

한국 광기술의 동향 및 향후 전망

글 : 홍경희 교수/육군사관학교



▲ 홍경희 교수

1. 서론

광학 관련 기술 분야는 범위가 넓고 각 나라마다 분류하는 방법이나 범위에 차이가 있다.

미국 광학회에서는 광과학(optical science), 광기술(optical technology), 광자기술(photonics and electro-

optics), 광정보 및 상처리(optical information and image processing), 레이저 및 레이저 응용(laser and it's application), 의료 광학(medical optics), 시광학 및 색(visual optics and color)등으로 분류하고 있다. 여기서는 광기술 분야에 대하여만 살펴보기로 하겠다.

광기술에도 여러 분야가 있다. 각 분야에 대한 일반적인 소개를 하고 분야별로 세계적인 연구 동향, 국내 연구 동향, 선진국에 대비한 우리 나라의 기술 수준, 그리고 향후 전망 및 제언 순으로 살펴 보았다.

2. 광기술 분야의 일반적 소개

• Active optics 및 adaptive optics : 일반적인 광학계에서는 환경조건(온도, 습도, 공기의 밀도 등)의 변화에 따라 결상특성이 변하게 되며, 정밀 고해상 광학계 경우에는 결상성능 유지를 위하여 항온, 항습시설이 필수적으로 사용되고 있다. 그러나 천체망원경이나 고해상 사진기와 같이 야외에서 사용되는 결상기기의 경우에는 대기조건에 따라 입사파면이 변형되므로 환경변화에 따라 광학계의 결상특성이 저하되게 된다.

Adaptive optics 기술은 변형 가능한 mirror를 사용하여 실시간적으로 파면의 특성을 최적의 상태로 조정하여 광학계의 결상특성을 개선시키는

기술로 선진국에서는 이미 오래 전부터 이에 관심을 가지고 연구가 진행되고 있다. Flexible mirror를 사용하여 파면을 조정하는 기술은 크게 환경변화의 long term variation을 보정하는 active optic 기술과 실시간적으로 파면의 변화를 보정하는 adaptive optic 기술로 나누어지고 있으며, 앞으로는 고해상 광학계와 고출력 laser 응용 system에서는 널리 사용될 것으로 예상되고 있다.

• 천문 항공 및 우주광학 : 천문학 분야에서는 천체망원경, 분광기, 광전측광기 등의 광학기가 사용되고 있으며, 항공 및 우주광학분야에서는 위성사진기, imaging spectrograph, optical gyroscope, 항성항법장치, laser radar 등의 광학기가 사용되고 있다.

이 분야의 광학장비들은 최첨단 기술의 초정밀 장비이며, 수요가 제한적인 반면에 부가가치는 매우 높다는 특성을 가지고 있다. 또한 이 분야의 기술은 첨단기술의 복합체이기 때문에 경제적, 사회적, 군사적인 측면에서 기술의 파급효과가 매우 크기 때문에 선진국에서 기술 이전을 기피하는 대표적인 기술이다.

천문, 항공 및 우주광학기술은 optical gyroscope, laser radar 등 민간 항공기에 사용

되는 경우도 있으나 현재로는 시장이 매우 제한적이기 때문에 선진국에서는 이 기술의 상업적 측면보다는 최첨단기술의 원천으로서 중요성을 인식하고 있고, 미래산업의 기술개발 측면에서 대규모의 연구가 수행되고 있다.

• 리소그래피 : 리소그래피 기술은 준비된 원본을 광학계 등을 이용하여 축소, 등배, 또는 확대하여 작업물 표면에 원하는 패턴을 형성시키는 기술로서 DRAM, ASIC, microprocessor 등의 반도체 집적회로, LCD, FED 등의 디스플레이 소자 제작 등에 필수적으로 사용되는 기술이다.

리소그래피 기술의 성능과 특징은 주로 노광 장비에 의해서 좌우되며, 노광 장비는 사진전사에 사용되는 조명 광에 따라서 서로 다른 성능과 특징을 갖는다. 사용하는 조명 광에 따라서 광, 전자빔, 이온빔, X-선 리소그래피 등으로 나눈다. 이 중에서 광 리소그래피 기술은 수은등 g선, i선, KrF 엑시머 레이저를 거쳐 현재는 파장 193nm인 ArF 엑시머 레이저를 조명 광원으로 하는 노광 장비의 개발이 시도되기에 이르렀다.

ArF 엑시머 레이저 리소그래피 기술과 투영형 전자빔, multi-column 전자빔, 이온빔, 등배 X-선, 축소 투영형

X-선 리소그래피 기술 등은 다음 세대 기술이 될 가능성이 있는 post-ArF 기술이다.

그리고 폭 넓게 퍼져있는 광 리소그래피 기술을 최대한 활용하기 위하여 위상변형마스크나 변형조명 등과 같은 초해상 기술과, 다른 리소그래피 기술과 광 리소그래피 기술을 결합하거나 같은 광 리소그래피 기술 내에서도 고성능 장비와 저성능 장비를 결합하여 하나의 칩을 만드는 이른바 mix-and-match 기술에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있다.

• 광학계 설계 : 광학설계는 빛의 굴절과 분산현상을 광학계가 목표성능을 가질 수 있도록 설계하는 기술이며, 광학기술의 기반기술이다. 광학설계 기술은 이론적 분해능 한계에 근접하는 결상성능을 가지는 정밀광학계 설계기술과 대량생산을 전제로 하는 양산설계 기술로 크게 분류될 수 있다.

기술적인 측면에서는 수차보정, 설계평가, 공차분석기술로 구성되어 있으며 최근에는 전자계산기를 사용한 최적설계 기술이 널리 보급되어 과거에는 불가능하였던 고성능의 광학계가 개발되고 있다.

• 광학가공 및 성능평가 : 광학가공 및 평가기술은 광학설계기술과 함께 광학산업의 기반기술이다. 재료의 광학가공 기술은 카메라 및 현미경 렌즈

제작을 위한 구면이나 평면 가공을 주로 하였지만 근래에는 마이크로 렌즈, 비구면 광학소자, 대구경 광학거울, super-smooth surface 등 매우 다양한 광학소자에 대하여 컴퓨터를 사용한 자동화 가공기술을 개발하거나 이미 사용하고 있다.

광학평가는 전통적으로 많이 사용하는 간섭계와 OTF 측정장치를 중심으로 다양한 측정장치가 개발되고 있으며, 이들의 분해능을 향상시키고 측정자동화 함으로써 가공현장에서 실시간 사용이 가능하도록 개발되고 있다.

광학박막은 파장에 따른 빛의 투과율, 반사율 혹은 편광을 변화시키기 위하여 광학유리, 렌즈 등에 입히는 얇은 막이며, 광학기기에 사용되는 주요 부품으로서의 중요도는 광학기술과 광학기기가 발전함에 따라 더욱 증가하고 있다.

광학박막이 사용되는 예를 들면, 반사율을 줄이기 위해 안경과 렌즈에 이용되는 무반사 코팅, 레이저용 고 반사 거울, 칼라필터로 알려져 있는 장(단)파장 투과 필터, 특정 파장만 투과시키는 간섭 필터, 금속 코팅, 금속박막의 보호 및 반사율 증가 코팅, 편광 방향에 따라 분리시키는 편광 분리기 등이 있다.

최근에는 고출력 레이저의

개발로 레이저 상해문턱(damage threshold)이 높은 광학박막, 레이저 자이로용으로 산란이 매우 작은 광학박막, 천체 망원경의 대물경과 같이 구경이 매우 큰 거울의 반사 코팅, 화학적 환경에 강하고 내구성이 높은 자외선 레이저용 거울 코팅, 약 X-선을 반사시킬 수 있는 금속다층박막, 자동차의 색깔을 변화시키는 금속 간섭필터, 초고속 광통신용 파장 다중분할기(WDM) 간섭필터 등이 산업계 및 학계에서 활발히 연구 개발되고 있으며, 새로운 제작 기술 및 특성 조사 방법을 요구하는 광학 박막에 관한 기초 연구가 활발히 진행되고 있다.

• 광계측 및 광응용기기 : 광계측 기술은 비접촉식이고 측정정밀도가 매우 높은 것이 장점이다. 광학 성질을 이용한 광응용기기는 카메라, 망원경, 현미경 같은 전통적인 결상광학계와 분광기, 형상측정기 등과 같은 광계측장치로 크게 구별할 수 있다. 결상광학계는 주로 가시광 영역에서 많이 사용되었으나 지금은 자외선에서 적외선까지 매우 넓은 영역에서 크기가 수 밀리에서 직경이 10m 인 천체 망원경까지 매우 다양한 형태로 개발되고 있다. 분광기는 매우 넓은 분광영역에서 고정밀 분해능을 요구하고 있으며, 레이저를 이용한 다

양한 비접촉식 초정밀 계측 광학장치가 개발되고 있다.

3. 선진국의 기술동향

미국, 프랑스, 일본 등의 선진국에서는 천체망원경이나 고해상 사진기 등에서 결상성능을 저하시키는 요인으로 작용하고 있는 대기요동에 의한 파면의 변형을 보정하는 기술에 대한 연구와 고출력 laser에서 열에 의한 광학계의 특성변화를 보정하는 연구가 활발하게 수행되고 있다. 현재까지 실시 간적으로 파면의 변형을 보정하는 adaptive optic기술은 활발한 연구가 수행되고 있으나 아직 완전하게 실용화되지는 못하고 있으며, 초 단위로 파면의 변형을 보정하는 active optic의 경우에는 일반화되어 가고 있다.

최근에 건설되는 구경 5m 이상의 대형천체망원경의 경우에는 대부분 active optics를 사용하여 대기요동을 보정하고 있다. 실제로 active optic을 사용하는 천체망원경의 경우에는 기존의 천체망원경보다 월등히 우수한 결상특성을 보이고 있다. 고출력 laser system에서도 열에 의한 광학계의 특성변화를 보정하고 laser beam의 집속 성능을 개선시키는 연구가 진행되고 있다.

현재는 PZT를 사용하는 flexible mirror 및 controller

의 가격이 비싸기 때문에 active optic과 adaptive optic 기술이 제한적으로 사용되고 있으나, 사용환경의 변화와 무관하게 우수한 결상특성을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 따라서 앞으로는 활용범위가 매우 넓어질 것으로 예상되고 있고 미국에서는 가정용 projection TV에서도 adaptive optic 기술의 활용가능성이 제안된 바 있다.

천문, 항공 및 우주광학분야는 20세기 과학기술의 결정체라고 할 수 있으며, 이 분야의 선진국 미국, 프랑스, 일본에서는 국가적인 과제로서 대규모의 연구 개발 project가 수행되고 있다.

천문광학장비의 경우 active optic을 채용한 구경 10m급의 망원경이 미국에서 개발되고 있고, 일본에서는 구경 7.5m의 천체망원경을 건설하고 있다. 항공 및 우주광학분야에서는 optical gyroscope는 실용화 단계에 있으며, 이미 지상의 1m 크기의 물체를 분해할 수 있는 고성능 위성사진기가 사용되고 있다. 또한 위성관측을 통하여 기상상태, 농업현황, 자원탐사가 이미 이루어지고 있다.

현재 반도체 소자의 양산에는 광 리소그래피에 속하는 자외선 영역의 빛을 조명 광으로 하는 i선 스텝퍼가 주로 사용되고 있으며, 256M DRAM, 1G

DRAM생산에는 KrF 또는 ArF 엑시머 레이저 리소그래피 장비가 사용될 것으로 예상된다. 한편, 원본인 마스크의 제작에는 EBDW 기술이 사용되고 있다. 리소그래피 기술 중 현재 반도체 생산에 가장 널리 사용되고 있는 것은 광 리소그래피 기술이다.

따라서 반도체 소자 메이커들은 가능한 한 광 리소그래피 기술을 사용하길 바라며, 장래에 광 리소그래피 기술이 한계에 도달하게 되면 그때에나 비로서 다른 기술을 이용하려고 하는 실정이다. 그렇기 때문에 광 리소그래피를 대체할 새로운 기술로서 전자빔 리소그래피, X-선 리소그래피 등에 대한 연구도 수행되지만, 그보다는 광 리소그래피의 수명을 연장하기 위한 변형 조명이나, 변형 마스크와 같은 초해상 기술에 대한 연구에 더 많은 투자가 이루어지고 있는 실정이다.

광학설계기술은 광학기술분야 중 가장 역사가 오랜 기술분야로 일반적인 설계기술은 거의 확립되어 있다. 광학설계기술은 기술의 특성상 독자적인 기술 개발보다는 첨단광학장비의 개발 위주로 이루어지고 있으며, 기존에 없었던 특수용도의 고성능 광학계의 설계 및 개발에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 선진국에서의 기술 개발은 선 폭 0.1의 반도체 제

작을 위한 UV stepper용 고해상 광학계, 초고해상 위성 광학계, 적외선 광학계, 고배율 zoom lens등의 광범한 연구개발이 이루어지고 있고, 이러한 연구개발은 비 구면설계, 공차 분석, 정밀정렬, 열특성 보정기술이 기술개발의 핵심을 이루고 있다.

최근 미국에서는 일본에 추월 당했던 광학가공기술을 세계 최고 수준으로 향상시키기 위하여 정부, 산업계, 대학이 공동으로 COM(Center for Optics Manufacturing)을 설립하여 고정밀 자동화 가공기술을 개발하고 있다. 이들 기술은 과거의 개인 경험과 숙련도 위주 방식에서 탈퇴하여 컴퓨터를 이용한 체계적, 종합적 가공방식이며 재래식 광학가공방식의 혁신적 전환이 예상된다.

선진국의 광학평가기술은 국립 연구소에서 주로 개발되지만 많은 초정밀 기술들이 많이 기술이전에 의하여 상용화되고 있다. 미국의 Zygo와 Wyko사는 NIST와 협력하여 디지털 간섭계의 성능을 향상시키고 다양한 용도의 간섭계 응용 측정장치들을 개발하고 있다. 그리고 미국의 Optikos, 영국의 Ealing, 독일의 Trioptics사 등은 CCD를 이용한 실시간 분해능 측정장치를 개발하여 보급하고 있다.

선진국에서는 전통적인 광

학기기에의 응용이외에 광자기술 및 광통신에 광학박막을 이용하기 위해 많은 연구 및 개발을 진행하고 있다. 광학박막은 주로 진공증착기에서 제작되고 있으며 박막이 조밀하여 외부 환경에 강하고 안정한 박막을 증착하기 위하여 많은 기술이 다양하게 발전되어 오고 있다.

선진국에서는 반도체분야의 스테퍼에 사용되는 자외선 코팅, 인공위성용 광자기기의 필터 및 거울코팅, 에너지 절약형 광학코팅, 반도체 레이저용 무반사코팅, 약 X-선용 다층박막, 광학박막제작의 첨단 기술이라 할 수 있는 이온빔 스퍼터링을 이용하여 손실이 매우 작은 레이저 자이로용 거울, 마그네트론 스퍼터링과 이온빔 기술을 이용하여 파장 이동이 전혀 없는 파장다중분할기용 간섭필터, 달리는 자동차의 색깔을 보는 각도에 따라 변화시키는 코팅 등을 개발하고 있으며 일부는 생산을 하여 부가가치를 높이고 있다.

일본과 미국에서는 디지털 카메라, 디지털 복사기, Projection TV, Optical Pick-Up 같은 디지털 영상정보 관련 광학계가 많이 개발되고 있다. 그리고 광통신 관련 계측기기와 CCD를 이용한 디지털 광계측기기도 사용자 위주의 다양한 기능을 선보이고 있다.

4. 국내의 연구동향

Active optics와 adaptive optics는 국내에서도 앞으로의 활용가능성을 주목하여 정부출연 연구소와 기업체에서 많은 관심은 가지고 있으나, 실제로 이 분야에 대한 연구는 국내에서 거의 이루어지고 있지 않고 있었다. 앞으로 육군사관학교에서 연구할 계획을 가지고 있다.

우리 나라에서의 천문, 항공 및 우주광학분야의 연구는 시작단계로 볼 수 있다. 천문장비의 경우 국내에서는 30cm급의 반사망원경의 제작은 가능하나 mount 및 제어장비는 모두 수입하는 실정이다. 항공 및 우주 광학분야의 연구개발은 optical gyroscope는 상당한 수준의 연구개발이 이루어지고 있으며, 위성사진기분야에서 정부출연 연구소 및 민간기업에서 연구개발을 시작하는 단계에 있다.

리소그래피 기술개발 현황은 삼성, 현대, LG 등 반도체 3사에서는 리소그래피 공정 기술을 위주로, 한국전자통신연구원에서는 KrF 엑시머 레이저 노광 장비에 이어 ArF 엑시머 레이저 노광 장비를 중심으로 개발이 진행되고 있다. 반도체 3사는 기본적으로 소자 메이커이므로 기존의 장비를 활용하여 얼마나 안정되고 수율이 높은 생산기술을 확보하느냐

나 하는데 기술개발의 초점을 맞추고 있는 상태이며, 한국전자통신연구원은 우리 나라의 기술자립을 위해 리소그래피 장비 자체를 개발하는 데 중점을 두고 있다.

관련장비로서 반도체 제조용은 아니지만 LCD 제작용의 스텝퍼를 삼성항공에서 개발 중에 있고, 이 밖에 몇몇 회사에서는 proximity printing 장비인 contact aligner 개발을 검토 중에 있다. 학계에서는 한양대 및 인하대에서 리소그래피 시뮬레이터 S/W를 개발하고 있으며, 포항공대에서는 LG와 공동으로 싱크로트론을 이용한 X-선 리소그래피 공정에 대해 기초적인 연구를 수행하고 있다. 한국전자통신연구원에서는 X-선 마스크 제작 기술 개발을 시도하여 상당한 성과를 보았다.

광학설계 분야 중에서 민수용의 양산 광학계의 설계 및 개발은 국내에서 활발하게 이루어지고 있으며, 쌍안경, 카메라, 복사기, 캠코더, compact disk 등의 수출도 상당한 물량에 이르고 있다. 양산 광학계 설계기술의 경우에는 선진국과 비교하여 거의 대등한 기술 수준에 이르고 있으나, 대부분 외국 제품을 모방하는 수준이며 독자적인 신제품 개발은 미흡하다. 정밀 광학계의 설계기술은 국내의 기술수요에 따라 각

분야별로 격차가 매우 크며, UV stepper용 투사렌즈, 적외선 결상광학계, 위성용 고해상 사진기의 설계에 대한 연구가 국내에서 이루어지고 있다.

광학가공기술은 대부분 70년대에 일본에서 기술 이전되어진 것이므로 기술수준이 전반적으로 낮고 생산성도 매우 떨어진다. 하지만 최근에 삼성항공에서 카메라 광학계를 위한 가공 및 조립공정을 자동화하였으며 일부 중소기업에서도 자동화기술을 도입하고 있다. 한국전광 등 일부 수출전문 광학회사의 가공능력은 매우 높지만 대부분 수동식 연마방법을 사용하고 있으며, 비구면 등의 특수가공기술은 아직 초보 단계이다.

광학계 성능평가는 표준과 학연구원에서 기업체에 대한 기술지원과 전문교육을 실시하고 있으며 국제수준의 굴절률, 총밀리기 간섭계, OTF 측정장치 등을 개발하여 보급하고 있다. 마이크로 간섭계와 실시간 광학렌즈 형상측정장치 등은 과학기술원에서 개발되었으며 상용화되었다. 육군사관학교와 한남대학교 및 한림대학에서도 광학계 성능 평가 기술에 관해 연구하고 있다.

광학박막은 주로 안경용 무반사 코팅이 가장 많이 생산되고 있으며, 가전제품에 칼라필터, 무반사코팅, 편광분리기,

반사경 등 각종 코팅이 사용되고 있고, 방산용으로 여러 종류의 광학 코팅이 생산되고 있다. 국내의 광학박막 제작 기술은 전통적으로 광학기기 및 가전제품에 많이 사용되는 광학 코팅 때문에 그동안 많은 발전을 하여, 국내 수요의 일익을 담당하고 있다. 그러나 부가가치가 높은 고급 증착기술로의 발전은 매우 늦은 편이다.

특히 선진국에서 빠르게 발전하고 있는 고급 광학기기, 광자기술, 광통신에 사용될 수 있는 광학박막의 설계 및 증착기술은 현재 국내에서 미미한 실정이다.

광학계 개발은 주로 대기업 위주로 되고 있으며 디지털 광학계도 개발하고 있다. 하지만 아직도 재래의 카메라 및 복사기 광학계를 많이 생산하고 있으므로 구조조정이 필요하다. 광계측기기는 분광계와 OTF 측정장치 등 일부 품목이 국산화되었지만 대부분의 광계측기기를 수입하여 사용하고 있다.

5. 선진국 대비 국내의 기술수준

국내에서는 active optics와 adaptive optics 분야의 연구가 거의 이루어지고 있지 않은 상태이며, 최근에는 정부출연 연구소(원자력연구소, 천문대)에서 이에 관심을 가지고 준비 중에 있다.

국내에서 active optics와 adaptive optics 자체에 대한 연구개발은 없었으나 이 기술의 기반이 되는 광학계의 평가 기술은 확보하고 있으므로, 선진국과 비교한다면 10% 정도의 기술수준으로 평가된다.

천문, 항공 및 우주광학분야의 국내기술은 이제 시작단계로 기반기술 및 연구개발인력이 거의 확보되어 있지 않아 선진국의 1960년대 수준에도 미치지 못하고 있다. 그러나 이 기술과 직접적인 관련이 있는 정밀 광학계에 대한 기술수준을 참고하여 평가한다면 선진국과 비교하여 10% 정도의 기술수준으로 볼 수 있다.

리소그래피 기술을 선진국 수준과 비교하여 보면 현재 소자 생산에 필요한 i-line이나 KrF 리소그래피 공정기술에서는 선진국과 별 차이가 없으나, 새로운 리소그래피 기술의 개발에서는 현저히 뒤떨어져 있다. 이는 공정기술개발에 필요한 장비들을 주로 미국이나 일본에 의존하고 있기 때문인데, 장비기술의 확보 없이는 새로운 공정개발은 거의 불가능하다.

다행히 ArF 노광장비 기술은 전세계적으로 이제 막 시작한 단계로 우리 나라의 기술개발 수준도 크게 뒤떨어지지 않으며, 핵심 부분인 광학계 설계 및 제조기술은 선진국과도 비

견할 만하다. 다만 선진국에서는 관련 기술 인프라가 잘 구축되어 있어 시스템 설계에 기술 개발의 관건이 있는 반면, 우리나라에서는 많은 주요 부품들을 선진국에 의존해야만 하는 어려움이 있다. 또 선진국에서는 지금까지 노광 장비를 생산 판매해온 장비업체가 전채한 반면, 우리나라에서는 아직까지 아무도 노광 장비를 생산 판매해 본 경험이 없다는 상품화 측면의 큰 어려움도 있다.

광학설계는 활용범위가 매우 넓고, 국내의 경우에는 시장이 적기 때문에 생산되지 않는 제품도 많다. 일반적인 양산 광학계 설계기술의 경우에는 삼성전자, 삼성항공, LG전자 등의 대기업과 광학전문 중소기업에서 상당한 수준의 기술을 보유하고 있지만, 고부가 가치의 정밀 광학계 개발의 핵심기술인 정밀 광학계 설계기술과 비구면 기술은 선진국과 비교하여 아직도 상당한 기술적 격차가 있다. 광학설계분야는 선진국과 비교하여 70% 정도의 기술수준으로 볼 수 있다.

그 외에 국내의 광학가공기술은 선진국의 80% 수준이며 평가기술은 선진국과 거의 대등하므로 90% 수준이다. 전반적으로 선진국을 100으로 할 때 한국의 광학박막 기술 수준은 약 70 정도에 이를 것으로 추정된다. 광응용기기의 기술

수준은 선진국의 90%이지만 광계측기기의 경우에는 선진국의 60% 수준이다.

6. 향후 전망 및 제언

Active optics와 adaptive optics 분야는 아직까지는 고가의 장비이기 때문에 대형천체망원경, 고해상사진기, 고출력 laser 등 매우 제한적인 분야에서만 활용되고 있다. 그러나 active optic과 adaptive optic 기술을 채용한 광학기기는 어떠한 환경조건에서도 우수한 결상특성을 발휘할 수 있기 때문에 앞으로는 군용, 산업용, 민수용의 거의 모든 광학장비분야에서 광범위한 활용이 예상되고 있다. 최근 PZT 및 반도체 기술의 발전에 따라 flexible mirror와 controller가 소형화되고 있어 경제적인 측면에서도 앞으로는 충분한 시장성을 가질 것으로 예상되고 있다. Active optics와 adaptive optics 분야의 기술은 미래를 대비한 기술개발 및 기술축적이 필요하다고 생각되며, 출연연구기관 및 대학에서의 연구개발을 보다 활성화하도록 지원되어야 한다.

광학전문, 항공 및 우주광학 분야의 장비들은 최첨단 초정밀 장비이다. 수요는 제한적이거나 부가가치는 매우 높다는 특성을 가지고 있어 앞으로 고부가가치의 기술 집약적인 산업

으로 육성될 수 있으며, 광학, 기계, 전자산업에의 기술파급 효과가 매우 크다. 천문, 항공 및 우주광학분야의 기술은 이 기술 자체의 상업적 이용보다는 첨단기술의 복합체이기 때문에 경제적, 사회적, 군사적인 측면에서 기술의 파급효과가 매우 크다. 이런 점에서 미래 기술의 최첨단기술의 원천으로서 중요성을 인식하여 정부지원에 의한 국가적인 차원의 연구개발이 필요하다.

리소그래피 기술은 모든 반도체 제조 분야에 가장 핵심이며, 제작되는 소자의 수준을 결정하는 가장 중요한 기술이다. 또한, 리소그래피 기술은 결국 노광 장비 기술의 발전에 의존하므로 국내 반도체 산업의 지속적인 발전을 이룩하기 위해서는 노광장비 분야의 기술확보가 무엇보다 우선되어야 한다. 왜냐하면 노광 장비는 장비 자체의 시장 규모 면에서도 단일 장비로는 반도체 장비 중 가장 큰 시장을 가지고 있으며, 이 장비로 인한 반도체 산업 전반에 대한 파급효과도 매우 크기 때문이다.

또한 리소그래피 장비의 개발 및 시판에 있어서도 점차 개발로부터 실제 생산라인에 장비가 적용되기까지의 시간 격차가 좁혀지는 추세이므로, 종전과 같이 장비가 개발 완료되어 시판된 후 장비를 구입하여

공정을 개발하는 식의 접근 방식은 신제품 개발 경쟁에서 낙오를 면치 못할 것이다. 따라서 미국이나 일본의 경우와 같이 장비의 개발 단계에서부터 정부 또는 수요기업들로부터의 지원과 국내 연구역량을 결집한 공동 연구가 절실하다.

광학설계기술은 광학산업 및 광기술의 기반이 되는 중요한 기술이다.

국내의 광학설계기술은 기업체를 중심으로 연구개발인력이 양성되어 일반 양산 광학계의 경우 상당한 기술수준에 있는 것으로 평가된다. 하지만 아직 부가가치가 높은 고급 광학기기 분야에서는 선진국과 경쟁할 수 있는 수준에 이르지 못하고 있다. 현재의 중급 제품으로는 후발 개발도상국과의 경쟁에 한계가 있으며 앞으로의 발전을 위하여서는 보다 정밀도가 높은 고급제품의 개발이 절실하게 요구된다. 비구면 광학계 및 정밀광학계 설계기술은 고급 광학기기를 개발의 핵심기술로서 산학연 협동을 통한 집중적인 연구개발과 국내 산업계로의 기술전수가 필요하다.

최근 우리 나라의 중요산업으로 자리잡은 광전자 산업은 급속한 발전을 이루고 있으나 기반기술인 정밀광학가공 및 평가기술 부족으로 품질의 고급화 및 신제품 개발에 많은 어

려움을 겪고 있다. 국내의 광학가공기술을 일본, 독일, 미국에 비해 경쟁력 있게 발전시키기 위해서는 노동집약적인 현 상황의 문제점을 해결하는 것이 필요하며, 관련 첨단산업에 기여할 수 있도록 하기 위해서 정밀광학가공 및 평가기술을 집중적으로 개발하거나 기술인력을 교육하는 것이 필요하다.

다가오는 고도정보화시대와 병행하여 광학기술, 광자기술, 광통신기술, 광집적회로기술은 계속 빠르게 발전할 것이고, 이에 필요한 광학소자로서 광학박막의 설계 및 증착기술도 급속한 발전을 거듭할 것으로 기대된다. 광학박막 관련 인력은 국내의 몇개 대학 및 대학원에서 배출하고 있으나, 선진 광학박막 기술의 개발은 산업계, 연구기관 및 대학에서 미미한 실정이다.

산업계에서는 기존의 광학박막 생산기술의 향상에 노력할 뿐만 아니라 새로운 광학박막의 수요와 빠르게 발전하는 선진 증착기술에 대비하는 자세가 필요하다. 연구소는 산업계 현장에서 발생하는 문제점을 해결하여 생산성 향상에 기여하고 새로운 증착기술의 개발을 선도하는 역할을 해야 할 것이다. 또한 대학에는 산업계에 진출하여 광학박막을 개발 생산할 인력을 새로운 연구개발을 통하여 양성하고 있고 각

종 연구장비와 분석기기를 갖추는 등 연구 환경 및 여건이 많이 향상되고 있다. 그러므로, 새로운 벤처기업형 광학박막의 개발 및 생산, 광학박막의 설계 등을 수행할 수 있어야 한다. 특히 산-학-연, 산-학, 산-연 등의 공동연구를 통한 광학박막 증착기술 개발은 연구비, 인력, 연구 및 분석 장비 등을 효율적으로 운용할 수 있으므로 적극적인 지원과 투자가 필요하다.

디지털 광기술은 차세대 전략기술이므로 이와 관련된 디지털 영상정보 광학계의 수요는 매우 크다. 그리고 초정밀 측정기술에 매우 적합한 광계측기기의 수요도 계속적으로 증가할 것으로 예상된다.

7. 결론

우리 나라의 광학 연구의 역사가 매우 짧은 것에 비해 발전속도가 매우 빠른 것으로 생각된다. 아직은 연구 인력도 부족하고 정부나 산업계에서 관심이나 인식이 부족한 상태이다. 지원도 미약하지만 선진국을 따르기 위해 많이 노력하고 있다.

앞으로 정부나 대기업에서 보다 관심을 가져주고 조금만 더 광학분야에 지원을 해주면 더욱 빠르고 활발하게 발전할 수 있으리라 믿으며 광학관련 산업도 향후에 첨단산업으로 발전할 전망이 매우 밝다.