

# MEMS를 이용한 Optical Switch

광통신 기술의 발전으로 광 스위치 분야의 개발이 활발히 진행되고 있으며 이 중에서도 MEMS를 이용한 광 스위치가 주류를 이루어 개발되고 있다. 특히 최근에는 OXC(Optical Cross Connect)에 사용되는 MEMS actuator로 구동되는 미소거울이 스위치내부에 사용되는 유일한 대안으로 떠오르면서 많은 기업들이 특허를 출원하고 있다. 현재 미국이 압도적인 기술우위를 보이고 뒤이어 일본이 현재 많은 개발을 서두르고 있음을 볼 수 있다. 한국은 미래의 주역이 될 것으로 보이는 MEMS 기술개발에 많은 투자를 해야 할 것이며 더불어 이를 이용한 응용 분야에 대한 상호 복합적 연구 또한 진행해야 세계 기술시장에 당당히 설 수 있을 것으로 보인다.

편집자 주

## I. 서론

광 스위치는 프리즘 등의 광학 소자를 기계적으로 구동해서 광로(光路)를 전환하는 것으로 광 전송로를 직접 절환하거나 광 교환기 등에 이용된다.

신기술인 멤스(MEMS) 기술을 적용한 멤스(MEMS) 광 스위치는 여러 가닥의 광신호 경로를 자유자재로 바꿀 수 있도록 해주는 부품으로 기존의 기계식 Optical Switching Module에 비해 생산성이 뛰어나고 크기도 훨씬 작아 향후 큰 시장을 형성할 것으로 전망되고 있다.

최근 초소형정밀기계기술(MEMS : Micro Electro-Mechanical System)에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데 국내 멤스 업체들이 광 부품 개발 및 생산에 경쟁적으로 나서고 있다.

전문가들의 진단에 의하면 21세기는 전자산업의 시대

에서 광학 - 전자 산업의 복합적 시대로 전이하고 있으며, 머지 않아 순수 빛의 산업시대로 나아갈 것으로 예측되고 있다. 21세기를 주도할 반도체, 정보통신, 신소재, 생명공학, 의료공학, 항공우주산업 등에서의 멤스(MEMS)의 적용이 급속히 증가할 것으로 예상되는 가운데 멤스(MEMS)기술은 이러한 분야에 적용되는 중요한 기술로 발전해 나아가고 있다.

광 스위치의 발전적인 개발 방향은 스위치의 전체 속도를 향상시키고 삽입 손실을 줄임과 동시에 누화비를 개선하는 방향으로 흘러가고 있다.

이 보고서에서 주된 초점은 멤스(MEMS)를 이용한 광 스위치에 중점을 두어 기술동향의 정보와 향후 분석에 대해 기술하게 될 것이다. 과거 및 현재 각국의 특허 출원동향 분석을 알아보고 향후 연구 개발의 기본자료로 활용할 수 있도록 분석해본다.

## II. 본론

### 1. MEMS(Micro Electro-Mechanical System)

멤스(MEMS)는 초소형 시스템이나 초소형 정밀기계를 말하며 마이크로 시스템, 마이크로 머신, 마이크로 메카트로닉스 등으로 불려지고 있다. MEMS 장치는 아주 좁은 장소에도 사용되어질 수 있기 때문에 자동차 엔진 또는 생체 내부에 들어가서 여러 가지 기능을 할 수 있다.

MEMS는 전자 및 기계 부품들로 구성되어 있고 초기에는 IC 공법과 소재를 이용하여 미세 기계 요소들을 만들었다. 즉, 앞서 잘 개발된 반도체 공법을 이용하여 실리콘 웨이퍼 위에 3차원 구조물을 만들었다. 요즘에는 LIGA, EDM 등 다양한 제작 공법과 소재들을 사용하고 있다. 이러한 MEMS 기술들은 일괄공정으로 초소형 부품들을 대량 생산해낼 수 있을 뿐 아니라 시스템 제조 시에 전자회로 등을 같이 내장할 수 있어서 결과적으로 더욱 소형화 시킬 수 있는 장점이 있다. 만들어진 부품들은 보통 수 마이크로미터의 크기이지만 수 nm ~ 수 cm 크기인 경우이라도 마이크로 머신이라고 한다. MEMS 기술로 만들어진 시스템은 수 밀리미터라고 할 지라도 그 자체로 완전한 시스템이다. 센서와 액추에이터는 MEMS 기술을 이용할 수 있는 두개의 중요한 분야이다. 그것은 센서나 액추에이터가 비교적 단순하며 구체적인 기능을 가지고 있으므로 현재의 MEMS의 기술로서 용이하게 실현할 수 있기 때문이다.

또한 MEMS 센서와 액추에이터는 사용 시 작업 대상에 영향을 덜 주므로 정확한 평가를 가능하게 한다.

응용 분야 별로 MEMS 기술은 다음과 같이 나눌 수 있다.

- 센서 - 속도계, 가속도계, 유량계, 습도계, 압력계, 온도계
- 정보 분야 - HDD 헤드, AFM 또는 STM을 이용한 정보기억소자
- 의료 및 생명 공학 분야 - 내시경, 세포 또는 DNA 조작기
- 유체 소자 - 마이크로 펌프, 마이크로 밸브, 마이크로 성분 분석기, 유체논리소자
- 광학 및 영상 - 마이크로 미러, 광 도파관, 광 커플러, TV Projector

### 2. MEMS를 이용한 광 스위치

#### 1) 기술 분석

멤스(MEMS)기술을 이용한 광 스위치 구조는 Pass/Drop, Bypass,  $N \times N$  2-dim digital,  $N \times N$  3-dim analog 스위치로 크게 나눌 수 있다. 각 방법은 입력 및 출력 광 파이버의 개수에 따라 구조가 변화된 것으로, 응용 광모듈의 특성과도 밀접한 관계를 지닌다.

멤스(MEMS)형 광 스위치에서 빛의 방향을 변화시키는 스위칭의 원리는 대부분 미소 반사경의 구동 기술을 사용하며, 다중반사 현상을 이용한 MARS(Mechanical Anti-Reflection Switch) 기술을 사용하는 경우도 있다. 반사경의 정밀한 이동을 위한 구동체(Actuator)는 같은 기판 위에 만들어지며, 구동력으로는 정전력, 전자력 및 열(thermal) 방식 등이 이용되고 있다.

#### 2) Pass / Drop Optical 스위치

광신호를 다른 파이버로 그대로 전달하거나 또는 같은 파이버로 되돌리는 기능을 가지고 있으며, SONET과

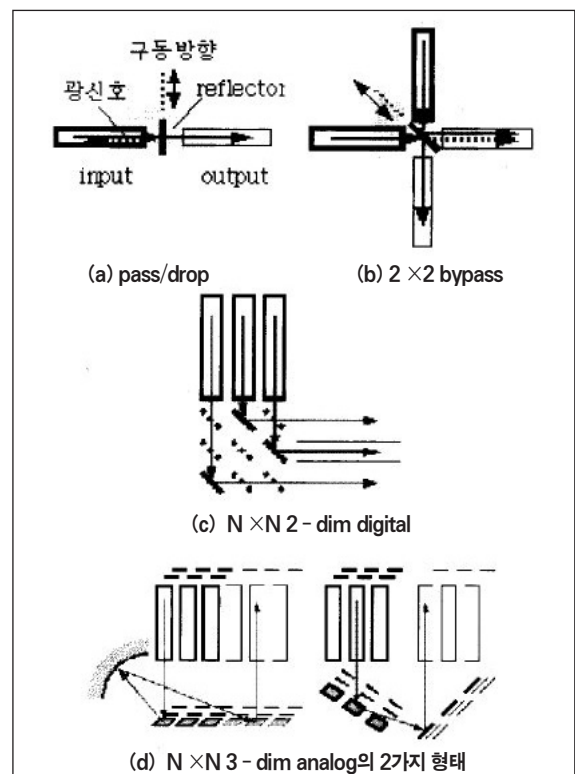


그림 1. MEMS 기술을 이용한 광 스위치 구조

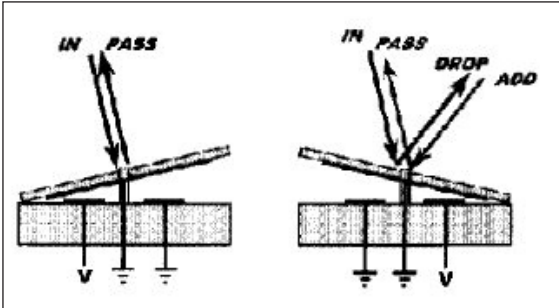


그림 2. 미소 거울의 구동을 이용한 pass/drop 스위치 : 반사경을 기울이는 경우

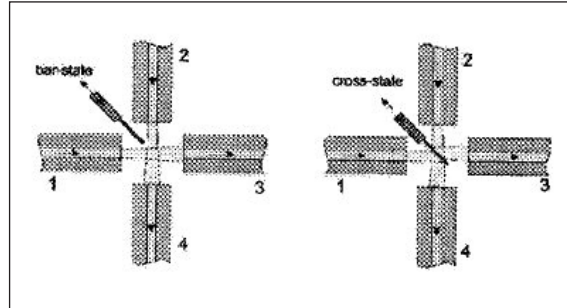


그림 4. 수직 거울 1개의 수평이동을 이용한 2×2 bypass 광 스위치 원리

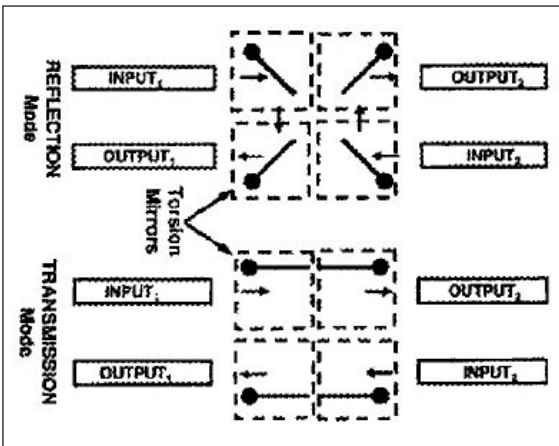


그림 3. 2×2 bypass 스위치의 reflection 및 transmission mode

metropolitan WDM 시스템에서 network reconfiguration이 가능한 파장선택형 add/drop 모듈의 스위칭 소자로 사용될 수 있다.

작동원리는 그림 2와 같이 기울임을 이용하여 광 신호 방향을 변경할 수 있다.

### 3) 2×2 optical bypass 스위치

그림 3에서 보는 바와 같이 광신호를 서로 어긋나게 보내는 reflection(또는 bypass)와 그대로 진행하는 transmission mode의 2가지가 있다. 이 형태의 2×2 bypass 스위치는 dual ring으로 구성된 network의 FDDI(Fiber Distributed Data Interface)에서 configuration을 재구성할 때 사용되는 부품으로서, 4개의 마이크로 반사경을 이용한다.

### 4) N×N scaleable 광 스위치

21세기의 도래와 함께 인터넷, 멀티미디어 통신 등의 광대역 서비스를 위한 대용량 통신기술의 필요성이 부

각되면서, WDM 광통신 방식이 급속히 표준화를 잡아 가고 있다. 더불어 전광(all-optical) cross connect 기술이 발전하여 대표적으로 MEMS 기술을 이용한 OXC 스위치 기술로서 파장, data rate 및 signal format에 의존하지 않는 특성 기술을 개발하였다.

MEMS 형 OXC 스위치의 핵심요소는 실리콘으로 만들어진 미소거울(micromachined mirror) 소자이며, CMOS 공정 기술로 제작된 실리콘 구조층을 많이 사용하고 있다. OXC 스위치의 주요기능은 입력 파이버에서 나오는 광 신호를 collimating lens와 미소거울을 이용하여 임의의 다른 파이버로 회선을 분배하는 것이며 전송을 위한 미소거울의 구조 및 구동원리에 따라 2가의 종류로 나뉘어 진다.

첫째, 입력 및 출력 파이버의 개수를 각각 N개라고 할 때, 2차원으로 배열된 N<sup>2</sup>개의 미소거울을 on/off의 digital로 구동하여 임의의 입력 파이버로부터 임의의 출력 파이버로 광 신호를 연결하는 방법이다.

둘째, N개의 반사경 2 set을 analog 방식으로 구동하여 N개의 2차원 위치를 맞춤으로서 3차원으로 광 신호를 전달하는 과정을 이용하는 방법이 있다.

여기서 2 - dim digital OXC 스위치에 관해 알아보면 실리콘 표면 가공(surface micromaching) 기술로 제작된 미소거울을 SDA(Scratched Drive Actuator)를 이용하여 수직으로 세움으로서 광 경로를 변환하는 방법을 사용하고 있다. 이와 같은 digital 구동 방식은 dynamic add/drop 1×N 스위치 및 customized mirror configuration을 chip에서 간단하게 구현할 수 있다는 장점이 있으나 scaling up에는 한계가 있다.

즉, port 수에 비례하여 광 경로가 커지므로 collimator와 반사경의 정렬 오차에 대한 규격이 매우 엄격해진다.

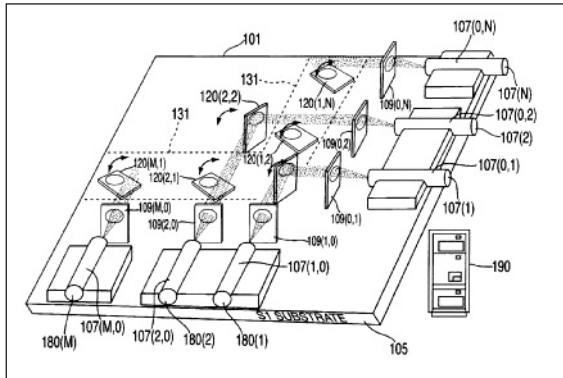


그림 5. free space Micro-Machined Optical Switch

### 3. 특허 동향

#### 1) MEMS 광 스위치 전체 특허출원 국가별 비율

MEMS 기술을 이용한 광 스위치 기술의 전체적인 동향은 미국이 우세를 보이고 있다.

한국과 일본의 멤스 광 스위치에 대한 기술개발이 2000년에서 2001년을 기점으로 급속히 증가를 이루고 있는 추세를 보이고 있으며 특히 일본은 2001년도 이후로 급속한 출원증가를 보이는 것을 알 수 있다. 전체적으로 MEMS 광 스위치 기술은 미국이 선두의 위치에서 주도적으로 출원량이 많음을 볼 수 있다(그림 6 참조).

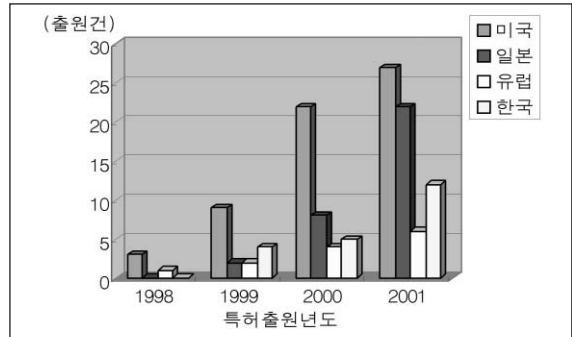


그림 6. MEMS 광 스위치 전체 특허출원 국가별 비율

#### 2) 분야별 특허출원 국가별 동향

##### 1. Pass/Drop 광 스위치

pass/drop 광 스위치는 전체적인 특허 출원이 감소추세에 있다. 또한 어느 나라가 기술 우위에 서있다고 평가하기는 어렵다. 광통신의 개발이 활발히 이루어지는 현 시점에서 공간 광 스위치(free-space optical switch)의 수요가 늘어나고 있으므로 pass/drop 광 스위치는 미래에 많은 출원건을 이룰 것으로 보이지는 않는다(그림 7 참조).

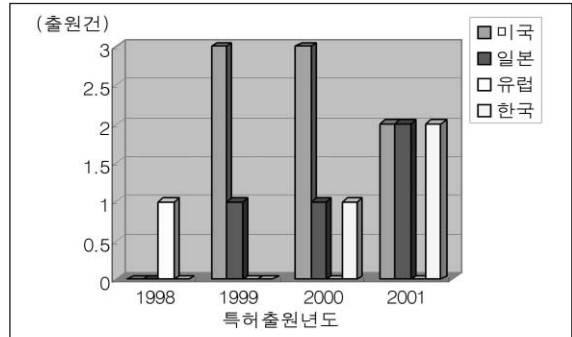


그림 7. Pass / Drop 광 스위치

##### 2. (2 X2) Bypass 광 스위치

2 X2 Bypass 광 스위치는 전체적인 특허 출원량이 주춤하는 추세에 있는 것으로 보인다. 미국의 출원이 그 중에서도 우세를 보이고 있으며 1999년 이후에서야 일본, 한국, 유럽 등의 국가들이 기술개발을 시작한 것으로 보인다(그림 8 참조).

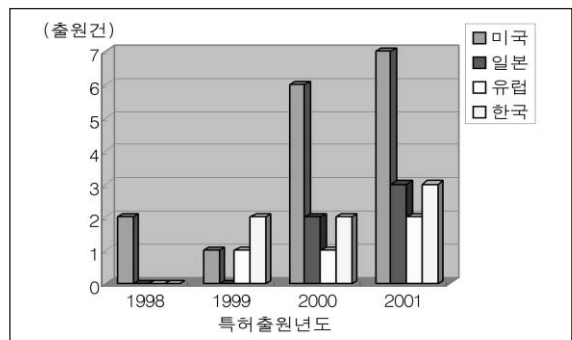


그림 8. (2x2) Bypass 광 스위치

##### 3. N XN 광 스위치

N XN 광 스위치는 각국이 가장 기술개발을 활발히 전개하고 있는 분야이다. WDM(Wavelength Division Multiplexing) 분야의 발전으로 provisioning과 restoring 기능이 핵심 물리계층인 optical layer에서 이루어져 OXC(Optical Cross Connect) 시스템의 역할이 커지면서 N XN 광 스위치의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 그래프를 보면 알 수 있듯이 거의 모든 국가의 특허 출원 건수가 지속적으로 증가하고 출원건수도 다른 광 스위치에 비해 많은 양을 차지하고 있다. 특히 일본의 출원건수가 증가하고 있는 점은 주시할만한



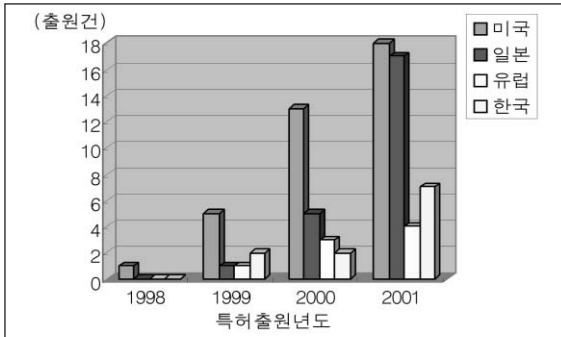


그림 9. N x N 광 스위치

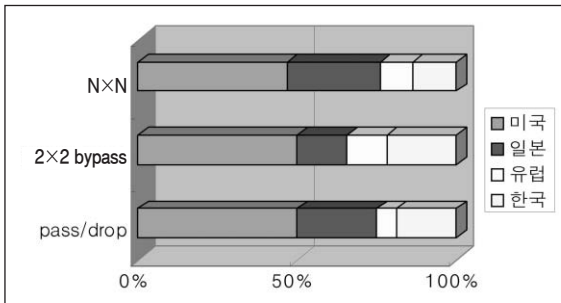


그림 10. 광 스위치별 특허의 국가별 비율

점이다.

한국도 2001년부터 조금씩 특허출원이 늘어가고 있음을 알 수 있다(그림 9 참조).

#### 4. 광 스위치별 특허의 국가별 비율

위의 그림 10 그래프에서 보듯이 거의 MEMS 광 스위치의 거의 모든 특허출원 우위를 미국이 차지하고 있다는 것을 알 수 있으며 일본도 강한 우세를 보이고 있다. 특히 N x N 광스위치에서 일본의 출원이 많은 비중을 차지하고 있으며 앞으로도 더욱 늘어날 것으로 전망할 수 있다. 광통신의 발달로 현재 거의 모든 국가가 N x N 광스위치의 기술개발에 주력을 하고 있다. 과거부터 미국은 광스위치 기술개발에 주도적인 역할을 해왔고 앞으로도 많은 우세를 보일 것으로 보이지만 일본의 출원비율이 늘어가고 있는 점은 주시해야 할 점이다.

### III. 결론

위의 그래프에서 보듯이 거의 MEMS 광 스위치의 거의 모든 특허출원 우위를 미국이 차지하고 있다는 것을 알 수 있으며 일본도 강한 우세를 보이고 있다.

한국도 현재 기술개발을 서두르고 있는 것으로 보이나 분석결과 기업보다도 연구기관의 출원이 높은 것으로 나타났다. 따라서 한국의 MEMS 광 스위치 기술이 미국이나 일본 등의 나라와 기술경쟁력을 확보하기 위해서는 정확한 정책방향과 현재 문제점으로 부각되고 있는 MEMS 기술의 표준화와, 안정성 등에 대해 기술개발을 아끼지 않아야 미래를 대비할 수 있을 것으로 보인다. 이는 무엇보다 기업들의 연구기관에 대한 투자를 늘리고 상용화에 앞장서도록 노력해야 할 것이다.

MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)가 post-electronics를 주도할 혁신적인 시스템 소형화 기술로 소개된 이후 세계적으로 많은 기업들이 기술개발에 투자하고 있다. 광통신 기술의 발전으로 광 스위치 분야의 개발이 활발히 진행되고 있으며 이중에서도 MEMS를 이용한 광 스위치가 주류를 이루어 개발되고 있다. 특히 최근에는 OXC(Optical Cross Connect)에 사용되는 MEMS actuator로 구동되는 미소거울이 스위치내부에 사용되는 유일한 대안으로 떠오르면서 많은 기업들이 특허를 출원하고 있다. 이 미소거울은 스위치 뿐만이 아닌 광 부품으로 사용되고 있어서 기술한 MEMS 광 스위치 보다 더욱더 많은 특허 출원을 보이고 있다. 위 내용에서 기술해 보았듯이 미국이 압도적인 기술 우위를 보이고 뒤이어 일본이 현재 많은 개발을 서두르고 있음을 볼 수 있다. 현재 미소거울의 안정성과 반응속도의 개선에 관한 출원이 크게 증가하고 있으며 이것은 결국 MEMS 광 스위치의 증가로 이어질 것이다.

따라서 한국은 미래의 주역으로 떠오를 MEMS 기술 개발에 많은 투자를 해야 할 것이며 더불어 이를 이용한 응용 분야에 대한 상호 복합적 연구 또한 진행해야 세계 기술시장에 당당히 설 수 있을 것으로 보인다.

### 참고문헌

1. E.L. Goldstein et al., IEEE/LEOS,2000 Int,Conf.Optical MEMS, pp.27-28(Aug.2000)
2. L.Y.Lin et al.,IEEE J,Selected Topics Quantum Electronics,vol.5,no.1,pp 4-9(Jan./Feb.1999)
3. MEMS 기술과 광 통신·부품산업 : 이종현 - 광주과학 기술원 기전공학과
4. <http://www.kipo.go.kr>
5. <http://www.machinenow.co.kr>



한 태 건

한국특허정보원  
조사분석3팀

한국특허정보원

한국특허정보원은 특허기술정보 인프라를 구축하고 산업계, 연구소, 학계, 변리사 등에게 우수 발명의 창출과 첨단기술개발의 도우미 역할을 수행하기 위하여 1995년 7월에 설립된 특허청 산하의 특허기술정보서비스 전문기관이다. 한국특허정보원은 현재 350여명의 인원으로 구성되어 있으며, 자체에서 구축한 고품질의 KIPRIS 온라인 특허기술검색, 국내외 특허정보의 수집·가공, 선행기술 조사 및 기술가치평가 서비스를 제공함으로써 국가 기술 경쟁력 확보의 길잡이가 되고자 노력하고 있다.

문의 : 02-3452-8144(교 521)  
홈페이지 [www.kipi.or.kr](http://www.kipi.or.kr)

본 리포트에 대한 상세특허정보 DB를 신청하고자 하거나 기타 문의사항이 있으신 분은 한국특허정보원([www.kipi.or.kr](http://www.kipi.or.kr))으로 연락주시기 바랍니다.

Tel: 02-3452-8144(교521) Fax: 02-3453-2966  
Homepage: 한국특허정보원 [www.kipi.or.kr](http://www.kipi.or.kr)  
kipris온라인 서비스 [www.kipris.or.kr](http://www.kipris.or.kr)  
특허정보조사서비스 [www.forx.or.kr](http://www.forx.or.kr)

한국광학기기협회 회원 가입안내

한국광학기기협회는 산업발전법에 의하여 설립된 산업자원부 산하단체로서 우리나라 광학산업 발전을 위한 공익사업 및 회원사 지원업무를 수행하고 있습니다. 21세기 첨단기술산업으로 각광을 받고 있는 국내 광학산업의 공동발전을 위해 회원가입을 안내하오니 희망업체에서는 신청해 주시기 바랍니다.

1. 회원구성 : 정회원 및 특별회원

2. 회원 서비스 및 특전

- 국내외 광산업 관련 정보 및 자료제공
- 기술개발지원 자금안내 및 사업참여
- 동종업계 공동사업 참여 및 교류
- 협회발간 '광학세계' 에 업체 및 생산제품 홍보
- 정책지원 대상업체 추천, 확인 및 수혜 안내

3. 가입금 및 기본회비 : 업체규모에 따라 차등

4. 가입신청 및 문의

- 전화 : (02)3481-8931 • 팩스 : (02)3481-8669 • 홈페이지 : [www.koia.or.kr](http://www.koia.or.kr)