

광기술 구현을 위한 마이크로머신

이 글에서는 최근 개발된 광 마이크로머신(MEMS)의 종류와 응용 예를 소개함과 동시에 극미세 광정보의 가공과 제어를 위해 필요한 기계기술의 내용과 특성을 조명하고자 한다. **조영호**

최 근 기술선진국들은 미래 지식산업시대를 겨냥한 고부가가치 지식정보 제품의 경박단소화 기술개발에 집중하고 있으며, 마이크로머신(Micro Electro Mechanical System)기술을 이용한 제품 크기의 극소화를 통해 성능(속도, 기능) 고도화와 가격 경쟁력 향상은 물론 에너지와 자원의 경제적 활용을 추구하고 있다. 또한 인류의 기술발전사 측면(표 1)에서 볼 때, 21세기에는 20세기 전자혁명의 주역이었던 전자정보뿐만 아니라 광학,

화학, 생물학적 정보 등 다양한 정보매체의 활용이 기대되고 있으며, 특히 광학정보의 활용에 관한 사회경제적인 요구는 이미 20세기 말 정보통신 및 컴퓨터 산업 분야를 중심으로 점진적으로 증폭되어 왔다.

이에 1980년대 증반 탄생한 마이크로머신 기술은 기계부품의 극소화는 물론 광학 및 열유체 부품의 극소화 기술로 발전하였으며, 이들 극미세 부품과 반도체 집적회로와의 결합을 통해 광학 화학 생물학적 극미세 에너지 및

물질을 취급할 수 있는 새로운 개념의 마이크로 복합소자의 실현 가능성을 보이고 있다. 이 중 광기계 부품의 경박단소화를 통한 광 마이크로머신의 개발은 광정보의 고속, 고밀, 대용량, 저손실 가공과 제어를 위한 새로운 도구를 제공함으로써 관련 첨단산업 육성은 물론 미래제품의 새로운 가치창출에 도전하고 있다. 이에 이 글에서는 최근 개발된 광 마이크로머신의 종류와 응용 예를 소개함과 동시에 극미세 광정보의 가공과 제어를 위해 필요한 기계

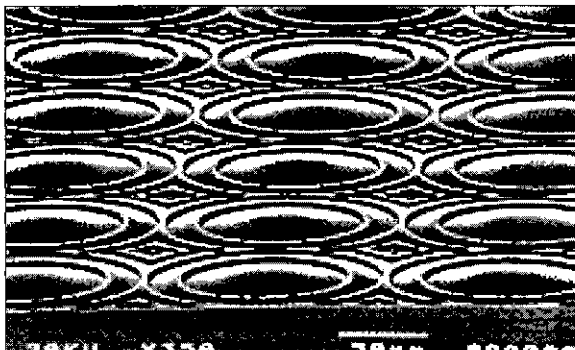


그림 1 마이크로 렌즈 어레이

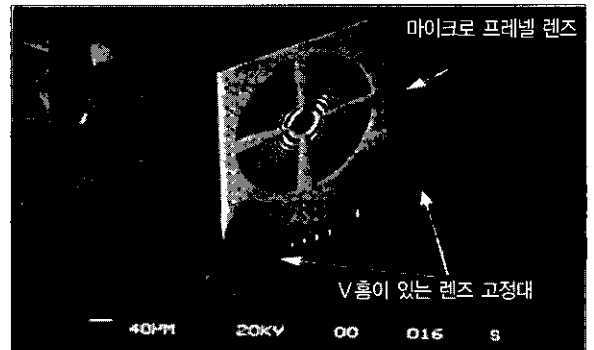


그림 2 마이크로 프리즈넬 렌즈

조영호/ 한국과학기술원 디지털나노구동연구단, 단장 · 교수/ E-mail : mems@kaist.ac.kr

표 1 과거, 현재, 미래 기술혁명의 핵심 및 특성비교

기술연대	산업혁명시대	전자혁명시대	지식혁명시대
시기	18~19세기	20세기	21세기
주 성장산업	기계공업	전자정보산업	지식정보산업
기술 원동력	기계가공기술	반도체미세가공기술	극미세가공기술
핵심 소재	철	반도체	박막금속, 반도체 및 폴리머
주요 제품	동력기 및 기계	집적회로 및 메모리	다매체 정보기기
관심 물리량	동력에너지	전기적 신호(전자)	광학·화학·생물학적 극미세 에너지
성능지표	강도/무게	속도/전력소모	기능×용량×속도/전력소모

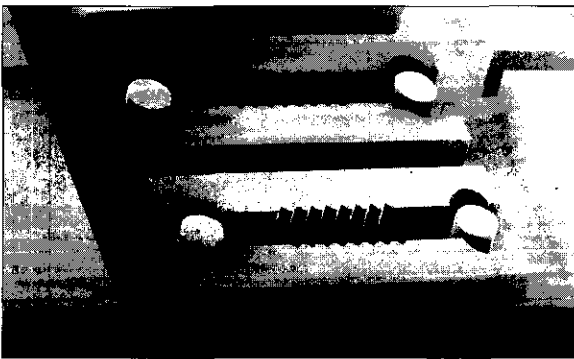


그림 3 마이크로 광 커넥터[KET]

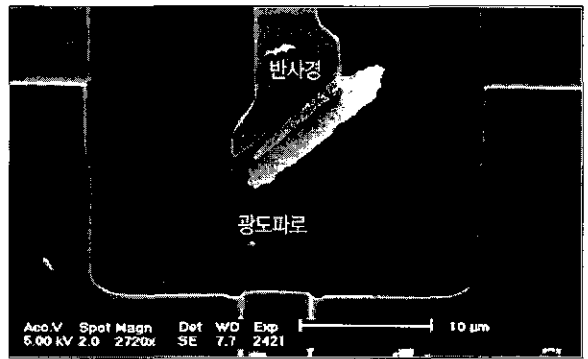


그림 5 실리콘 광도파로와 수평구동형 마이크로 반사경[KAIST]

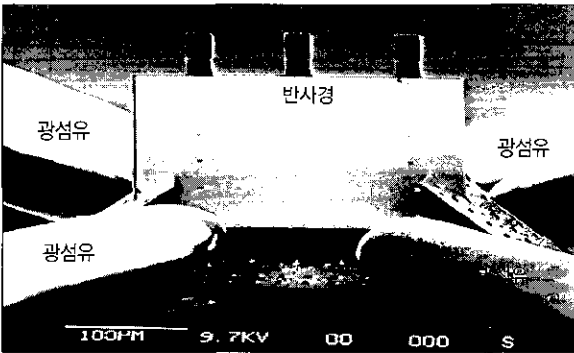


그림 4 마이크로 반사경



그림 6 안경형 디스플레이[SONY]

기술의 내용과 특성을 조명하고 자 한다.

광 마이크로머신 부품

광 마이크로머신에 사용되는 기본적인 광학부품으로는 렌즈

어레이(그림 1), 프리즈넬 렌즈(그림 2), 회절격자, 광섬유 연결 접속을 위한 광 커넥터(그림 3), 반사경(그림 4), 그리고 광신호 전달통로가 되는 광 도파로(그림 5) 등이 다양하게 개발되어 있다. 또한 기본적인 마이크로 광학부

품과 마이크로액추에이터의 결합으로 집적화된 능동형 광학부품을 구성하기도 한다.

광 마이크로머신 및 응용

광 마이크로머신의 주요 응용

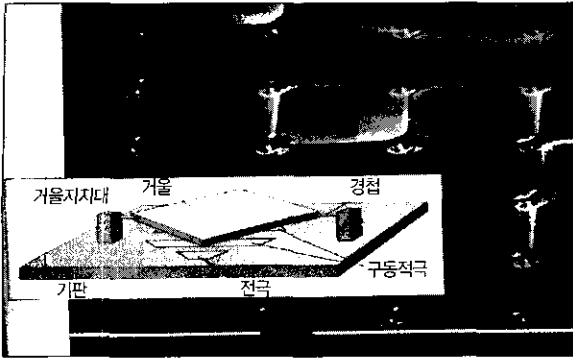


그림 7 정전형 대화면 디스플레이[TI]

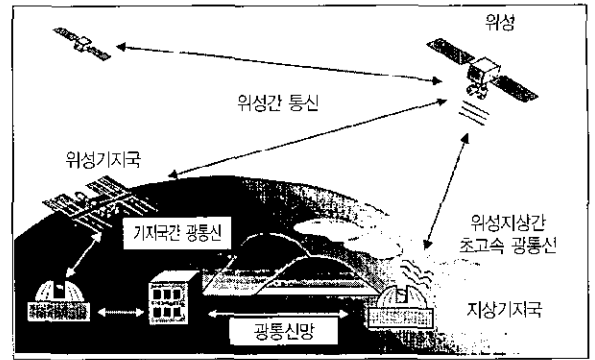


그림 9 위성 광 중계기[DOD]

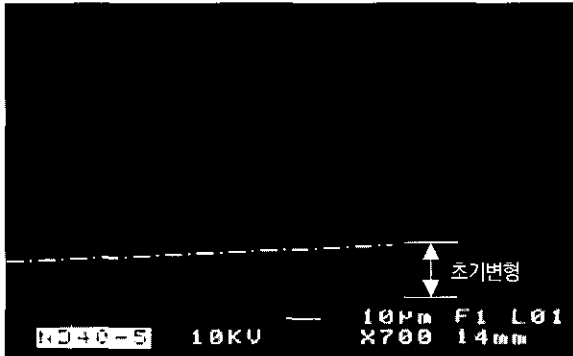


그림 8 압전형 대화면 디스플레이[KAIST]

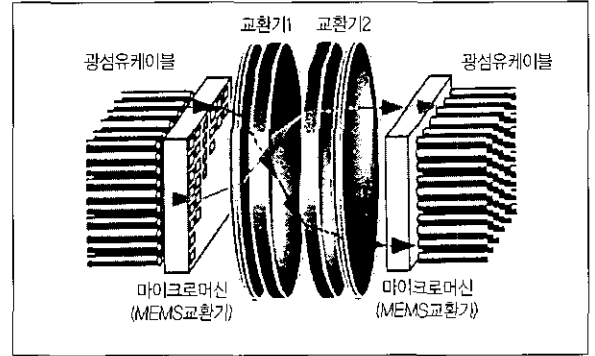


그림 10 마이크로 광 교환기

산업 분야로는 디스플레이, 정보 통신, 광 저장기 및 광 감지분석 분야 등을 들 수 있다. 먼저 디스플레이에 응용되는 광 마이크로머신의 경우, 안경형 마이크로 디스플레이(그림 6)와 대화면 디스플레이(그림 7, 8) 등 두 가지로 대별되며, 내부적으로는 마이크로 액추에이터로 구동되는 마이크로 반사경 어레이를 칩형태로 제작하여 광신호의 단속과 분배 기능을 수행하도록 되어 있다. 이러한 반사형 화면 표시기는 기존의 LCD를 이용한 경우에 비해 광효율 및 광도 측면에서 우수한 성능을 나타내고 있어 관심의 대상이 되어왔으며, 텍사스 인스트

루먼트(Texas Instrument) 사가 정전구동형 반사경(그림 7)을 이용한 디지털 반사형 디스플레이(Digital Micromirror Display)를 개발한 이래, 최근 국내 기업체에서도 압전구동형 반사경(그림 8)을 이용한 구동 반사경 디스플레이(Actuated Micromirror Array) 개발에 성공한 바 있다. 이러한 디스플레이 분야에서의 반사경은 진류응력에 의한 초기변형이 발생하기 쉬우며, 이러한 초기변형의 크기와 불균일성은 디스플레이의 성능 및 수율의 균질성 유지에 심각한 문제를 발생시킬 뿐 아니라 광변조 성능과 수명을 줄이는 결과를 초래한다.

특히 다층박막의 경우, 마이크로 반사경 동작의 균질성과 재현성 향상을 위하여 일정 구동성능을 유지하는 범위 내에서 박막의 제조공정 조건과 치수변경을 통해 초기변형의 감소와 균일성 개선을 꾀함이 매우 중요하다.

정보통신 분야에서의 광 마이크로머신의 응용은 주로 광신호의 분배 및 단속기능의 광 중계기(그림 9), 광 교환기(그림 10), 광 분배기, 광 스위치, 광 송수신기(그림 11) 등과 광신호의 분리 및 제어를 위한 광 필터, 광 변조기, 광 감쇠기 그리고 가변레이저 등을 주축으로 전개되고 있다. 광 교환기의 경우, 최근 루스트

(Lucent) 사에 의해 상용 시제품이 개발된 이래 현재 미국 내 30여개 이상의 벤처가 설립되어 초기시장 진입을 위한 기술개발 경쟁이 매우 치열하게 전개되고 있으며, 마이크로 반사경의 고속, 고정도, 대변위 구동 및 저손실 유지가 기술적 관건이 되고 있다. 또한 광신호 단속을 위한 가입자망 광 스위치에 관한 관심이 고조되고 있으며, 그림 11은 광 도파로와 반사경, 그리고 반사경 구동을 위한 정전 액추에이터를 모두 실리콘으로 제작한 광 단속부와 광 송신부(LD) 및 광 수신부(PD)를 결합한 일체형 광송수신 스위치이다. 마이크로 반사경 구

동방식의 마이크로 광 스위치는 기존 전기광학 혹은 열광학 방식의 광 스위치에 비해 손실, 파장의존성 및 신뢰성 측면에서 우수한 장점이 있으며, 광섬유 조립 및 광도파로 제작공정의 용이성 향상과 마이크로 액추에이터의 저전압 구동 및 광단속 주파수의 조정성, 그리고 저 삽입손실을 위한 설계가 매우 중요하다.

광 저장기 분야는 광 마이크로머신 기술을 이용한 픽업의 경량화로 인해 정보의 고속, 고밀, 대용량 저장능력의 광목할 성장을 이룰 수 있는 응용분야로서, 다양한 형태의 광 픽업(그림 12), 광자기 픽업 그리고 최근에는 근접

광(그림 13)을 이용한 고밀도 저장기의 개발이 활발히 진행되고 있다. 이러한 광 저장기 분야에서는 기록매체 개발과 함께 광감지 능력의 극대화, 디스크와 픽업간의 거리 극소화, 그리고 고속, 고정도, 대변위 마이크로 액추에이터 개발이 관련 기술분야를 선도하고 있다.

그 이외의 광 마이크로머신 응용 분야로서 바코드 검색을 위한 마이크로 광 스캐너(그림 14)와 원격 환경계측용 마이크로 분광분석기(그림 15) 그리고 가변형 레이저 등을 들 수 있다. 이러한 광 마이크로머신 분야에서는 마이크로 반사경의 고정도 구동제어 기

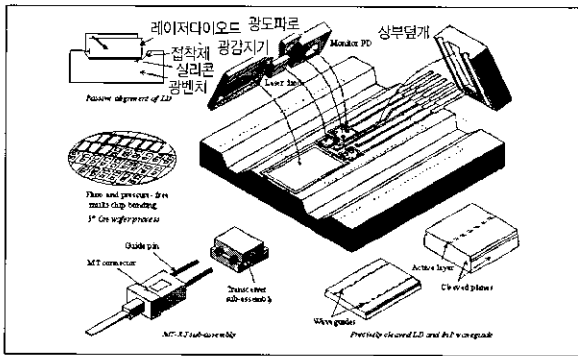


그림 11 마이크로 광송수신 모듈(LG/KAIST)

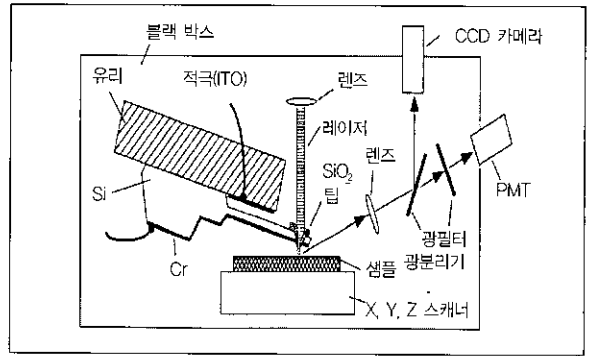


그림 13 집적화된 마이크로 근접광 픽업(동북대)

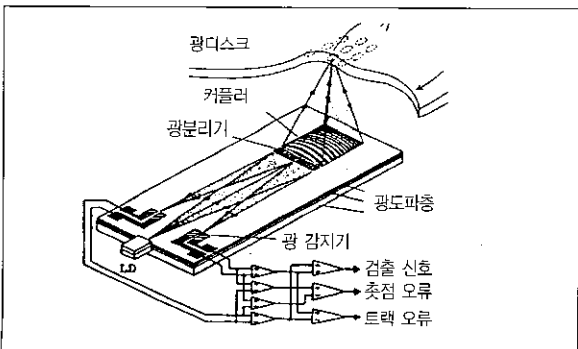


그림 12 집적화된 마이크로 광 픽업(NTT)

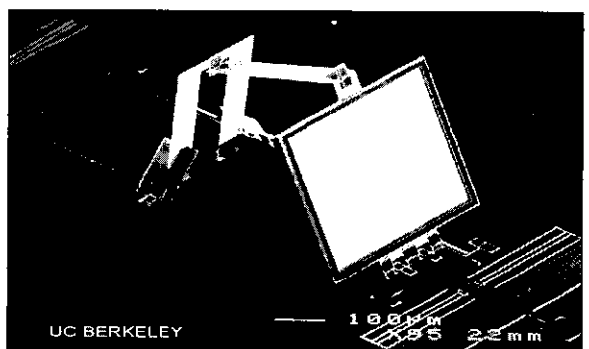


그림 14 바코드 검출용 광 스캐너

술과 반사경 상호간의 고정도 간격조정에 관한 기계기술이 요구되고 있다.

맺음말

광 마이크로머신의 성공적인 개발을 위해서는 극미세 광학부품 뿐만 아니라, 광 정보의 고속, 고밀, 대용량, 저손실 제어를 위한 시스템 차원에서의 해석과 설계, 소재 및 제조 공정, 그리고 조립 및 검사기술의 전주기적인 개발이 필요하다. 세부적으로는 관련 물리현상의 특성, 가용소재 및 물성, 가공공정에 의한 크기 및 형상 제한, 가공 및 조립공차 등이 신중히 고려되어야 하며, 이는 기계, 전자, 재료, 물리 등 복합 전문기술의 조분야적 융합이 요구된다.

기계공학 측면에서 볼 때 광 마이크로머신의 조립성과 동작의 균질성 및 신뢰성을 향상을 시키기 위해서는 미세영역에서의 점성감쇠 등 관련 물리현상의 규명과 극미세 소재 특성에 관한 실험자료 축적 그리고 이를 근거로 한 고속, 고정도, 대범위 구동기술의 돌파구(breakthrough) 마련

이 필요하다. 특히 능동형 광 마이크로머신은 기관에 인접한 위치에서 움직이게 되며, 이때 광학 부품의 동적 거동은 미세영역에서의 주변 유체의 유동과 점성감

쇠에 의해 크게 지배된다. 따라서 광 마이크로머신 기술은 미세영역에서의 재료, 유체 및 동역학적 거동특성에 관한 전문화된 지식과 관련 극미세 물리현상에 관한 이해를 필요로 하며, 이에 관한 기계공학적 관심과 함께 심도 깊은 연구가 요구되고 있다.

향후 광 마이크로머신 기술은 기존 첨단기술인 반도체 및 광전자 기술과 결합(그림 16, 17)되어 정보통신, 컴퓨터 등 현 국가주력 산업분야에서는 물론 미래 신지식 산업분야에서의 고부가가치 첨단 제품 창출과 신규시장 개척, 나아가 관련 첨단 산업의 국가 경쟁력 향상에 일익을 담당할 것으로 전망된다. 이러한 광 마이크로머신 분야는 광학, 전자, 기계간의 상호 기술융합을 통해 지속적인 발전을 거듭할 것으로 예측되며, 특히 기계기술의 경우 광학 및 전자기술과의 연계를 위해서는 과거의 힘과 동력 관점에서의 기계공학에서 미래 운동과 신호 관점에서의 기계공학으로의 방향전환과 함께 과거 기계부품의 하드웨어적인 기능에서 소프트웨어적인 기능으로의 임부변화가 요구된다.

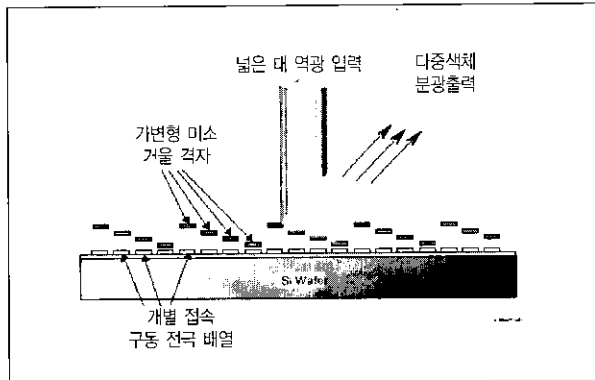


그림 15 마이크로 분광기[DARPA]



그림 16 집적화된 실리콘 광 벤치

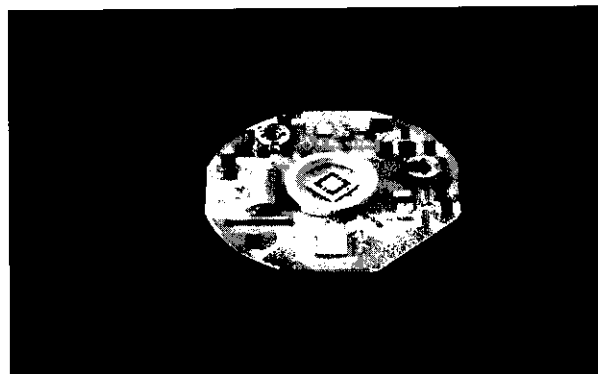


그림 17 동전 크기의 집적화된 광 마이크로머신