. Lee, C.-G. Park, and B.-Y. Go, “Optical film”, KISTI, 2003.

[4] C.-H. Chien, Zhi-Peng Chen, "Fabrication of a novel integrated light guiding plate for backlight system by MEMS technique", *Proc. of SPIE*. 6376, 2006.

[5] D.-H. Choi and S.-J. Oh, “Technical trends of LCD part material”, *Korean Information Display Society*, Vol. 2, No. 6, pp. 9-21, 2001.

[6] D. Feng "Integrated light-guide plates that can control the illumination angle for liquid crystal display backlight system", *Proc. of SPIE* vol. 6034, 603406, 2006.

[7] J.-S. Wang, "Design of Multi-functional Light Guide Panel with Micro-prism Patterns for the LCD Backlight Unit, the Graduate School Yonsei University, 2006.

[8] K.-U. Choi, J.-S. Lee, S.-H. Song, C.-H. Oh, and P.-S. Kim, "Micro- patterning of light guide panel in a LCD-BLU byusing on silicon crystals, pp. 113-120.

[9] Chang-Hwan Bae, “Laminate Thin film asymmetric Extruded-closed-polygon diffusion pattern development and characterization of BLU light guide plate” COOC 2009. T2D-3. 2009.

[10] J.-H. Park, K.-B. Nam, J.-H. Go, and J.-H. Kim, “Study on the Simulation Model of LED-type Edge-lit Backlight for Improving Luminance Uniformity.” *The Optical Society of Korea Summer Meeting 2008*, pp. 441-442, 2008.

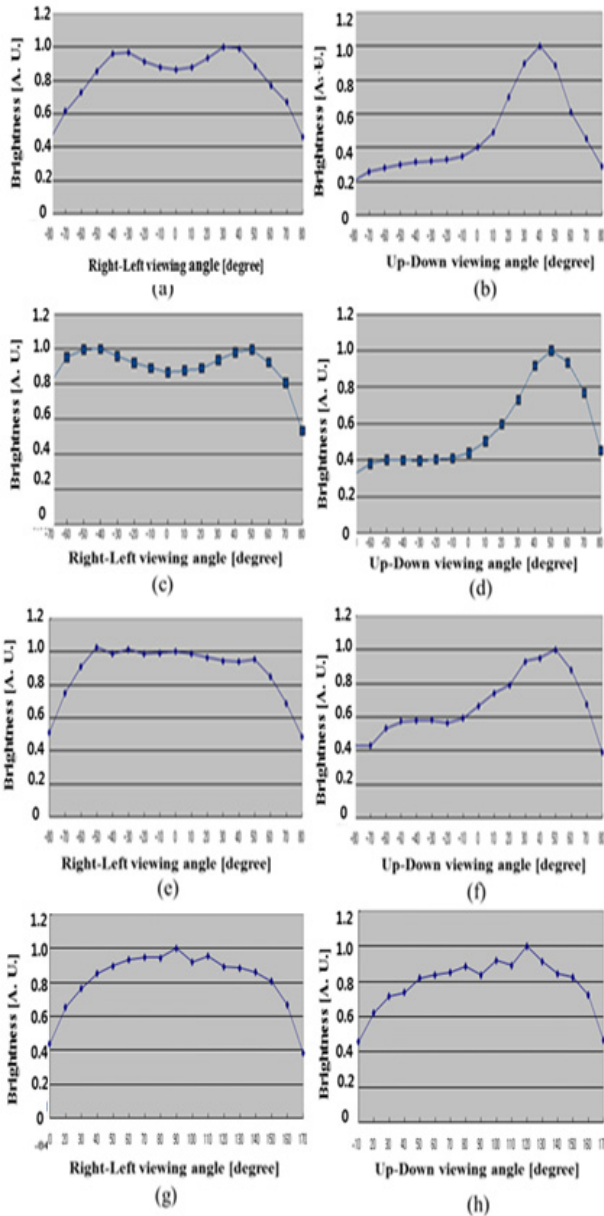


그림 5 확산박막을 적층한 도광판의 다양한 패턴 형상에 따른 시야각 특성: (a)와 (b)는 반타원형 패턴, (c)와 (d)는 피라미드형 패턴, (e)와 (f)는 대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴, (g)와 (h)는 비대칭형 Extrude-closed-polygon 패턴에서 각각 좌우 시야각 과 상하 시야각에 대한 측정결과

Fig. 5 Measured results of viewing angle characteristics according to the various proposed patterns designed on light guide plate with diffusion sheet

저 자 소 개



배 창 환(Chang-Hwan Bae)

1998년 호서대학교 전자공학과 졸업(학사)
2000년 일본 치바대학교 화상공학과 졸업(석사). 2006년 일본 동경공업대학교 물리정보시스템창조전공 졸업(박사).
2007년~현재 호서대학교 정보통신공학과 교수.
Tel: 041-540-9657,
E-mail: chbae@hoseo.edu



허 경 찬(Kyung-Chan Heo)

1999년 창원대학교 물리학과 졸업.
2001년8월 부산대학교 물리학과 졸업(석사). 2005년 2월 부산대학교 물리학과 졸업(박사). 2006-2009년 8월 한국원자력연구원 포스닥. 2012년-2014년 영남대학교포스닥. 현재 호서대학 디지털 디스플레이 학과 포스닥.
E-mail : kycheo@hanmail.net



전 철 규(Chul-Gyu Jhun)

1997년 동의대학교 전자통신공학과 졸업.
2002년 8월 부산대학교 전자공학과 졸업(석사). 2006년 8월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 2007년 ~ 현재 호서대학교 그린에너지반도체공학부 교수.
Tel : 041-540-5899,
E-mail : cgjhun@hoseo.edu



구 경 완(Kyung-Wan Koo)

1961년 2월 5일생. 1983년 충남대학교 전자공학과 졸업(학사). 1992년 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1987년 현대전자 반도체연구소 선임연구원. 1994년~2005년 영동대학교 전자·정보공학부 부교수. 2005년~현재 호서대학교 국방과학기술학과 교수.
Tel: 041-540-9541
Fax: 041-540-5693
E-mail: alarmkoo@hoseo.edu



류 봉 조(Bong Jo Rvu)

1959년 11월 19일생. 1981년 연세대학교 기계공학과 졸업(학사). 1988년 동 대학원 기계공학과 졸업(박사). 1989년 삼성종합기술원전자기기연구소 선임연구원. 1991년~1992년 오사카부립대학 항공우주공학과 객원교수. 1989년~현재 한밭대학교 기계공학부 교수.
Tel: 042-821-1159
Fax: 042-821-1587
E-mail: bjryu701@hanbat.ac.kr