

# MEMS를 이용한 Optical Switch의 개발

## Development of Optical Switch by using MEMS

최 형

삼성전자 중앙연구소 광메카 Lab.

choi@rnd.sec.samsung.co.kr

### Abstract

Optical switches using MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) process have been widely developed since conventional optical switches cannot meet the requirements of new systems.  $N^2$  type micro-mirror switches are easy to control, have simple optical systems but have difficulties in expanding the ports. Micromirrors of  $2N$  type switches must be tilted at various angles and have relatively complicated optical systems but have advantage in expanding ports. Another type of optical switch using MEMS process is micro-waveguide type. It is reliable than other types since it has no moving parts.

#### 1. 서 론

Internet 사용자의 급증으로 internet traffic은 매 6개월마다 2배라는 매우 빠른 비율로 증가하고 있으며, 이의 해결을 위해 WDM이 확산되고 있다. 따라서 WDM의 핵심 부품인 optical switch의 수요도 크게 증가하리라 예상된다.

기존의 optical switch는 크게 optomechanical type과 waveguide type으로 나눌 수 있다. optomechanical switch는 mirror를 기울이거나(tilting), prism의 위치를 변경시키거나, optical fiber의 위치를 바꾸어 switching 하는 방식으로, insertion loss와 crosstalk이 작다는 장점이 있는 반면, input 및 output port 수가 많을때는 대응하기 곤란하다.

waveguide switch는 waveguide에 열이나 전위차를 인가하여 빛의 굴절률 또는 위상이 변화되어 switching 하는 방식으로 switching 속도는 빠르나(microsec. order) port가 많아질수록 loss와 crosstalk은 증가한다. 따라서 이러한 문제점에 대한 유일한 해결책이 MEMS(Micro-Electro Mechanical Systems)를 이용하여 optical switch를 제작하는 것이다.

#### 2. Micro Optical Switch

최근 반도체 공정을 이용하여 미세 구조물을 제작하는 MEMS process를 사용한 Micro Optical Switch의 개발이 활발히 이루어 지고 있다. 종래에는 mirror를 90도 구동하여 광경로를 변경시키는  $N^2$  방식이 주류를 이루었으나, 근래에는 port 확장의 용이성을 고려하여 input fiber + output fiber 개수만 큼의 micro mirror가 analog 구동을 하는  $2N$  방식의 연구도 활발히 진행되고 있다. 한편, 내부 전반사를 이용하여 도파로 내에서 빛을 switching하는 방식에 대한 연구도 상당히 진행되었으며, 이 방식은 기계적인 구동부가 없어 신뢰성이 우수하며 port의 확장이 용이하다.

### 3. Micro Mirror 방식

micro mirror 방식의 경우, 대부분 surface micromachining을 이용하여 Al 또는 poly-Si으로 mirror를 제작하지만 mirror면의 편평도를 높이기 위해 single crystal Si wafer를 bulk micromachining 하여 mirror로 사용하기도 한다. Si은 광통신용 파장 대역에서의 반사율이 불량하므로, 이 경우 Au 또는 Al으로 mirror 표면을 coating하여 사용한다. mirror를 구동하는 방식은 electrostatic, comb-drive, SDA, piezoelectric등으로 매우 다양하다.

$N^2$  방식의 micro mirror optical switch<sup>(1)</sup>의 경우 mirror가 on(90도), off(0도)의 digital 구동을 하여 빛을 switching 하므로 광학계 및 구동회로가 간단한 대신, 광경로의 차이에 따른 손실을 무시할 수 없어  $N$ 이 어느정도 이상으로는 증가되기 어렵다. input fiber에서 나오는 빛을 평행광으로 만들고 또, 수광부 fiber의 core로 들어가게 하기 위해 ball lens 또는 GRIN lens가 사용된다. mirror의 각도 편차는 mirror간 pitch, 사용 lens의 종류, fiber의 직경등에 따라 달라지지만 16×16 mirror array의 경우, 대략 0.15도 이내로 알려져 있다.

2N 방식<sup>(2)</sup>은 micro mirror가 analog 구동을 하여 input fiber의 beam이 원하는 output fiber로 가도록 하는 방식이다. input fiber에서 나온 beam은 집속 lens 및 고정 mirror를 거쳐 2개의 micro mirror에 의해 반사된 후 다시 고정 mirror를 거쳐 output fiber로 들어가게 된다. 이 방식은 mirror가 원하는 각도로 정확하게 analog 구동을 하여야 하며, 이 빛이 수광부에 적은 loss로 들어가야 하기 때문에 광학계 및 구동회로가 상당히 복잡해지는 단점이 있는 반면에 port의 확장성은 좋다.

### 4 Micro waveguide 방식

MEMS를 사용하는 방식중 waveguide를 사용하는 optical switch가 있다. 이 방식은 빛이 waveguide를 통과하여 진행하다 bubble을 만나면 내부전반사가 일어나서 switching이 되고, bubble의 위치에 waveguide와 굴절율이 같은 액체를 만나면 투과하여 진행하는 원리를 이용한다. Agilent사와 같이 ink jet: head에서 처럼 bubble을 발생시키는 경우와 NTT와 같이 heater로 액체에 열을 인가하여 표면장력의 차이에 의해 bubble을 이동 시키는 경우<sup>(3)</sup>가 있다. 두 경우 모두 구동부가 없어 신뢰성이 높고 port 확장성이 좋다.

### 5 결론

급격히 증가하는 internet traffic을 해결하기 위해서는 WDM이 필수적이며 그 핵심부품인 OXC, OADM등의 광부품의 중요성은 새삼 강조할 필요가 없다. 기존의 optical switch로는 향후의 WDM system에 대응할 수 없으며 MEMS 기술을 이용한 micro optical switch만이 이 문제를 해결해 줄 수 있을 것이다.

### 6. 참고문헌

1. E.L.Goldstein et al., "Opaque WDM optical-cross connect Networks", CLEO/Pacific Rim '99 technical digest vol.4, p.1210-1211(1999).
2. D.T.Neilson et al., "Fully provisioned 112×112 micro-mechanical optical crossconnect with 35.8 Tb/s demonstrated capacity", OFC 2000 tech. digest PD12-1(2000).
3. M.Sato et al., "Two types of thermo-capillary optical switches", MOEMS 97 technical digest, p.238-242(1997).