

차세대 IT 산업에 MEMS 기술의 응용

박재영, 부종욱

마이크로시스템그룹, 소자재료연구소, 엘지전자기술원

1. 서론

현대에는 정보화사회 혹은 정보전쟁의 시대라고도 할 수 있다. 즉 현대인들은 시간과 공간의 제약 없이 대용량의 정보들을 새롭게, 빨리, 쉽게 주고받기를 원한다. 이러한 시대적 요구에 따라서 정보통신 기술은 급속도로 발전 성장하고 있으며, RF (Radio Frequency) MEMS와 optical MEMS 기술이 바로 이러한 IT 산업을 이끌 차세대 핵심 전략 기술로 전세계적으로 활발히 연구되고 있는 분야이다. RF MEMS 기술은 쉽게 풀이하자면 MEMS 기술(반도체기술의 upgrade 버전으로 2차원, 3차원 마이크로 구조물 가공기술)을 휴대형 정보기기, 이동 및 무선 통신기기 등에 적용하여 소형화, 저가화, 경량화, 집적화, 그리고 고성능화 시키는 데 필요로 되는 차세대 신기술이다. 그리고 Optical MEMS 기술은 MEMS 기술을 광통신 시스템이나 광 송수신 모듈에 적용하여 저가화, 고기능화, 소형화시키는데 이용되는 핵심 기술이다. 또한 이러한 기술들의 장점은 기존의 제품들에 적용되어 소형화, 고성능화, 그리고 저가화 시키는 것을 뛰어넘어 새로운 부품 및 시스템의 창출을 가져올 것이다. RF (Radio Frequency) MEMS와 optical MEMS 기술의 대표적인 적용 및 응용 예를 통하여 이 기술들이 앞으로 IT 산업에 가져올 파급효과를 살펴 보도록 하자.

transceiver) 라고 하는데 이를 구성하는 RF 부품들은 필터, 인덕터, 스위치, 커패시터, 공진기, 안테나, 증폭과 같은 수동소자들과 HBT, FET 등과 같은 능동소자의 조합으로 구성되는데 현재는 앞에서 언급한 수동소자들이 능동소자들과 별도로 제작되어 패키징된 후에 PCB 기판위에 IC 칩들과 assembly 되기 때문에 차세대 무선통신/정보기기들의 소형화, 경량화, 다기능화를 가로막는 가장 큰 장애물이다. RF MEMS 기술을 이용하게 되면 앞에서 언급한 RF 수동 부품들을 제작하는 공정이 능동소자들과 매우 흡사하여 한 기판위에 능동소자들과 수동소자들의 집적화 및 소형화가 가능하여 RF 송수신기를 single chip으로 구현이 가능하다. 그림 1은 RF MEMS 기술이 RF 송수신기에 적용되었을 때의 그 효과를 보여준 것으로 기존의 board level implementation 기술을 이용했을 때와의 차이점을 보여주고 있다. 다, 초소형 single chip transceiver 는 무선/정보통신기기뿐만 아니라 군용 통신기기, 위성통신기기, 우주선 등등 많은 응용분야에 폭 넓게 사용될 수 있다.

II. RF MEMS 기술의 응용

우리가 사용하는 휴대폰과 같은 통신기기나 정보기기 등등에는 우리가 하는 말, 문자, 신호, 이미지 등이 처음에는 디지털신호로 입력이 된 후 기지국이나 다른 통신/정보기기에 전송이 되기 위하여 아날로그 신호로 바뀌는데 이때 바뀌어진 아날로그 신호가 잘 전송 및 수신이 되도록 해주는 RF 회로 혹은 모듈이 있다. 이 회로를 RF Front-End 모듈 혹은 RF 송수신기 (RF

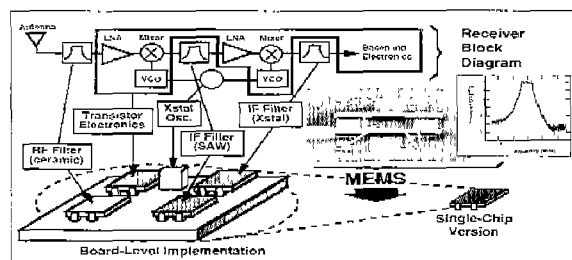


그림 1. RF 송수신기에 RF MEMS 기술의 적용 예

2-1. RF MEMS 스위치

현재 전세계적으로 추진되고 있는 세 3 세대 이동통신인 IMT2000은 기존의 음성, 데이터 통신의 고속화, 고도화뿐만 아니라, 동화상 전송(2 Mbps 급)등의 멀티미디어 서비스를 가능하게 하는 획기적인 방식이지만, 표준이 다른 지역간의 roaming 및 기준에 보급된 셀룰러/PCS와의 호환성이 문제가 되고 있다. 따라서 새로운

개발될 IMT2000 단말기는 기존의 셀룰러/PCS를 겸용할 수 있게 하는 multi-mode/multi-band 기능이 기본적인 사양이 될 것이 거의 확실하다. 또한 10Mbps급 이상의 초고속 대용량 이동통신인 제 4 세대 MB-ISDN도 multi-mode/multi-band 기능을 기본사양으로 해서 표준이 서로 다른 지역에서 문제없이 사용될 것이다. Multi-mode/multi-band 기능을 갖는 초소형 제 3, 4세대 이동통신단말기 개발에 꼭 필요한 소자가 RF 스위치다. 하지만 현재 사용되고있는 RF 스위치는 FET와 Pin diode 스위치와 같은 반도체 스위치로써 높은 삽입손실과 낮은 isolation, 높은 전력소모, 좋지 않는 고주파 특성 등 여러 문제점을 갖고 있다. 따라서 이러한 반도체 스위치의 문제점을 개선한 새로운 스위치가 개발되고 있는데 바로 그것이 RF MEMS 스위치다. 한 예로 반도체 스위치의 소비 전력은 mW로써 이는 반도체 스위치 1개당 MEMS 스위치 1,000개의 소비 전력과 같은 결과로써 통신 시스템의 고집적화에 유리하다. 또한 MEMS 스위치는 기존의 반도체 공정으로 제작한 능동소자와 집적화 및 On-Chip Packaging이 가능하다는 것도 장점이다. 이러한 RF MEMS 스위치는 송신 신호/수신 신호 전환기, 임피던스 정합 회로, mm-wave 대역의 tuning element 등으로 다양하게 사용되기 위해 연구 개발 되고 있다.

첫째, 낮은 삽입 손실과 높은 isolation 특성을 갖는 RF MEMS switch를 antenna의 송신 신호/수신 신호간 전환(diversity) switch 기능으로 사용하는 cellular, PCS, IMT 2000 등이 서로 호환이 가능한 단말기를 개발 할 수 있다. 또한 단말기의 수신기 잡음지수 및 송신기 전력 증폭기 전력 효율도 크게 향상시킬 수 있다..

둘째, RF MEMS switch를 이용해서, 고효율/소형/저가격의 multi-mode/multi-band IMT2000 전력 증폭기 모듈을 개발한다. 기존의 multi-mode/ multi-band 전력 증폭기는 미국 Anadigics 사의 AWT919D 전력 증폭기 모듈의 경우와 같이, 주파수 대역 별로 별도의 전력 증폭기를 구성하고, 사용하고자 하는 주파수 대역의 증폭기만 선택적으로 동작되도록 구성되어 있다. 따라서, 전력 증폭기 모듈이 여러 개의 별도 증폭기 chain으로 구성되어, 전체 모듈 크기가 커질 뿐만 아니라, 가격도 매우 비싸진다. RF MEMS switch를 이용한 전력 증폭기는 단일의 증폭기 chain만을 가지고 있고, 입력과 출력의 임피던스 정합 회로가 mode나 band에 따라 적절한 impedance를 갖도록 되어 있다. 이러한 변환은 임피던스 정합 회로 안에 삽입 손실이 작은 MEMS switch

를 함으로써 가능하다. 통상적으로 multi-mode 구현을 위해 FET switch를 사용한 경우에 50 %의 효율을 얻을 수 있다면, MEMS switch를 사용하는 경우에는 63 %의 효율을 얻을 수 있다. MEMS switch는 전력 소모가 거의 없고, 수 십 W의 높은 출력의 신호에 대해서도, 신호 왜곡이 없는 장짐도 갖고 있다. 또한, 본 전력 증폭기 모듈은 증폭기 chain이 하나로 되어 있어, 가격 및 모듈의 크기 면에서, 다른 제품에 대해 뚜렷한 경쟁 우위를 갖을 수 있다.

셋째, mm-wave 대역의 tuning element로서 tunable MEMS capacitor로 사용가능 하여서 주파수 가변 가능한 tunable filter, mm-wave load-pull(임의의 임피던스 합성기)를 개발할 수 있으며, 초소형 tunable phase shifter 나 tunable phased array antenna 같은 제품개발에도 응용 가능하다. 특히 위상배열 안테나는 군용 또는 민간용 레이더, 위성 통신 등에 다양한 목적으로 사용되고 있다. 또한 MMIC와 MEMS 소자의 결합 측면에서 MEMS 스위치의 개발은 다음과 같은 장점과 연구 가치가 있다.

RF micromechanical switch는 cantilever와 membrane 구조의 스위치들과 rotary 방식의 스위치들이 있으며 이들 대부분이 정전기력을 이용하여 구동되는 원리를 갖는 용량형의 소자들으로써 Raytheon System Corporation, Rockwell Science, Michigan 대학, LG 등에서 연구를 수행하고 있으며, DC 전류도 통과할 수 있는 집적 절삭 방식의 정전기력 방식의 저항형의 스위치는 Texas Instruments, Samsung 등에서 연구를 수행하고 있다. 그림 2는 저항형 스위치와 용량형 스위치의 구조에 대하여 쉽게 설명해 준다. 미국 콜로라도 대학에서는 열전(Electro-Thermal) 구동 방식, LG에서는 압전구동방식을 채택하여 저 전압구동 스위치를 연구개발하고 있다. 그림 3은 제작된 스위치들의 사진들이다. 표1에서 본 바와 같이 RFMEMS 스위치들의 성능이 기존의 반도체 스위치들의 성능보다 우수함을 볼 수 있다.

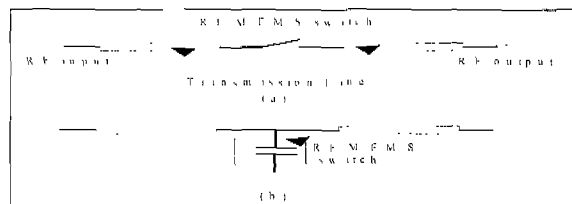
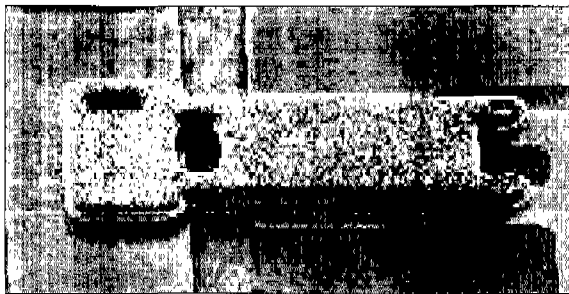
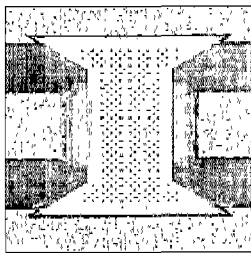


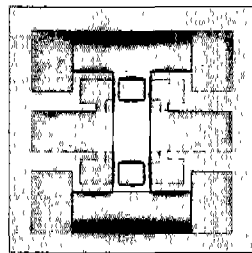
그림 1. RF MEMS 스위치의 개념도 : (a) 저항형 스위치 (b) 용량형 스위치



(a)



(b)



(c)

그림 3. RF MEMS 스위치: (a) 저항형 스위치 (Northeastern 대학) (b) 용량형 스위치 (Ti) (c) 용량형 스위치 (LG)

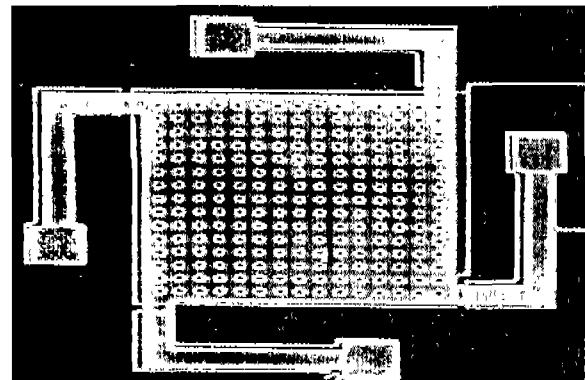
번호	GaAs FET	RSC	Ti	HRL	Michigan	LG Elte
구동전압 (V)	~1	~60	~50	~25	15~20	5~10
삽입손실 (dB)	2 at 6 GHz	0.2	0.15 at 10 GHz	0.2	0.6 at 22 GHz	~0.1
색리도 (dB)	22 at 2 GHz	32 at 10 GHz	15 at 10 GHz	40 at 12 GHz	20 at 22 GHz	42 dB at 5 GHz
응답속도 (ns)	0.01	2~5	35~53	20		5~10
스위칭 원리		Au metal, 저항형	용량형	Au metal, 저항형	용량형	용량형

표1. RFMEMS 스위치들과 반도체 스위치의 성능 비교

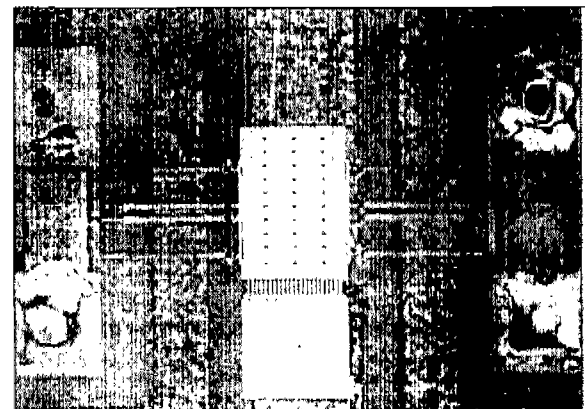
2-2. RF MEMS 가변 커패시터 와 3-D 구조를 갖는 인덕터

RF MEMS 가변 커패시터의 경우 기존의 PN junction의 공핍층을 이용하는 semiconductor varactor에 비하여 tuning range가 넓고, 손실이 적고, 전력소모가 작고, 고주파 특성이 좋기 때문에 널리 연구가 이루어지고 있다. RF MEMS 가변 커패시터의 경우 두개의 평행판 사이의 gap을 조절하여 커패시턴스를 변화시키는 구조(그림 4의 (a-c))와 interdigitized comb 구조에서 겹치는 면적을 조절하여 커패시턴스를 변화시키는 구조(그림 4의 (d))가 있으며 구동방법에 있어서도 정전력 구동, 열진구동, 압전구동 방식등 다양하다. 인덕터의 경우, 기존에는 반도체 기술로 집적화된 인덕터의 Q값과

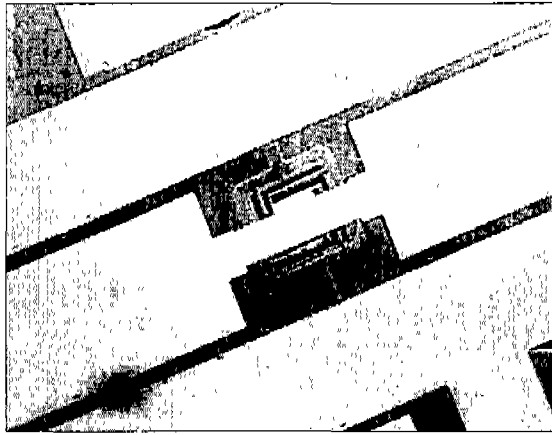
인덕턴스값이 충분히 크지 못하여 discrete 한 인덕터가 송수신기 제작에 사용되어 왔다. 하지만 RF MEMS 기술이 적용되면서 그 성능이 월등히 개선되고 집적화도 가능하여서 차세대 초소형 RF 송수신기 개발에 큰 도움이 될 것이다. 그림 5는 집적화된 3-D 인덕터를 보여준다. 3차원구조의 MEMS 인덕터의 코어로는 공기나 절연체가 많이 쓰이는데 그 이유는 자기코어의 경우 도체이기 때문에 고주파에서 손실이 크기 때문이다. 그림 5의 a, c, d의 인덕터는 공기를 사용했고 b는 alumina 라는 절연체를 코어로 사용했다. 특히 그림 5의 c,d 에서 보여준 인덕터는 기판으로부터 손실을 줄이기 위하여 기판으로부터 소자들을 띄운 상태로 제작되었다. 참고로 기존의 송수신기에서 인덕터는 전체 RF 송수신기 면적에서 70~80%를 차지하고 있기 때문에 좋은 특성을 갖는 집적화된 인덕터 개발이 필요하였다. RF MEMS 인덕터와 가변커패시터를 이용하면 현재 송수신기에 사용되고 있는 off chip 형태의 VCO(Voltage Controlled Oscillator)도 on chip 으로 제작 가능하다.



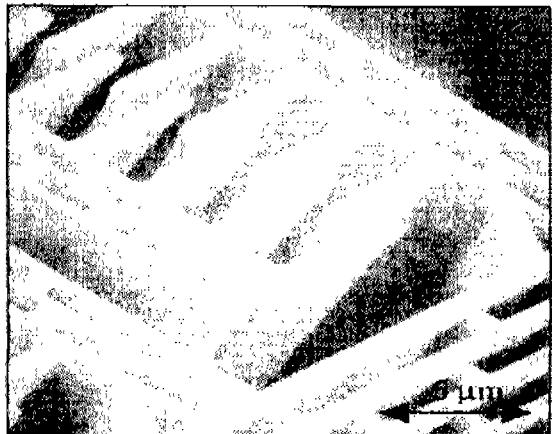
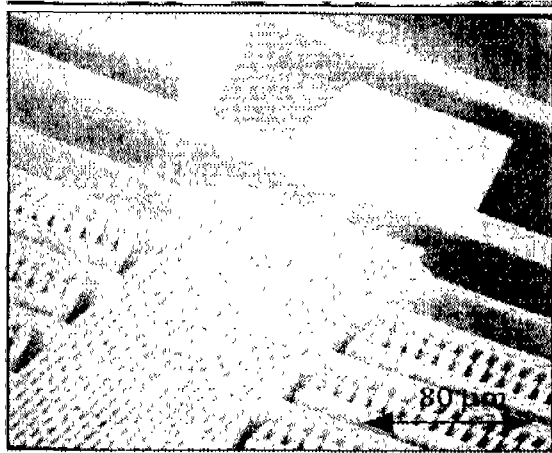
(a)



(b)

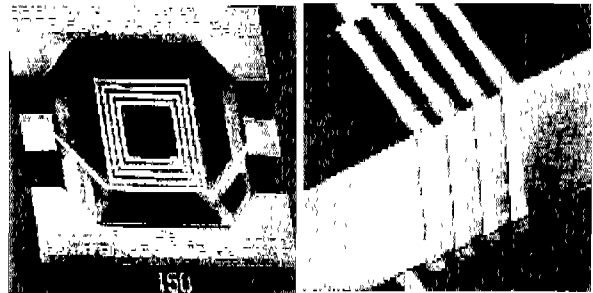


(c)



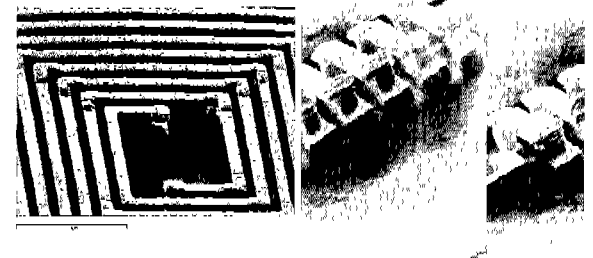
(d)

그림 4. RF MEMS 가변 커패시터: (a) 정전력구동방식 (버클리 대학)(b)열전구동 방식 (콜로라도 대학), (c) 압진구동 방식 (LG), (d) 정전력 구동의 interdigitized comb 구조 (Rockwell)



(a)

(b)



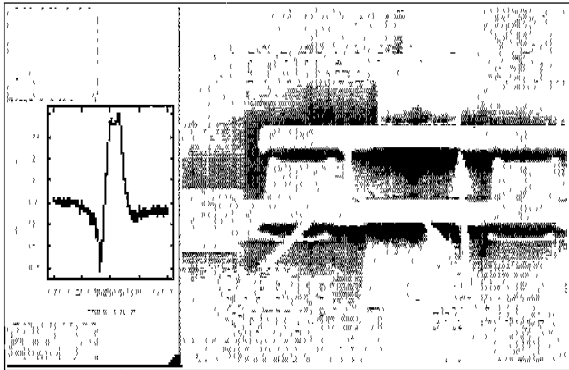
(c)

(d)

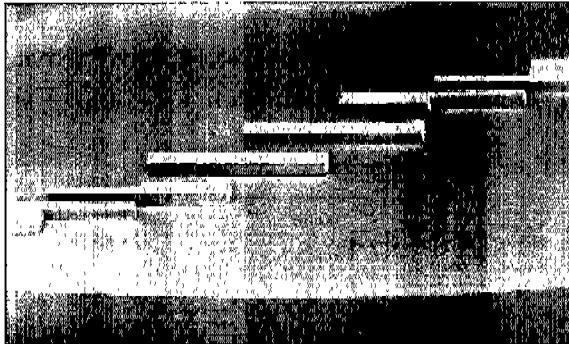
그림 5. RF MEMS 3-D 인덕터 : (a)spiral type (미시간 대학), (b) solenoid type (버클리대학), (c) suspended spiral type (LG), (d) suspended solenoid type (쇼시아공대)

2-3. RF MEMS 필터

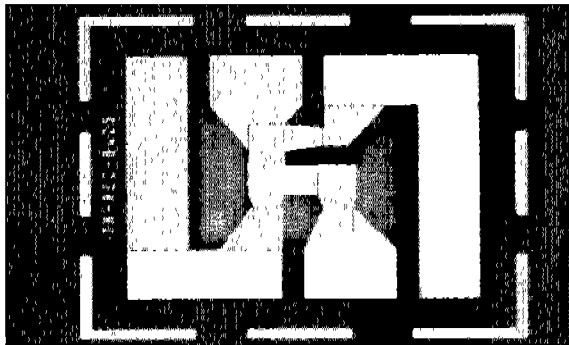
RF 송수신기에서 꼭 필요한 수동소자가 또한 필터이다. 기존의 discrete 형태의 유전체 필터를 대신할 RF MEMS 필터 연구가 많이 수행되고 있는데 이들 RF MEMS 필터들은 소형화, 집적화가 가능한 장점을 갖고 있다. 그림 6의 a는 기계적인 공진기의 coupling 을 이용하여, b는 진기도움으로 증착된 두꺼운 구리선들의 상호 capacitive coupling 을 이용하여, c는 압전체의 기계적인 움직임을 이용한 공진기를 결합하여 전기식인 필터를 구현하였다. 이들 필터 가운데, 그림 6의 c에서 보여준 FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator) 필터가 PCS, IMT2000, 제4세대 통신기기에 적용을 위하여 널리 연구되고 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 6. RF MEMS 필터: (a) micromechanical type (미시간 대학), (b) LIGA like metallic type (LG), (c) FBAR type (LG)

III. Optical MEMS 기술의 응용

MEMS(Micro Electro Mechanical System) 분야를 소형화와 저가격화라는 대치 개념을 뛰어넘어 새로운 시스템의 창출 및 실현이라는 관점에서 볼 때, 가장 가능성이 크게 열릴 수 있는 응용 분야 중 하나로 광학 기술과 접목된 광응용 MEMS 분야를 꼽을 수 있다. 광 응용을 위한 MEMS의 연구는 MEMS 기술의 발아

기인 70년대 Peterson 등에 의해 처음 보고된 이후 미미한 상태에 머물렀으나, 90년대 이르러 본격적으로 활발한 연구가 진행되고 있다.

광응용광신호 제어용 MEMS	파장 가변 필터	페브리 케코(Fabry-Perot)형 필터, 광도파로 형 등
	가변 피상 레이저	VCSEL 형, 링
	광 모듈레이터	로컬 랜(local LAN)급 스위치(MARS)/10 MHz
	디스플레이	가동비터 어레이(DMD, GLV, TMA)
	광스위치	저 삽입손실 낮은 파장/변파 의존성, 확장성
	스캐너	프린터, 디스플레이, 홀로그래프 저장 장치 등
	초피 & 셔터	초전형 직외선 센서, 빔 제어용
	커넥터 & 커플러	V 소용 SFT(small form factor) 용 SOBS(Silicon Optical bench), LIGA 성형 가능
	마이크로 렌즈	감광제 리플로우(reflow), 실리콘 증착, LIGA/SU-8 등
간섭계	회절 격자판 이용한 화학 분석기	
가변 초점 미러/렌즈	박막 멤브레인용 이용한 가변 미러	
광신호 감지용 MEMS	NSOM(Near field scanning microscope)	탐침 가공, Tracking
	인코더, 변위 센서	레이저 다이오드, 렌즈, 도파로의 집적화
	광 지상상지	근접장 기록용 솔리드 이미지 센즈, 트래킹치, 슬라이드 등
	광도파로 센서	간섭계에 의한 물리량/화학량 검지
광섬유 센서	물리량/화학량 원격 검지	
광을 이용한 MEMS 제작/구동	레이저 메니플레이터	미세 물질(세포, 분자) 조작
	레이저 가공	곡면, 정밀 3차원 가공
	광 소형법	3차원 구조물 제작

표 2. 광 응용 MEMS 의 연구 예

TI의 디스플레이 관련 미러가 상품화를 달성하였고, 최근에는 광통신 분야를 중심으로 시스템 업체와 부품 업체 업체간의 활발한 기업 인수나 합병이 이루어지는 등, 가장 기술 개발이 치열한 분야 중 하나로 부상하고 있다.

광응용 MEMS는 광의 범위에서 표 1과 같이 광신호를 제어하는 수단과 감지하는 수단, 또한 광을 이용하여 구조물을 제작하거나 가공하는 방법을 모두 포함하여 생각할 수 있다. MEMS 기술을 이용한 광응용 시스템의 이점은 낮은 구동력으로 광을 제어할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다. 또한 정전기력이나 전자기력들을 이용하여 AOM(음파 광 변조기), 등보다도 큰 편향각을 얻을 수 있고, 부피의 감소로 인해 공진 주파수가 증가하므로 고속 응답 특성을 갖는 소자를 제작할

수 있다. 가격적인 측면에서도 기본적으로 반도체 일괄 공정 및 이방성 에칭등에 의해 저가의 고정밀 부품을 얻을 수 있으며, 기계적 구동에 의한 삽입 손실의 최소화를 꾀할 수 있다. 이 밖에도 소형화에 의해 공진 주파수가 증가함으로써 지주파 노이즈의 영향이 적어지며, 열팽창에 의한 노이즈 역시 저감된다.

3-1. 대용량 광스위치

MEMS 기술은 파장분할다중화(DWDM : dense wavelength division multiplexing) 광통신 시스템에 응용되는 핵심 부품인 광 스위치나 광 송수신 모듈 등을 저가화, 고기능화, 소형화로 구현할 수 있는 핵심 요소 기술이다. 최근 폭발적으로 증가하는 전자상거래 및 정보검색 등으로 인한 인터넷 트래픽, 대용량 데이터 서비스, 멀티미디어 서비스 등의 수요를 충족시키기 위해 테라(tera) bps급의 대용량 광통신시스템이 필수적이다. WDM방식은 기존에 포신된 광섬유를 그대로 이용하여 통신 속도를 수백 배 이상 증가시킬 수 있는 가장 경제적인 방안으로 각광 받고 있다. 대용량 WDM시스템의 실용화를 위해서는 망운용 효율의 극대화를 위한 회선 분배(cross-connect) 스위칭 시스템이 필수적이다. 예를들어, WDM네트워크의 일부 채널이 단절될 경우 우회 선로를 찾아주지 못한다면 전체 시스템이 마비되는 통신대란이 일어날 수 있다. 확장성 (scalability), 신뢰성, 저소비전력 등의 요건을 만족하는 대용량 배열 광스witch는 WDM용 회선 분배 시스템의 핵심 소자이다. 이 소자는 또한 임의의 장소에서 광신호를 추가하거나 분배할 수 있는 애드/드롭(add/drop) 다중화기의 핵심 소자이기도 하다. 현재는 전화국의 설비의 공간을 차지할 정도의 대규모 전자식 스위칭 시스템이 일부 이용되고 있지만 실리콘 미세가공을 이용하여 집적화된 소형 광스위치로 이를 대체할 경우, 소비전력의 감소, 전화국간의 연결수 감소, 필요한 네트워크 요소들의 감소, 회선 복구 시간 단축 (10~100배)등의 장점을 얻을 수 있으며, 이로 인해 25% 이상의 비용 절감이 예상될 수 있다. 특히, 회선분배용 미소 광스위치 소자는 WDM시스템의 핵심 기술로서 선진국에서는 부품기술의 이전은 물론 부품 자체의 판매를 꺼리고 있을 뿐만 아니라, 고가의 장비 전체를 구매하도록 강요하고 있는 실정이다.

지금까지 연구되어 온 미소 광스witch는 평면 광도파로 구조 (PLC : Planar lightwave circuit)를 이용하는 소자가 주류를 이루고 있다. 그러나, 이러한 평면 도파로형 광소자는 포트 수가 증가함에 따라 소자의 내부

구조가 복잡해져서 삽입손실, 누화, 편광의존성 등이 매우 나빠지게 된다. 이로 인하여 16x16 이상의 광스witch를 구현하기에는 현실적으로 거의 불가능하다. 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 소자로 기존의 실리콘 반도체 공정과 광기술을 접목함으로써 32x32이상의 고성능의 배열형 광스witch를 용이하게 구현한 기술들이 최근 연이어 발표되고 있다.

이러한 회선 분배 스위치에 대한 접근 방법으로는 NxN개의 매트릭스 배열의 미러 어레이를 이용한 어드레싱 방법(AT&T, OMM 등), 균열을 정한 유체를 이용하거나 유체내 비블의 전반사를 이용하는 방법(NTT, Agilent), 2N 개의 비러를 이용하여 3차원적인 배열 구성을 이용하는 방법 (Lucent, Xros, Tellium, LG, Onix, 등)등이 지금까지 발표되어 왔다.

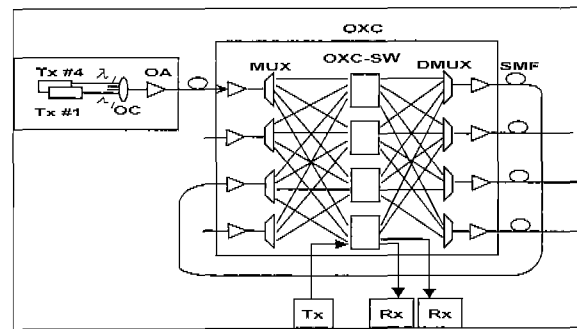
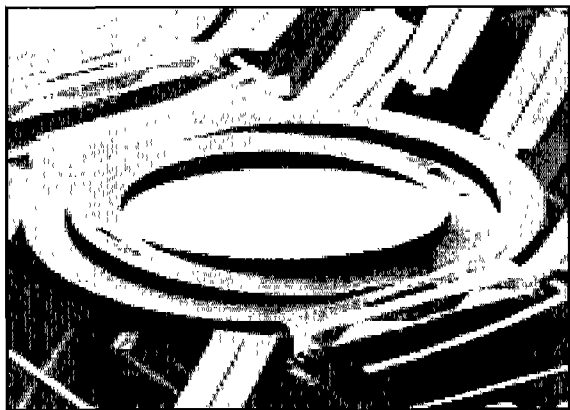


그림 7. 파장분할다중화 네트워크

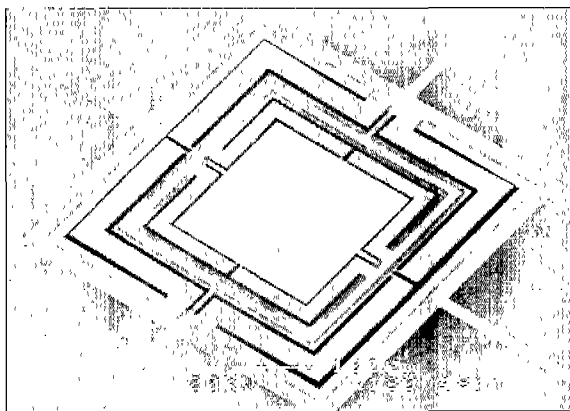
그림 8의 (a)는 2000년 루슨트에서 보고되었던 256x256 광라우터용 미러 어레이에서 512개의 미러 어레이를 이용하는 난 블록킹(non-blocking) 형의 회선 분배 스위치에 사용된 마이크로 비러이다. 이 미러는 2축 자유도를 갖는 김벌 구조를 갖고 있고, 아날로그 제어에 의해 구동된다. 이 경우 비러에서 충분한 각도를 얻기 위해 두개의 구동기가 사용되는데, 비러 자체를 부상시키기 위한 bimorph 형의 구동기와 실제 비러를 미세하게 움직일 수 있는 정전기력 구동기가 설치되어 있다. 그림 8의 (b)는 LG에서 개발된 마이크로 비러의 SEM 사진이다. 본 비러는 압전 박막에 의해 2축 자유도를 갖고 미세 구동을 할 수 있도록 제작되었다. 그림 8은 마이크로 비러 어레이에 의해 스위칭 동작을 디지털로 행하는 AT&T가 보고한 16 x 16 미러 어레이와 그 구성도를 나타낸 그림이다. 그림 9는 디지털로 구동되는 스위치들을 보여준다. 아날로그와 디지털로 구동되는 광스witch들의 장단점을 비

교하면, 먼저 광도파로와 유체를 구동하여 광을 전반사 시키는 구동방식을 이용하는 경우 유체의 패키징이 복잡하고, 일정 유체의 주입등에 제조상의 문제가 있다. 미리 형태의 문제점으로는 첫째, 입출력으로 이용되는 광섬유들을 정밀하게 거울과 정렬하는 것, 둘째로 서로 다른 광섬유 간의 광경로 차이로 인하여 유발되는 삽입손실의 불안일, 셋째로 반복적으로 거울을 구동하고 난 후에 정확하게 제 자리를 찾아가지 못하는 문제로 인한 손실 및 누화 등의 문제가 예상된다.

그러나 미래의 이동을 디지털로 행할 수 있다는 점에서 제어는 쉽다는 장점이 있다. 일반적으로 3차원 2N 형은 NxN 형에 비해 확장성이 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 3 차원 광정렬에 따른 조립공정의 난이도가 NxN형에 비해 높고, 정확한 위치 제어를 위해 피드백 제어 등의 문제를 해결해야 하는 어려움이 있다.

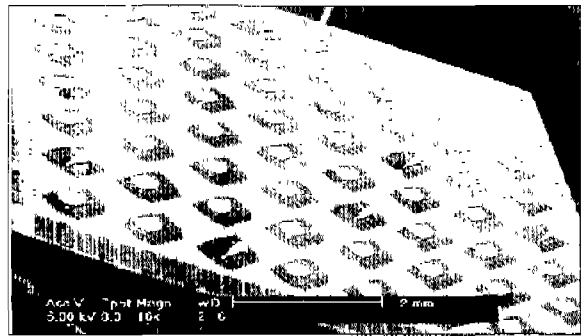


(a)

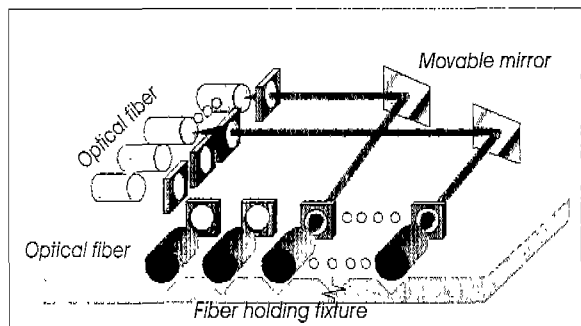


(b)

그림 8. 2축 자유도(2축)를 갖는 아날로그형 마이크로 미러 액츄에이터: (a) 원선 및 정선벽 구동 방식 (Lucent), (b) 압전구동 방식 (LG)

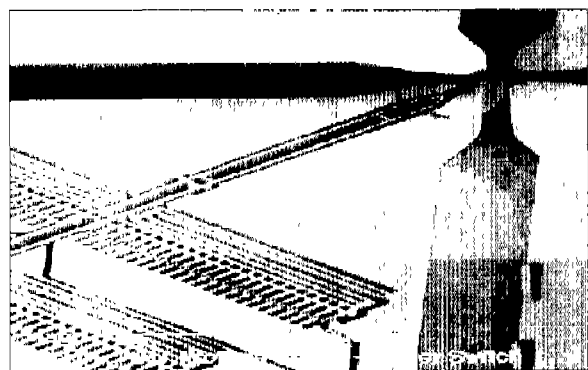


(a)



(b)

그림 9. 회선분배 스위치(AT&T)



(a)

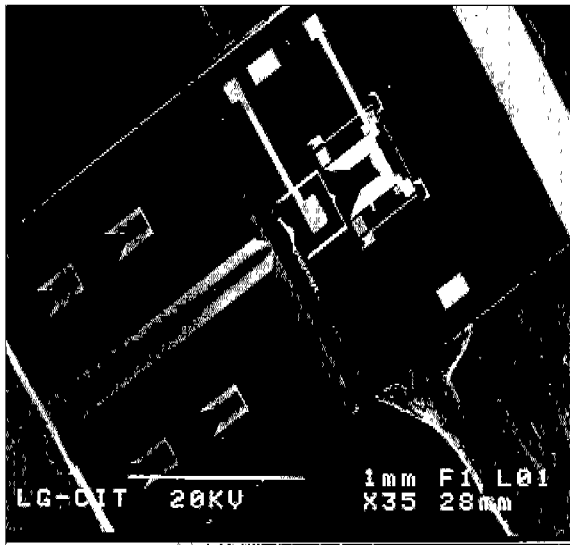


(b)

그림 10 on/off 방식의 디지털형 광스위치: (a) 2 x 2 (노세텔 대하), (b) 1 x 2 (Lucent)

3-2. 광 케넥터

광의 주파수는 전기와 비교하여 상당히 높으므로 광의 전송 능력은 압도적으로 우수하나 어느 시점에서는 전기로 변환 시켜야 한다. 이러한 광과 전기의 상호 변환 과정을 어느 정도 순조롭게 진행 시키느냐라는 문제는 조립의 간편성, 또한 조립의 정확성과 연계되어 정확하게 규정되어야 한다. 이 모든 것은 단가와 밀접하게 관련되는 것으로서, 광통신의 경쟁력을 강화시킬 수 있는 중요한 요소로 대두되고 있다. 예를 들어 단파형 광섬유 코어부의 직경이 약 10 μm 라 할 때 정렬의 정확도는 약 1 μm 이내가 되어야 하므로 전기 배선의 입장에서 보면 생각할 수도 없을 정도의 높은 정확도가 요구되며, 이것이 광모듈의 조립 및 접속에 있어 비용을 크게 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 이러한 점에서 종래 사용되는 광량을 모니터하면서 조립하는 능동 정렬방법은 조립 시간의 지연으로 cost의 발생 원인이 된다. 이에 비해 실리콘의 이방성 에칭 특성을 이용한 V-홈의 형성에 의한 수동 정렬 방법은 열전도 특성이 비교적 우수한 열 반도체를 직접 이용할 수도 있고, 빠른 시간에 조립을 완성시킬 수 있다는 이점 때문에 광 접속 기술에서의 장래 가장 중요한 요소가 되리라 생각된다. 초기의 이에 대한 연구는 단순한 V-홈의 형성이 주가 되었지만, 미소 위치 조정 기능을 갖는 광 집속기 LIGA 기술을 이용한 커넥터 등 수많은 연구들이 보고되고 있는 실정이다. 이러한 제품은 이미 많은 회사들이 사용하고 있으며, 국내에서도 LG등에서 주문형 SiOB를 제작 시판 중이다.



(a)



(b)

그림 11. 실리콘 미소 광 플랫폼 (LG) · (a) transmitter-용, (b) transceiver-용

IV. 결 론

필자는 앞에서 차세대 IT 산업을 선도할 핵심전략기술로 RF MEMS 와 Optical MEMS 기술들에 관하여 이야기를 나누었다. 이러한 기술들은 앞에서 언급한 바와 같이 무선 및 이동통신 그리고 광통신에 적용되면 우리 삶에 커다란 변혁을 초래 할 것이다. 예를 들어 지금까지 설명한 바와 같이 초고속 인터넷시대의 대용량 정보의 고속 전송을 위해서는 초고속 광 통신망의 구축이 필수적이며, 이를 달성하기 위해 현재 상존하고 있는 기술적 난점을 극복해야 하는 것이 선결 과제이다. 필자는 문제 해결 방법들 중 하나가 MEMS 기술에 기반하여 접근하는 것이라 믿고 있으며, MEMS 기술과 광학 기술의 접목 즉 Optical MEMS 기술을 통해 새로운 시스템의 창출을 기대하고 있다. 또한 RF MEMS 기술을 이용하여 초소형 single chip transceiver 가 구현이 되면 손목시계크기의 휴대형 초소형 정보통신 단말기 구현이 가능하다. 또한 단순히 소형화의 장점뿐만 아니라 초소형 RF MEMS 부품들을 이용하게 되면 하나의 송수신기로 여러 가지 방식의 무선통신을 할 수 있어서 미국이나 유럽등 각국에 상관없이 동원한 초소형 단말기를 사용할 수 있고 또한 하나의 단말기로 여러 주파수 band (cellular, PCS, IMT2000, wireless LAN 등등...)에서 사용이 가능하게 할 수 있다. 또한



고밀도 집적화가 가능하여 화상전송을 포함한 대용량의 정보 전송도 가능하게 됨으로 차세대 정보화 사회구현에 일조 할 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Petersen K E, "Micromechanical membrane switches on silicon," IBM J. Res. Dev. 23 376?, 1979
2. Yao J J and Chang M F, "A surface micromachined miniature switch for telecommunications applications with signal frequencies from DC up to 4 GHz, Tech. Digest, 8th Int. Conf. on Solid-State Sensors and Actuators pp 384 7, 1995
3. Goldsmith C, Randall J, Eshelman S, Lin T-H, Denniston D, Chen S and Norvell B, Characteristics of micromachined switches at microwave frequencies, Tech. Digest, IEEE Microwave Theory and Techniques Symp,pp 1141, 1996
4. Jae Y. Park, Geun H. Kim, Ki W. Cheong, and Jong U. Bu, Electroplated RF MEMS Capacitive Switches, IEEE 13th International MEMS Conference, Miyajaki, Japan, January, pp. 639-644, 2000
5. Young D J and Boser B E, A micromachined variable capacitor for monolithic low-noise VCOs, Tech. Digest,

- Solid State Sensor and Actuator Workshop pp 86 9, 1996
6. Dec A and Suyama K, Micromachined varactor with wide tuning range, Electron. Lett. 33 922 4, 1997
7. Jae Y. Park, Young J. Yee, Hyo J. Nam, and Jong U. Bu, Micromachined RF MEMS Tunable Capacitors using Piezoelectric Actuators, Tech. Digest, IEEE Microwave Theory and Techniques Symp. May, 2001
8. K.E Peterson, "Micromechanical light modulator array fabricated on silicon", Appl. Phys. Letter, Vol 31, 8, p 521, 1977.
9. E. Ollier, P. Labeye, F. Revol, "Micro-opto mechanical switch integrated on silicon", Electronics Letter, Vol. 31, No. 23, p 1297, November 1995.
10. H. Toshiyoshi, Hiroyuki Fujita, "Electrostatic micro torsion mirrors for an optical switch matrix" Jr. of Micromechanical Systems, Vol. 5, No. 4, p 231, Dec. 1996
11. J.A. walker, P.P Iannone, WM McDonald, R. Ruel, R. Boic, S.C.Amcy, N.J. Frigo, D.J. Bishop, "3.5Mbit/sec. MARS modulator system performance for FTTH applications", Late-news poster session supplemental digest of Solid State Sensor and Actuator Workshop, Hilton Head Island, South Carolina, June 3-6, 1996, p 35

박재영

1995/1997년 Georgia Institute of Technology 전기 및 컴퓨터공학 석사/박사, 1997 ~ 1999년 Georgia Institute of Technology 연구 과학자, 1999년 2월 ~ 2002년 1월 현재 : 엘지전자기술원, 소재재료연구소, 마이크로시스템 그룹, 책임연구원, RFMEMS/TFBAR 팀장. 60 개 이상의 국내외 논문 발표, 50개 이상의 국내외 특허 출원, <주관심분야 : Optical MEMS, Bio MEMS, RF MEMS (초소형 RF transceiver, mechanical switches, tunable capacitors, balun, power divider, TFBAR, resonators, antennas, phase shifter, filters, oscillators, duplexers, transmission lines)>

부종욱

1992년 고려대학교 재료공학과 박사, 1995 ~ 1996년: University of Michigan, 전기 및 컴퓨터공학과, Center for Integrated Sensors and Circuits, 방문과학자, 1984 ~ 2002년 1월 현재 : 엘지전자기술원, 소재재료연구소, 마이크로시스템 그룹 실장, 연구위원, 70 개 이상의 국내외 논문, 특허 발표, <주관심분야 : Optical MEMS, sensors, RF MEMS>