

레이저 빔 스캔 시스템의 Blur현상 개선

The Improvement of Blur Phenomenon at Laser Beam Scanner

노진기* · 김혜진** · 김갑일†
(Jin Ki Roh · Hye Jin Kim · Kab Il Kim)

Abstract - Recently, as the wide spread of smart phone, pico projector which is used at the smart phone is appeared as a portable display device. In this paper, among several pico projectors, laser beam scanner module is dealt with in which laser is used as light source, and mems-mirror is used as optical panel. In this device, screen image quality is a special issue, and blur effect is a typical adverse effect to the quality of this device. So the enhancement of this blur effect has an important factor of the quality of the device. The definition of the blur and the main source of the blur are studied and the simulation results and way of improvement are also suggested.

Key Words : Pico projector, Smart phone, Laser beam scanner, Mems-mirror, Image quality, Blur

1. 서론

최근 유,무선 통신의 급격한 진보로 여러 가지 형태의 융, 복합 정보기기가 출현하고 있으며 소비자는 언제 어디서나 정보를 접할 수 있는 환경이 형성 되었다. 대표적인 예로 스마트폰을 들 수 있으며, 단순 통신 기능에서 벗어나 카메라, DMB, 게임기, 네비게이션 등 여러 가지 기능을 가지고 스마트폰을 통해 인터넷과 영화감상, 사무적인 기능까지도 담당하고 있다. 이러한 멀티미디어 융,복합 기기의 출현으로 전자업계 뿐만 아니라 전 세계인의 생활 패턴이 바뀌고 있다. 소비자들은 시간과 장소에 상관없이 작은 크기의 모니터를 통하여 사물을 확인하기 어렵기 때문에 사물들을 보다 정확하고 편리하게 볼 수 있는 여러 가지 형태의 미래 디스플레이 시장 및 기술 개발에 관심이 매우 높은 상태이다.

이러한 수요에 발맞춰 후대가 용이한 디스플레이 기기 중 초소형 마이크로 프로젝터(이하 피코 프로젝터, Pico Projector)에 대한 연구는 2000년대 중반이후부터 진행되어 왔으며 피코프로젝터를 분류할 때는 사용 광학패널(Panel)에 따른 분류와 사용 광원에 따른 분류로 나눌 수 있다. 광학패널에 따른 분류는 DLP(Digital Light Processing)[1], LCoS(Liquid Crystal on Silicon)[2], Mems-Scanner[3],[4]의 3종류의 형태가 출시되었으며, 한편 사용 광원에 따른 분류는 LED타입과 레이저타입으로 나누어진다. 최근에는 compact slim-type으로서 광원으로 레이저를 사용하고 패널로는 mems-mirror를 사용하는 레이저 빔 스캔 시스템이 등장하여 실용화되기 시작하였다[5-8].

본 논문에서는 레이저 빔 스캔 시스템에서 이미지성능에 악영향을 끼치는 blur현상에 대한 정의와 원인, 시뮬레이션 및 개선 대책에 대한 방안을 제시하고자 한다.

2. Blur현상의 정의 및 원인

Blur현상은 스크린에 줄무늬를 구현 시 가운데 굵은 줄을 중심으로 안개모양의 R,G,B 색상이 퍼지며 나타나는 현상이다.

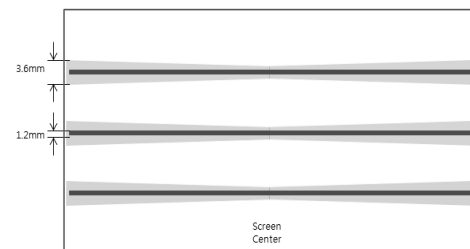


그림 1 Blur현상

Fig. 1 Blur phenomena used in this experiment

화면 중심에서는 blur현상이 거의 없으며 화면 가장자리로 갈수록 blur현상이 심해지고 형태는 테이퍼 형태를 띤다. (그림1)은 투사거리 1m에서 측정된 것으로 본 논문에서 적용된 광학계에서는 붉은색만 blur현상이 나타난다. Blur현상이 나타나는 영역의 광량은 측정하기 힘들 정도로 광량이 미약하지만, 실제 blur현상이 나타나면 화면 가장자리영역이 전체적으로 뿌연 형태를 띠고 있어 선명도가 떨어져 이미지성능에 악영향을 끼친다. 이러한 blur 현상의 원인으로는 핀쿠션(pin-cushion)에 의한 현상과 고속회전에 따른 mems-mirror의 휨 현상으로 나누어진다.

Blur현상의 원인을 추정 하는 과정에서 일반적으로는 광경로에 의한 핀쿠션 현상에 의해서 blur 현상이 생긴다고 추정 하나 여기서의 blur 현상은 핀쿠션에 의한 현상은 아니라고 판단된다. 왜냐하면 실제 광 경로에 의한 핀쿠션은

* Dept. of Electrical Engineering, Myong Ji University, and IM Co., Ltd.

** IM Co., Ltd.

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Myong Ji University, Korea.

E-mail: kkl@mju.ac.kr

Received : March 10, 2014; Accepted : August 01, 2014

(그림 2)와 같은 형태로 화면 좌측에서부터 우측방향으로 테이퍼형태로 나타나므로 blur현상의 테이퍼 형태와는 다른 형태이므로 핀쿠션에 의한 현상은 아니라고 판단하였다. 그러므로 본 논문에서 나타나는 blur현상은 주로 mems-mirror의 휨에 의해서 발생한다고 간주되어진다.

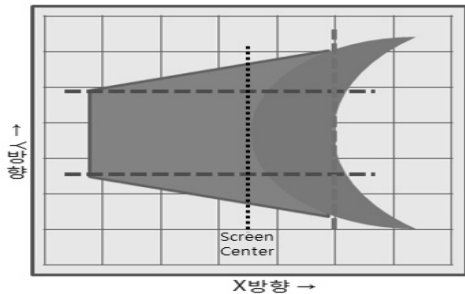


그림 2 핀쿠션 형태
Fig. 2 Shape of Pin-cushion

3. MemS-mirror에 의한 blur 현상

3.1 MemS-mirror를 사용하는 광학계의 구조

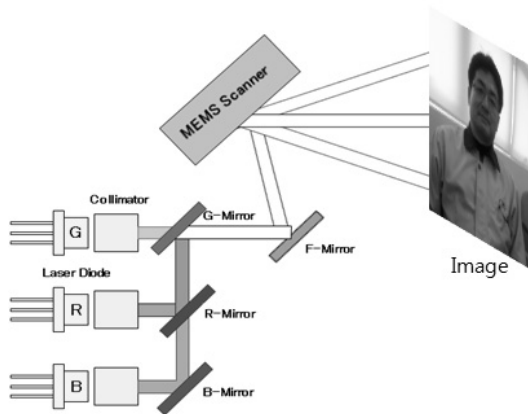


그림 3 Laser Beam Scanner의 광학계의 구조
Fig. 3 Optical structure of Laser Beam Scanner

(그림 3)의 구조에서 mems-Scanner는 mems-mirror를 지칭한다. 입사되는 레이저빔인 RGB 빔을 모아서 mems-mirror로 보내준다. MemS-mirror는 입사되는 빔을 고속 상하 좌우회전을 통해서 이미지를 생성한다.

3.2 좌우회전 시 mems-mirror 형태관찰

MemS-mirror는 화면을 구성하기 위하여 고속 좌우회전 및 상하 회전을 한다. 본 논문에서 사용한 광학계는 해상도가 720p이고 frame rate가 60Hz인 특성을 지니고 있다. 좌우 회전 시 약 27kHz 이상, 상하 회전 시 약 40Hz 이상 회전운동을 한다. 따라서 상하 회전 시 보다 고속으로 움직이는 좌우 회전 시 mems-mirror에 어떠한 형상변화가 있을

것으로 추정하여 고속 촬영을 한 결과 (그림 4)의 B와 같이 mems-mirror가 회전하지 않을 때는 mems-mirror형상이 변형되지 않았으나 mems-mirror가 회전 시에는 (그림 4)의 C와 같은 mems-mirror의 형상 변화가 관찰 되었다.

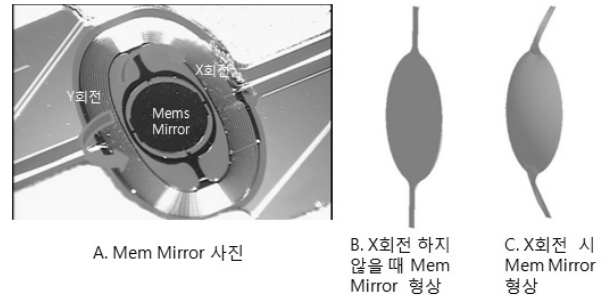


그림 4 MemS-mirror형상 관찰
Fig. 4 Shape transition of MemS-mirror

회전 시에도 mems-mirror 중심은 거의 변형이 없었으나, mems-mirror의 가장자리와 짐벌부분이 만나는 곳의 변형이 가장 심한 것으로 나타났다. 본 논문에 사용된 mems-mirror의 기구적인 좌우 최대 회전각은 ± 12 도이다. 이러한 결과로 blur현상은 mems-mirror의 고속 회전 시 mems-mirror의 가장자리와 짐벌이 만나는 영역의 Y축 방향으로의 변형에 의한 것으로 추정하여 mems-mirror변형 시 빔의 분포도를 산출하는 광학적인 시뮬레이션을 실시하였다.

3.3 MemS-mirror 변형에 의한 빔 분포 및 변위량

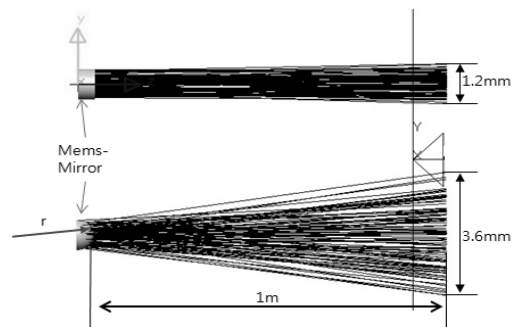


그림 5 Light Tools 시뮬레이션
Fig. 5 Simulation of beam distribution using Light Tools

MemS-mirror의 변형에 따른 빔의 분포를 광학 시뮬레이션 도구인 Light Tools를 사용하여 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션의 조건은 (그림 5)에서와 같이 투사거리 1m에서 정상적인 주 빔의 폭이 1.2mm인데 blur 빔이 나타날 때의 빔 폭은 3.6mm가 되는 경우이다. 즉 blur 현상이 나타날 때 mems-mirror 변형은 구의 형태가 되며 그때의 반지름(r)을 시뮬레이션을 통해서 구하여 보면 500mm로 구해졌다. 이와 같이 mems-mirror가 구 형태로 변형됐다는 가정에서 mems-mirror 가장자리에서의 변위량 (Δy)을 구하면 다음과 같다.

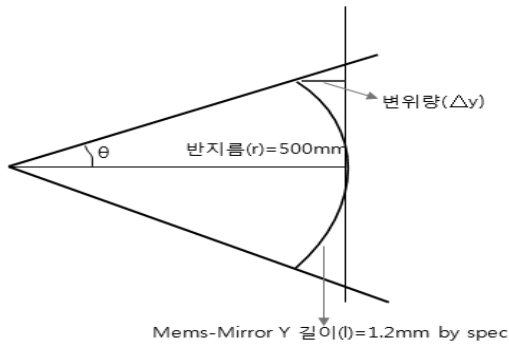


그림 6 Mems-mirror가장자리에서 변위량
Fig. 6 Displacement at the edge of Mems-mirror

Mems-mirror의 Y방향 길이(l)는 mems 사양서에서 1.2mm로 주어지고 또한 반지름(r)은 시뮬레이션으로 500mm임을 알고 있으므로

$$l = 2\pi r \theta / 360 \quad (1)$$

$$\theta = 360 \cdot l / 4\pi r = 0.0688 \text{도} \quad (2)$$

임을 알 수 있다. 이 때 변위량(Δy)는

$$\Delta y = r - r \times \cos\theta = 0.36\mu\text{m} \quad (3)$$

임을 알 수 있다. 이러한 mems-mirror의 변형(Δy)은 허용할 수 있는 정도의 오차이며 (그림 1)과 같은 형태의 blur 현상이 생기는 것을 구조적으로 막을 수가 없다. 다음은 이러한 blur 현상에 의한 이미지의 영향을 알아보기 위해서 blur 현상에 의한 광량을 측정하여 보았다.

4. Blur 영역에서의 광량

레이저 빔은 (그림 7)에서와 같이 가우시안 분포특성을 가지고 있다. 여기서 붉은 부분은 mems-mirror에 입사하는 빔의 형태이고 검은 색 부분은 mems-mirror를 구동하기 위한 코일 부분이다. mems-mirror의 좌우폭은 1.1mm 이고 상하 길이는 1.2mm이다.

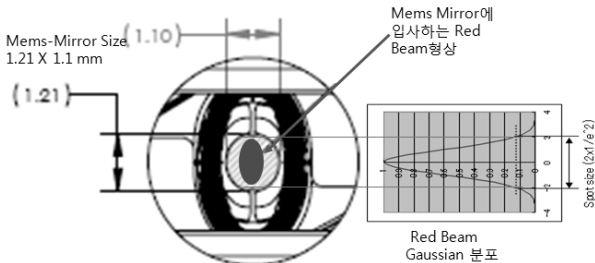


그림 7 Mems-mirror에서의 빔 분포
Fig. 7 Beam distribution of Mems-mirror

레이저 빔은 spot size ($2 \times 1/e^2$)내에서 광량의 86.5%가 분포하고 있다. 본 논문에서는 녹색이나 청색 레이저에서는

blur 현상이 생기지 않으므로 적색 레이저에서의 현상만 조사 하였다. 사용한 적색 레이저($\lambda=635\text{nm}$, 발산각 θ 수직=18도, θ 수평=8도)가 Collimation Lens(조준렌즈)를 통과 후의 spot size의 반지름은 다음과 같은 계산식으로 구할 수 있다.

$$w^2 = W_0^2 * [1 + \{\lambda * z / (\pi * W_0^2)\}^2] \quad (4)$$

여기서 w는 spot size의 반지름, W_0 는 레이저 발광점에서의 spot size, λ 는 파장(wavelength), z는 레이저 발광점에서 조준렌즈(Collimation Lens) 까지의 거리이다.

윗 식에 대입하여 붉은색 빔 크기를 구하면 레이저 빔의 spot size가 수평 580um, 수직 1,240um임을 알 수 있다. 즉 mems-mirror size가 1.1 x 1.2 mm이므로 주 빔은 정상적으로 mems-mirror에 입사되나 잔여광량 13.5%가 blur를 형성한다는 것을 알 수 있다.

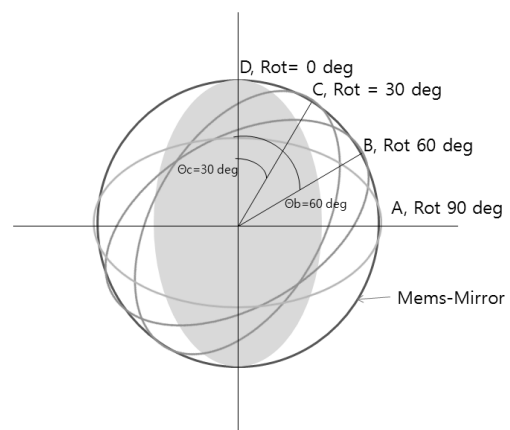
따라서 blur현상 영역에 나오는 빔은 측정이 불가능한 아주 미약한 빔임을 알 수 있다. 그러나 이러한 미약한 빔일 지라도 스크린에서는 blur 현상이 나타나서 우리가 식별할 수 있을 정도의 영향을 주게 되어 스크린 이미지의 질을 저하 시키게 된다. 그러므로 이러한 현상을 줄이기 위한 노력을 하게 된다.

5. Blur 현상 개선방법 및 실험

이러한 blur 현상을 개선하기 위해서는 일단 레이저 빔과 집벌이 만나는 부분을 최소화 할 필요가 있으며 이러한 방법을 강구하기 위해서 여러 가지 방법을 시도하였으며 최종적으로 다음의 2가지 방법을 제시한다.

5.1 빔 정형에 의한 방법

이러한 blur 현상을 개선하기 위해서 mems-mirror에 레



- Beam A : 현 설계방향에서 시계방향으로 90도 회전
- Beam B : 현 설계방향에서 시계방향으로 60도 회전
- Beam C : 현 설계방향에서 시계방향으로 30도 회전
- Beam D : 현 설계방향

그림 8 입사 빔의 회전방향
Fig. 8 Rotation direction of the incidence angle

이러한 방법을 blur 현상은 제거 하였으나 빔의 강도를 손상시키게 되므로 바람직한 결과를 얻을 수 없었다.

5.2 빔 회전에 의한 방법

빔의 blur현상의 원인은 앞에서 설명한 바와 같이 mems-mirror 가장자리와 집벌이 만나는 영역에서 좌우회전 시 Y방향 변위가 발생하여 아주 미약한 빔이 회전과 함께 상하로 퍼짐을 알 수 있었다. 따라서 blur현상을 방지하는 방법은 빔을 mems-mirror에 입사 시 빔의 장축방향이 집벌 영역에 위치하지 않도록 설계하는 것이다

(그림 8)과 같이 mems-mirror에 입사하는 빔의 위치를 시계방향으로 회전시키면서 이에 따른 blur현상을 관찰하였다.

D는 현재 설계된 형태로 mems-mirror에 90도 방향으로 입사되었으면 이 빔을 (그림 8)과 같이 시계방향으로 각각 30도씩 회전시켜 입사 하였을 때 시뮬레이션 결과는 (그림 9)와 같다.

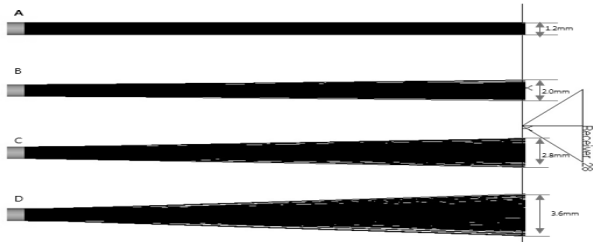


그림 9 빔을 회전에 의한 시뮬레이션 결과
Fig. 9 Simulation result of the beam rotation

즉 빔을 시계방향으로 회전하여 (그림 8)의 A형태가 되었을 때 blur현상이 최소가 됨을 알 수 있다. 이는 입사 빔이 집벌부분에 입사하지 않으므로 blur현상이 최소화 된다는 것을 의미 한다.

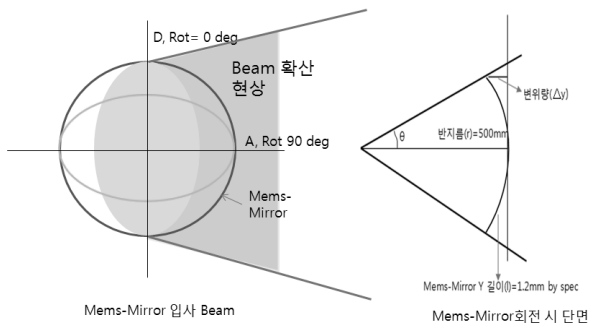


그림 10 빔 D로 입사 시 빔 확산현상
Fig. 10 Spread phenomema of the incidence beam D

(그림 10)과 같이 빔 D형태로 입사시에는 (그림 10)의 우측 그림과 같이 mems-mirror는 회전 시 변위량이 발생하여

집벌 부분에 휨 현상이 발생한다. 이분에 빔이 입사하게 되면 (그림 10)의 좌측 그림과 같이 빔 확산현상이 발생하여 blur현상이 발생한다.

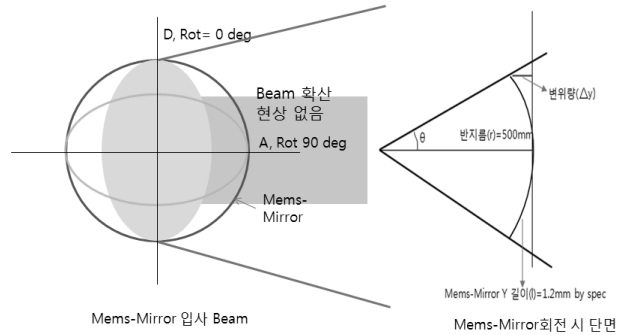


그림 11 빔 A로 입사 시 빔 확산현상
Fig. 11 Spread phenomema of the incidence beam A

(그림 11)과 같이 빔 A형태로 입사 시에는 (그림 11)의 우측 그림과 같이 mems-mirror는 회전 시 변위량이 발생하는 집벌 부분에 빔이 입사하지 않으므로 빔 확산현상이 발생하지 않아 blur현상이 없다. 따라서 blur현상을 제거하기 위해서는 (그림 12)와 같이 mems-mirror에 입사하는 빔을 집벌부분에 위치하지 않도록 설계해야 한다. 그 결과는 (그림 13)과 같다.

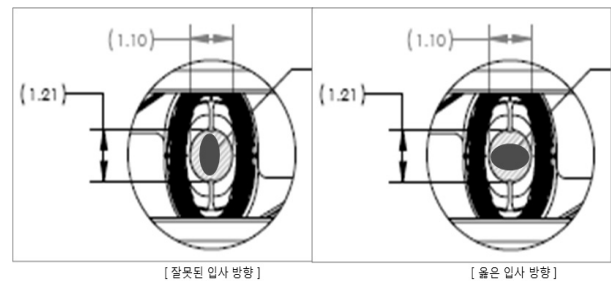


그림 12 Blur현상 방지 설계방법
Fig. 12 Design method of protection of blur

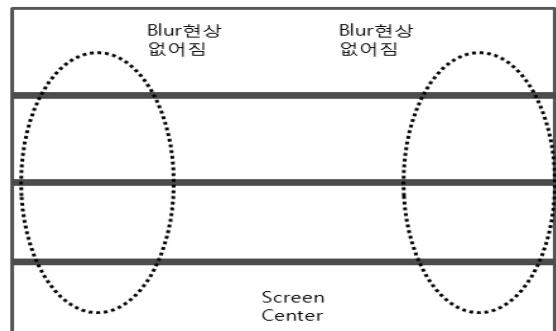


그림 13 Blur현상이 제거된 스크린 이미지
Fig. 13 Screen Image eliminating the blur phenomena

6. 결 론

광원으로 레이저광원과 패널로 mems-mirror를 사용하는 레이저 빔 스캔 광학계에서 이미지성능에 지대한 영향을 미치는 blur현상에 대한 정의와 원인 및 대책 방법에 대해 제시 하였다. 고속 회전하는 mems-mirror의 형상 변화에 의한 빔의 확산에 의하여 blur현상이 발생하였고 이 때 광량은 측정 할 수 없을 정도의 미세 광량을 알았다. 그러나 이러한 미약한 빔일지라도 스크린에서는 blur 현상이 나타나서 우리가 식별할 수 있을 정도의 영향을 주게 되어 스크린 이미지의 질을 저하 시키게 된다. 그러므로 이러한 현상을 줄이기 위한 노력을 하게 되었다. 또한 blur현상 방지 설계방법에서 제시한 것과 같이 빔의 장축 방향을 mems-mirror의 짐벌을 피하는 방향으로 입사하도록 설계하는 것이 유리하다고 제시하였으나 이렇게 회피방법 설계 시 빔의 크기를 잘못 설계하면 빔이 mems-mirror주변에 입사하여 회절무늬가 화면에 나타나 또 다른 문제를 일으키므로 주의해야 한다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 명지대학교 교내연구비 지원사업에 의하여 연구 되었습니다.

References

- [1] Jinsub Um, Youncheol Shin, Mooncheol Kim "5 Channel DLP Display Device" Korean Society Of Color Studies Symposium 2014, 2014
- [2] Jegil Koo "Implementation of The Mini-type Pico Projector Platform mounting Multimedia" ,IEEK Vol 48, 2011
- [3] Paul F.Goldsmith "Quasioptical System:Gaussian Beam Quasioptical Propagation And Applications" John Wiley & Sons, 1997
- [4] Kuroda Kazuo, Yamamoto Kazuhisa, Jika "Explanation of Laser Display" Optronics ,2010
- [5] Jingil Jung, Jungwoo Kim, Jinho Lee, Byungwoo Jun, " MEMS display control circuit design By use of MEMS Optical Scanner" Symposium of Signal process Vol. 18 Issue 1, 2005
- [6] Jungul Oh, Donggil Lee, Yanggyu Kim, Gwanghun Lee, Jinki Roh "Direct Molded Aspherical Glass Lens in Metal Holder for Laser Pico Projector" KSPE Symposium, 2013
- [7] Denis Darmon, John R. McNeil, Mark A. Handschy "LED-Illuminated Pico Projector Architectures"SID Symposium Digest of Technical Papers,Volume 39, Issue 1, pp 1070 - 1073, May 2008
- [8] Mark Freeman, Mark Champion, Sid Madhavan "Scanned Laser Pico-Projectors:Seeing the Big Picture (with a Small Device)" Optics and Photonics News, Vol. 20, Issue 5, pp. 28-34, 2009

저 자 소 개



노진기 (盧 埴 奇)

1992년 인하대학교 전자공학과 졸업(학사), 2014년 명지대학교 전기과 졸업(석사), 1992-2003년 삼성전자 책임 연구원, 2003-2008년 삼성전기 수석 연구원, 2008-현재 ㈜아이엠 수석 연구원, 그룹장. 관심분야는 프로젝터, 서비스로봇 등



김혜진 (金 惠 珍)

2010년 한국산업기술대학교 나노광공학과 졸업(학사), 2008-현재 ㈜ 아이엠 선임연구원, 관심분야는 카메라 렌즈설계, 광학시스템 등



김갑일 (金 甲 一)

1979년 서울대학교 전기과 졸업(학사), 1981년 KAIST 전기전자 졸업(석사), 1990년 8월 (미) Clemson University 전기컴퓨터공학과 졸업(박사). 1981-1985년 육군사관학교 전자과 전임강사, 1991년-현재 명지대학교 전기공학과 교수, 관심분야는 인간형로봇, 착용형로봇, 센서시스템 등