

# 초기 비결합된 수직빗살 전극형 정전 스캐너의 거동제어

이병렬\*, 원종화\*\*, 조진우, 정희문, 조용철, 이진호, 고영철  
삼성 종합 기술원 마이크로 시스템 연구실

## Feedback control for initially unengaged vertical comb type electrostatic scanner

Byeungleul Lee\*, Jongwha Won\*\*, Jinwoo Cho, Heemun Jeong, Yongchol Cho, Jinho Lee, Youngchol Go  
Microsystems Laboratory  
Samsung Advanced Institute of Technology  
E-mail : \*[brad\\_lee@samsung.com](mailto:brad_lee@samsung.com), \*\*[jhwon@samsung.com](mailto:jhwon@samsung.com)

### Abstract

In this paper, we describe a capacitive position sensing and motion control scheme of a MEMS scanner used for laser display application. The laser displays can be made by scanning laser beams much the same way a CRT scans electron beams. So the accuracy of the scanner motion determines the quality of the displayed image. The MEMS scanner under consideration is composed of electrostatic comb electrodes with initial gap and requires large driving voltage. Due to the under-damping and nonlinear driving characteristics, the scanner motion is subject to be an unwanted oscillation. For the linear scanner motion, we devise a differential charge amplifier and phase compensator. The experimental results show that the implemented feedback control system provides sufficient electrical damping and improves the dynamic performance of the scanner.

### I. 배경

최근의 디스플레이는 LCD와 PDP로 대표되는 대화면화 기술이 가정용 디스플레이 시장을 주도하고 있으며 다른 한 축으로는 모바일화가 중요한 이슈로 대두되고 있다. 특히 레이저를 이용한 투사형 디스플레이는 미래의 모바일 유비쿼터스 환경에 적합한 가능성을 가지고 있기 때문에 최근 들어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

그림 1은 래스터 스캔 방식의 레이저 디스플레이의 개념도를 도시한 것으로 영상을 구현하기 위해서는 고속으로 좌우 진동하는 수평 스캐너와 프레임 속도에 따

라 상하로 진동하는 저속 수직 스캐너가 사용된다. 결국 이러한 스캐닝 방식의 디스플레이에서는 진동하는 스캐너의 거동 정확도에 따라 영상의 품질이 결정된다.

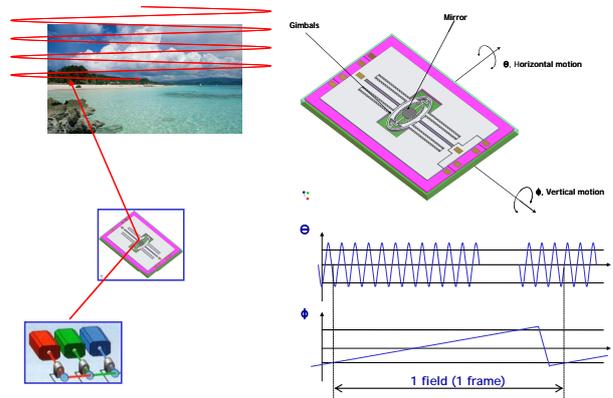


그림 1 래스터 스캔 방식의 레이저 디스플레이 개념도

본 논문에서는 미래 모바일용 레이저 디스플레이의 핵심요소인 스캐너 거동과 관련하여 영상 왜곡이 발생하는 원인과 이를 해결하기 위한 수단에 대해 기술한다.

### II. 정전 스캐너

레이저 디스플레이에서 투사화면의 크기와 해상도를 높이기 위해선 스캐너의 구동 각도가 충분히 커야 한다. 이를 만족하는 소형, 저전력의 대변위 액츄에이터를 제작하기 위하여 MEMS 기술을 이용한 수직빗살 전

극형 정전 액츄에이터로 구현할 수 있다[2]. 본 연구에서는 대변위 회전 거동을 가능하게 하기 위하여 그림 2와 같이 SOI 기판의 상하층을 전극으로 이용하여 초기 비결합된 정전 액츄에이터를 개발하였다.

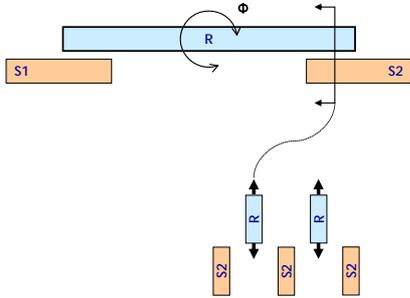


그림 2 초기 비결합된 수직 빗살 전극형 스캐너의 개략도

여기서 프레임 단위로 거동하는 저속 스캐너의 경우 직선 거동을 해야 하기 때문에 공진에 의한 진동이 작용하면 화면에 왜곡이 발생하는 문제가 있다. 그림 3은 제작된 저속 스캐너의 주파수 응답으로 고유진동수가 약 900 Hz, Q는 20 이상이다. 따라서 원하는 영상을 구현하기 위해 60Hz의 톱니파 구동을 하게 되면 고조파 성분에 의한 공진이 발생하여 직선거동이 되지 않고 영상이 왜곡된다.

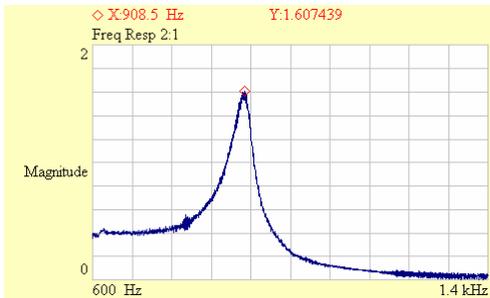


그림 3 저속 스캐너의 주파수 응답 특성

제작된 수직빗살 전극형 정전 액츄에이터의 경우 구동전압에 대해 회전 구동력이 제곱에 비례하는 관계가 있기 때문에 구동 전극에 이를 고려한 제곱근형 전압을 인가해야 한다. 또한 이 액츄에이터 구조는 여타 방식에 비해 상대적으로 제작은 용이하나 초기에 비결합된 구조를 갖고 있어서 구동전압에 대해 불연속적인 회전 구동력을 발생시킨다. 이러한 특성이 모두 스캐너의 직선거동을 저해하는 요소로 작용한다.

### Ⅲ. 스캐너 거동 제어

정밀한 저속 스캐너의 거동 오차를 해결하기 위해 용량형 감지부를 스캐너에 추가했다. 미소한 용량 변화를 통해 정확한 각도 변화를 검출하기 위해선 구동 전압에 의한 잡음 효과를 최소한으로 억제해야 한다[3]. 특히 실험에 사용한 스캐너는 고전압으로 구동하기 때문에 구동잡음이 큰 문제로 작용한다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 기생용량 분포에 의한 구동 잡음을 상쇄할 수 있는 전극구조와 고속 캐리어를 이용한 전하 증폭기를 구현하였다.

이렇게 검출된 스캐너 각도 정보를 이용하여 각변위 제어를 구성했으며, 진동 제거를 위해 속도정보를 이용하는 위상보상 방식을 이용하였다. 이때 이상 발진을 막기 위해선 구동부에 충분한 위상 마진을 확보해야 한다.

### Ⅳ. 결론 및 향후 연구 방향

그림 4는 제안된 방법의 개선효과를 확인 한 것이다. 본 논문에서는 스캐너 거동 왜곡을 제거하기 위한 검지 및 제어기에 대한 설계와 결과에 대해 분석을 했으며, 향후에는 초기 비결합 영역에서의 구동력 분석을 통해 진동저감을 개선하는 연구가 계속될 것이다.

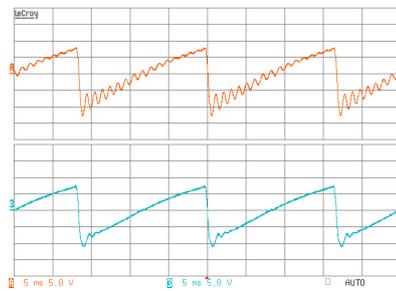


그림 4 저속 스캐너의 제어 전/후 거동 비교

### 참고문헌

- [1] Randy Sprague, Tom Montague, Dean Brown, "Bi-axial magnetic drive for scanned beam display mirrors," MOEMS Proc. of SPIE Vol. 5721, pp. 1 - 13
- [2] Ki-Hun Jeong and Luke P Lee, "A novel microfabrication of self-aligned vertical comb drive on a single SOI wafer for optical MEMS applications," Jr . Micromech. Microeng. Vol. 15 (2005), pp.277-281
- [3] Baris Cagdaser *et al*, "Capacitive Sense Feedback Control for MEMS Beam Steering Mirrors," Proc. of Hilton Head 2004