

Optical MEMS의 응용

이 글에서는 MEMS 기술의 광학적 응용인 Optical MEMS 분야 중 연구 개발의 필요성이 강조되는 분야에 대해 정리하고 특히, 차세대 광통신 시스템의 핵심요소인 Optical Switching 시스템에 대해 중점적으로 살펴본다. 문성욱

Microsystem 또는 MEMS 분야의 광학적 응용인 Optical MEMS 분야 중에서 해당 기술의 발전 정도 및 시장규모 등을 고려한 대표적인 응용 예를 살펴보고 이 중에서 특히 차세대광통신 핵심요소인 Optical Switching 시스템에 대해 살펴본다. Optical MEMS 기술은 디스플레이 소자와 광센서 등과 같은 산업용 응용뿐만 아니라 의료용 응용 분야에서 대표적인 응용을 찾을 수 있으며, 다음과 같은 분야에서 구체적인 응용 예를 볼 수 있다. 그 첫 번째로서 "Optical Biopsy & Photo Dynamic Therapy"를 고려할 수 있다. 이는 Microsystem 기술의 의료적 응용 분야이며 신개념의 응용 예이다. Biopsy라 함은 생체 세포 조직의 일부분을 기계적으로 채취한 후 현미경 조직검사를 통하여 질병의 유무를 판별하는 일련의 과정을 일컫는 용어이다. 이러한 형태의 Biopsy와는 대조적인 방식으로서, 생체 조직을 직접 떼어 내지 않고 Optical한 방법을 이용하여 동일한

효과를 얻을 수 있는 과정을 Optical Biopsy 또는 Virtual Biopsy라 한다. 그러므로 Optical Biopsy는 Noninvasive Surgery 기능을 갖는 새로운 개념의 연구영역이며 진단 기능이 강조된 분야이다. Optical Biopsy를 위해서는 매우 미약한(Ultra Weak) 여러 파장의 빛을 효과적으로 감지하고 영상화할 수 있어야 하며, 이러한 목적으로 초고감도의 수광 이미지 소자 어레이의 개발은 필수적이다. 외과적인 방법을 이용하지 않고 새로운 형태의 치료 방법으로서 주목을 받고 있는 분야가 Photo Dynamic Therapy이며, 이는 질병 부위로 판정된 신체의 특정 부위를 광학적인 방법으로 치료하는 새로운 방법이다.

그 다음으로 생각할 수 있는 분야가 MEMS Optical LOGIC Device이다. 최근 광통신에 대한 수요가 증가함에 따라 MEMS 기술을 이용한 다양한 형태의 광소자의 개발이 이루어지고 있으나, 현재의 연구 형

태는 단순히 광의 경로를 바꾸어주는 소자에 대한 연구가 주종을 이루고 있다. 향후 광을 이용한 논리 연산이 필수적인 광컴퓨터와 같은 광 시스템이나, 기존의 반도체 소자가 사용될 수 없는 방사선 환경과 같은 극한 조건에서 사용될 수 있는 광을 이용한 논리 소자인 MEMS Optical LOGIC Device는 새로운 연구 분야로 제시된다.

Optical Micro Lens Array는 Beam Homogenizing, Fiber Coupling 또는 Miniature Display의 광효율 증대 및 Focal Plane Arrays 등의 효율을 증대시킬 수 있는 등 많은 응용 분야를 가지므로 여러 기관에서 고신뢰성, 대량생산 관점에서 연구가 진행되고 있다. True 100% Fill Factor를 가지며 Wavelength Range가 350~2,500 nm 구간에 대응되는 Micro Lens Array를 개발하고자 하는 시도가 활발하다. 이를 위해서는 PR의 Reflow, 건식 식각 방식 및 Micro Molding, Electro Plating 등이 요소 기술로 연구되고 있으며 Square pattern Lens array와 Hexagonal Pattern Lens Array 등의 형태로

• 문성욱 / 한국과학기술연구원 마이크로시스템 연구센터, 선임연구원/
e-mail : s.moon@kist.re.kr

진행되고 있다.

광센서 분야 중 사람의 눈으로는 식별할 수 없는 적외선과 같은 미약한 광을 영상화시키기 위한 새로운 방법으로서 MEMS 기술을 이용한 3차원 구조체 어레이의 개발을 고려할 수 있다. 나노 와트 정도의 미약한 에너지를 가진 광을 검출하기 위해서는 검출기 자체를 영하 100도 이하로 냉각시켜야만 영상을 구현할 수 있었으나, MEMS 기술의 발달에 따라 냉각을 시키지 않고도 영상을 얻을 수 있는 새로운 형태의 영상소자에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이를 위해서는 MEMS 기술 중의 하나인 Surface Micromachining 방법이 사용되는데 열의 방출을 근본적으로 차단시킬 수 있는 열적고립구조(Thermal Isolation Structure)를 제조할 수 있는 유일한 방법이 MEMS를 이용한 방법이기 때문이다. 최근 국내에서는 이와 같은 미약한 광에 대한 감지도를 혁신적으로 향상시킬 수 있는 독창적인 방법으로서 3차원 수신안테나 어레이를 일체화시킨 Antenna Coupled Microbolometer Array에 대한 연구가 진행되고 있다. CMOS를 이용한 ROIC, MEMS 기술, Micro Packaging, Micro Molding 등의 요소기술들이 상호 유기적으로 개발되고 있다. 아래의 그림은 표면으로부터 3 μm 높이로 떠 있는 3차원 구조체의 어레이를



나타내고 있다.

파장분할다중화 방식(WDM : Wavelength Division Multiplexing)은 광 네트워크의 기본이 되는 기술이며, WDM 방식은 하나의 광섬유를 사용하여 독립적으로 분리된 많은 수의 광 채널을 전송하는 기술로서 그 원리는 많은 TV 채널 중에서 하나를 선택하여 시청하는 것과 같은 이치이다. 이때 각각의 광 채널을 선택하여 원하는 곳으로 전송할 수 있는 소자가 필수적이며, 이러한 기능을 광스위치(Optical Switch)가 수행한다. Offset 보정기능 및 정밀 위치 제어가 가능한 광스위치 등에 대한 연구가 수행되고 있으며, 고신뢰성의

NxN Channel의 광스위치 어레이를 개발하기 위한 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다. 통신과 데이터 망 서비스의 폭발적인 증가와 인터넷의 급격한 확대로 대용량 전송과 다양한 서비스의 제공 등에 필요한 전송기술의 비약적인 발전이 필요하게 되었고, 또한 밀집 도시지역에서는 향후의 사용을 위해서 보유하고 있었던 예비 선로가 다 소진되기 시작하고 있는 실정이다. 이러한 환경에 대처하기 위해서 국제적으로 광선로망의 전송속도를 10 Gb/s까지 올리고 있고, 광채널 신호들을 다중화하여 선로속도의 한계를 극복하는 WDM 방식을 이용하여 무한대의 대역폭을 얻으려하고 있다.

WDM에서 필수적으로 요구되는 핵심 장치인 광회선분배기(OXC: Optical Cross connector)는 운영자의 요구나 장애복구를 위하여 광신호를 회선 분배하는 기능과 감시제어 신호를 통해 각 채널의 상태 및 광신호의 품질 등에 대한 정보를 감시하여 다른 노드에 전달하는 기능을 수행할 수 있어야 한다. 특히, 신속한 장애복구를 위해서는 이러한 기능을 고속으로 수행하는 것이 필수적이다. 이외에도 낮은 입력 소실, 낮은 광간섭, 그리고 저가격화가 필요하다. 광회선분배기는 작은 채널 개수를 갖는 열형 구동 방식[1][2]과 정전형 구동 방식[3]으로 이미 제안된 바 있다.

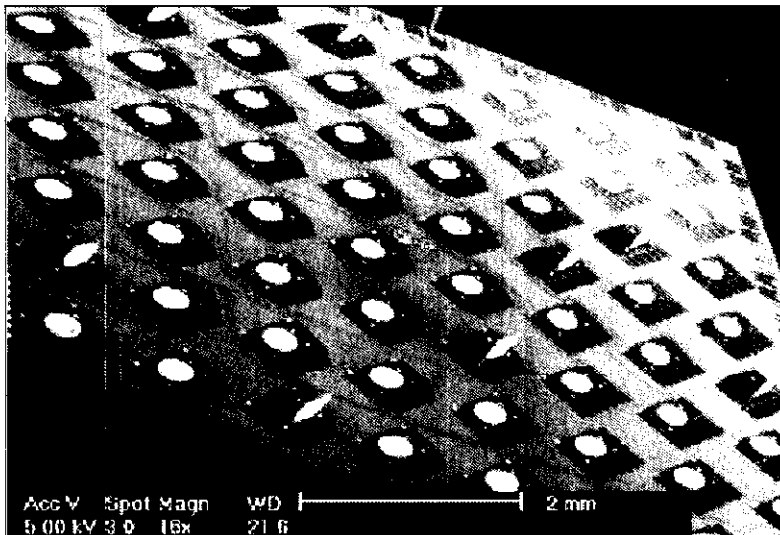
WDM 방식은 광섬유의 저손실 파장대역을 여러 개의 좁은 채널파장 대역으로 분할하여 각 입력 채널마다 하나의 파장대역을 할당하고 입력 채널신호들을 할당된 채널 파장대역을 통하여 동시에 광전송하는 방식이다. WDM 전송방식은 완전히 수동소자로 구성될 수 있다는 특성 외에, 각 파장 채널은 서로 독립적이며 전송 데이터 형식에 무관하다는 투과성이 있어 아날로그 신호와 디지털 신호를 동시에 전송할 수 있고 또한 서로 다른 전송률의 신호들을 함께 전송할 수 있다는 장점이 있다. WDM 전송 방식의 용이한 확장성 및 투과성 등의 장점으로 미래에는 보다 넓은 활용영역을 가질 것으로 예상되는 전송방식이다. 파장이 고정된 송수신기와 파형

가변 수신기를 사용함으로써 수신단에 다중 서비스를 선택적으로 수용할 수 있는 시스템이다. 또한 이 시스템은 토큰 패스 방식에 의해서 비스간 충돌을 방지하고 수신단에서 원하는 서비스를 수용할 수 있다.

각 채널의 연결을 위해서는 광형 결합기라 불리는 광회선분배기가 매우 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 시스템이 안정적으로 원활한 동작은 광회선분배기의 특성에 좌우된다고도 할 수 있다. 따라서 광회선분배기는 낮은 입력손실(typ. < 1dB), 낮은 Crosstalk(typ. < -50dB), 수 ms 정도의 스위칭 속도, 저전력 소모, 작은 크기, 저가격화 등의 조건을 만족시켜야 한다. 이러한 조건을 만족시키고자 많은 종류

의 광회선분배기들이 제작되고 있다. 이 중 MEMS 기술을 이용한 광회선분배기가 입력 손실, Crosstalk, 속도, 가격 면에서 상용화되고 있는 WDM에 가장 적합한 방식이다. 아래의 그림은 Bell 연구소에서 제작한 것으로 정전 구동 방식을 이용한 광회선분배기이다. 정전 구동 방식에 의해 구동하므로 열 구동 방식에 비해 동작속도가 빠르며, 장시간 사용에도 안정적으로 동작할 수 있고, 전력 소모가 작다는 장점을 갖는다. 또한 비교적 간단한 방법으로 다수개의 입·출력 단을 갖도록 제작할 수 있다. 그러나 입·출력 단에 위치하는 광 Fiber와의 거리를 줄이는데는 한계가 있으므로 그 수가 많아짐에 따라 거울면의 크기도 비례하여 증가시켜야만 한다.

제한된 구조의 동작 특성은 속도가 0.5 ms이며 contrast가 60 dB 이상이며, crosstalk이 -60 dB 이하이다. 위에서 언급한 바와 같이 MEMS 기술을 이용하면 반도체 소자를 이용한 경우에 비해 많은 장점을 가지게 할 수 있다. 그러나 100~1,000 배 정도의 낮은 동작 속도를 가지므로 향후 데이터 전송량이 기하 급수적으로 늘어날 것이 예상되는 환경에서는 해결해야만 하는 문제점으로 지적된다. 그러므로 동작 속도가 향상된 구동기의 개발이 필요하며, 아울러 안정적 동작과 광손실이 작은 광회선분배기의 개발이 요구된다.



정전구동형 방식으로 구동하는 광회선분배기