

# 촬영계 및 미소 렌즈

소자의 추세로는 고정밀도화 및 소형(소경)화 및 복합화가 키워드라고 할 수 있으며, 중요한 것은 이들 키워드를 달성하기 위하여 독자적인 설계 기술과 독자적인 제조 기술이 요구된다 할 수 있다. 기존의 가공법이라도 양성해 온 노하우나 기술을 바탕으로 고정밀화와 소형화 및 환경 대응을 위한 대처 방안이 중요하며, 또한 그 이전에 요구되는 소자의 고기능화 및 복합화에 대하여 종래의 생각에 구애받지 않는 새로운 소자 설계 기술이나 그를 유지할 가공법에 대한 개발이 중요하다. 본 고에서는 제품이나 용도의 관점에서 최근의 유리 렌즈가 요구되는 양상을 소개하고, 앞으로의 유리 렌즈 제조 추세를 제안하기로 한다.

편집자 주

## 1. 머리말

유리를 소재로 한 렌즈나 프리즘 등의 광학 소자의 제조는 약 300년 전의 뉴턴 시대부터 행해졌으며, 이는 현재에도 하이테크놀로지 산업을 뒷받침하는 중요한 부분 중 하나의 제조 방법으로 성장해 왔다. 유리로 렌즈를 형성하는 제조 방법에는 두 가지 방법이 널리 실용화되고 있다. 하나는 뉴턴 시대부터 현재까지 주류를 이루는 연삭 및 연마 가공에 의한 것이며, 다른 하나는 1982년에 이스트만 코닥사가 카메라에 조립시킴으로써 널리 알려진 유리 몰딩에 의한 것이다. 전자는 다이아몬드를 연마용 입자로 한 공구(숫돌을 금속 기재(臺金)에 고정시킨 것)로 유리 소재로부터 렌즈 형상을 깎아 내고, 산화 셀륨이나 산화 지르코늄, 산화 알루미늄 등의 미세한 연마용 입자와 “접시”라 불리는 주물이나 주물에 피치나 폴리우레탄을 접착시킨 공구를 문지르는 연마로 광학면을 성형하는 기법이다. 이 기법은 매우 저렴한 설비로 다양한 유리 소재에 적용이 가능하기 때문에, 현재에도 유리 렌즈를 제조하는 가공 방법의 주류를 이루고 있다. 이에 반해, 후자는 초정밀 가공된 금형과 유리 소재를 가열하여 금형으로 유리 소재를 성형(프레스)함으로써 렌즈를 얻는 유리 몰딩 기법이다. 유리 몰딩은 직접 성형(다이렉트 프레스)이나 재연소 성형(리히트 프레스)와는 달리 완성될 렌즈를 프레스로 직접 얻는 매우 고정밀한 성형법이므로, 특수한 금형 재료나 금형 표면의 성막 기술, 고정밀한 몰딩 장치 등이 반드시 필요하다. 이로 인해, 높은 부가가치를 갖는 광학 소자를 제조하기 위하여 현재에는 비구면 렌즈의 제조에 대한 적용이 주류를 이루고 있다.

또한, 유리 렌즈의 용도 면에서 보면, 카메라, 현미경 등에 대표되는 촬상 용도와 콤팩트 디스크(CD)나 디지털 다목적 디스크(DVD)의 픽업 렌즈, 광 통신 등에 요구되는 신호 처리 용도의 소자로 크게 나눌 수 있다. 전자는 매우 오랜 역사와 함께 많은 제품에 활용되어, 최근에는 디지털 카메라의 출현으로 인해 유리 연마 렌즈, 유리 몰딩 렌즈 모두 빠른 대량 생산의 상황에 이르렀으며, 세계적으로 유리 렌즈의 공급 부족 현상이 이어지고 있다. 후자는 1980년대부터 CD의 출현으로 인해, 이 분야도 세계적으로 대량의 유리 렌즈를 제조

하게 되었으나, CD용 픽업 렌즈의 플라스틱화에 대한 연구가 크게 진전되기도 하여 유리에 의한 제조는 급감하게 되었다. 그러나 1995년경부터 DVD의 출현에 따라 다시 소형화 외에 고정밀도 및 고세밀(복합 기능)의 유리제 광학 소자의 요구가 높아졌으며, 또 통신 분야에서는 인터넷에 의한 정보 통신량 증가에 따른 광 통신 분야에서 높은 내구성(신뢰성)과 내습 및 내열성의 요구에 대응할 수 있는 유리제 광학 소자의 활용과 개발이 진행되고 있다.

## 2. 유리 렌즈(광학 소자)가 요구되는 양상

### 1) 촬상계(디지털 카메라)에서의 유리 렌즈

촬상계의 유리 렌즈라면 디지털 카메라가 그 대표격이라고 해도 과언이 아니라고 할 정도로 많이 보급되고 있다. 상술한 바와 같이, 1990년대 후반부터 디지털 카메라의 폭발적인 보급으로 인해 전세계적으로 공급이 부족한 상황이다. 디지털 카메라에 요구되는 구성에서 유리 렌즈 제조에 요구되는 내용을 보면, 크게 3종류의 구성이 요구된다고 할 수 있다.

첫째, 유티쿼터스로 대표되는 바와 같이 일상 생활 중에서 손쉽게 촬영을 의식하지 않고 사용할 수 있는 분야이다. 이 형태의 키워드는 “고정밀도화+소경(소형)화”라 할 수 있다. 이의 대표격이 카메라 기능이 첨부된 휴대 전화이다. 최근에는 휴대 전화에 부착된 카메라도 35만 화소화가 나와 있으며, 콤팩트 디지털 카메라의 라이벌은 휴대 전화라 할만한 수준에 이르렀다. 현재로서는 두 장의 플라스틱 렌즈로 구성된 광학계이지만, 메가픽셀의 요구가 높아지면 높은 성능의 광학계도 필요해져 한 장의 유리 비구면의 광학계가 필요해질 것으로 예측된다. 실제로 <그림 1>에 나타난 바와 같이, 130만 화소의 휴대 전화용 디지털 카메라 유닛의 견본이 제작되었으며, 통신 속도나 통신 비용과의 균형도 있지만, 휴대 전화에서도 고화질의 요구는 계속될 것으로 생각된다. 이로 인해 휴대 전화에 탑재하는 카메라도 소형화와 더불어 고품질 영상에 대한 요구는 더욱 높아져, 광학 성능의 향상은 피할 수 없다. 이에 따라 고정밀도의 미소 비구면 유리에 대한 필요성은 더욱 높아져, 이의 양산 기술이 필요해질 것이다.

다음으로 예상되는 것은, 카메라 본래의 성능 및 기능을



그림 1. 130만 화소-휴대 전화용 카메라 모듈\*  
(\*[http://www.docomo-esshub/mobile\\_news/021123/b01.html](http://www.docomo-esshub/mobile_news/021123/b01.html))

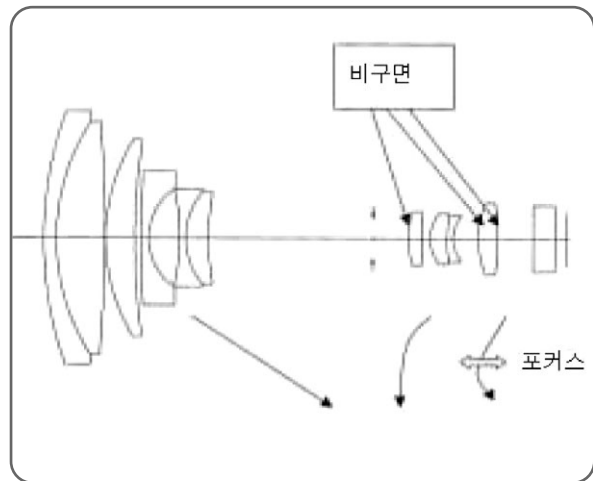


그림 2. 줌 10배의 콤팩트 디지털 카메라 촬영계<sup>2)</sup>

높이면서, 디지털 카메라 기능이 부가된 휴대 전화와 차별화를 도모해야 하는 콤팩트 카메라 타입의 디지털 카메라이다. 이 분야에서의 키워드는 “고정밀도+소경(소형)화+고난이도 제조”라 할 수 있다. 기존 카메라와 같은 용도와 휴대 전화의 카메라와 같은 편리성을 가지면서, 높은 성능으로 상품의 매력을 발휘해야 한다고 할 수 있다. 디지털 카메라 기능이 부가된 휴대 전화가 메가픽셀화되면, 종래의 단초점 카메라는 그 위치가 위태로워질 것으로 예상된다. 이 분야에서는 소형화 및 고화소(고화질)화를 도모하면서, 높은 광학 성능을 발휘할 수 있는 높은 줌(zoom) 배율 광학계를 갖는 카메라가 그 주역이라고 할 수 있다. <그림 2>에 나타난 바와 같이 실제로, 콤팩트 카메라 타입으로 매우 소형이면서 필름 환산시 38mm 내지 380mm

옵토 메카트로닉스 가공 기술 로드맵

에 해당하는 화각 범위를 갖는 10배 줌 배율의 디지털 카메라가 판매되고 있다<sup>9)</sup>.

이와 같이 매우 고성능이면서 소형화를 실현하기 위하여 비구면 렌즈를 많이 이용함으로써 전체의 렌즈 장수를 줄이는데, 비구면에서의 광 굴절력이 커지므로 색 수차가 커진다. 이로 인해, 색 수차를 억제하기 위하여 높은 굴절률을 갖는 유리나 저분산 유리의 필요성이 증가한다. 비구면 유리 몰딩 렌즈의 제조에 있어서는 상당히 어려운 개념이지만, 동시에 구면 렌즈에서도 종래에 없는 어려움이 발생한다. 소형화로 인해 장수가 줄어들면, 렌즈 한 장당 요구되는 정밀도가 높아진다고 할 수 있다. 예를 들면 10장의 렌즈 구성으로 100의 성능을 발휘하는 광학계가 있다고 하면, 한 장의 렌즈는 100/10=10의 성능을 갖게 된다. 그러나 이 광학계를 8장으로 구성하면, 같은 100의 파워를 발휘시키기 위해서는 100/8=12.5가 필요하게 되어 25%의 성능 향상을 얻게 된다. 이는 비구면 이외의 구면 유리 렌즈의 가공 정밀도에도 기여하게 되어, 자연스럽게 전체적인 고정밀도화가 필요하게 된다. 특히 색 수차를 조절하기 위한 저분산 유리는 연마 가공에서 연마 가공성의 지표가 되는 마모도(=(시료의 마모 질량/비중)/(표준 시료의 마모 질량/질량)×100)가 매우 높으며, 연마 품질(연마 상처, 잡상 등의 외관 품질)이 중요한 디지털 카메라 렌즈에서는 이 양산성도 하나의 과제라 할 수 있다.

마지막으로 예상되는 것은 더욱 높은 성능을 갖는 디지털 카메라 분야라고 할 수 있다. 이 분야에서 키워드는 “고정밀도+대구경”이라 할 수 있다. 1996년 메가픽셀을 넘어 선 무렵부터 디지털 카메라는 기존의 필름 카메라와 그 화질의 질로 경쟁하는 영역에 영입되게 되었다. 최근에는 1,110만 화소의 일안 리플렉스 카메라도 출현하게 되어, 피사계심도를 이용한 사진의 그라데이션 등 필름 카메라와 다름없는 깊이 있는 예술적인 사진 촬영이 기존의 필름 카메라보다 고화질로 쉽게 가능해졌다. 지금까지 설명한 디지털 카메라와 또 다른 분야에서 중요한

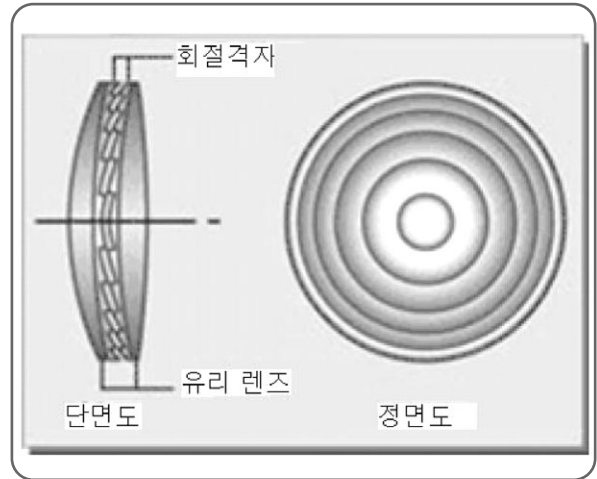


그림 3. 적층형 회절 광학 소자\*

(\*<http://web.canon.jp/technology/top/more.html>)

위치를 차지하게 되었다고 할 수 있다. 물론 광학계는 매우 고성능의 렌즈를 필요로 하기 때문에, 휘도 확보를 위한 대구경화 및 고정밀도화 이외에도 높은 줌 배율의 콤팩트 타입의 디지털 카메라와 다름없는 고굴절률 저분산 유리가 많이 이용될 것으로 예상되며, 이러한 제조 기술이 필요해질 것이다.

이에 관한 주제로서, <그림 3>에 나타낸 바와 같이 비구면 렌즈와 저분산 유리의 기능을 조합한 지금까지 없던 적층형 회절 광학 소자가 발표되었다. 픽업 렌즈에서는 단파장을 이용하기 때문에 회절을 이용한 광학계가 비교적 많이 사용되나, 카메라 등 촬상계에서는 백색광을 이용하기 때문에 일부 광의 회절에 의한 플레어가 발생하여, 결상 성능이 저하되어 촬상계에서의 이용에 어려움이 있었다. 이에 반해, 적층형 회절 광학 소자는 동심원 모양의 격자를 갖는 두 장의 회절 렌즈를 서로 마주보도록 배치하고, 불필요한 회절광을 발생시키지 않아 촬상용 렌즈로 성립되었다. 종래의 재료에 의지하던 색 수차 보정을 물리적 구조로 해결한 것은 특필할 만하다 할 수 있다. 여기에는 매우 뛰어난 가공 기술과 조립 기술의 융합이 필요하며, 회절 격자 부분에는 수지가 사용되고 있다고는 하지만, 향후 새로운 광학 소자(렌즈) 양상의 하나라 할 수 있다.

2) 신호계(광 통신)에서의 유리 렌즈

인터넷의 보급에 따라 데이터 통신량이 증가되고 있는 가운데, 광에 의한 고밀도 파장 다중(DWDM) 시스템에 의한

정보 전달이 행해지고 있는데, 이 광 통신은 각 가정내의 접속(FTTH)으로까지 확대되었다. 대표적인 장치로는 광을 전기로 또는 그 반대로 전기를 광으로 변환하는 LD, PD 모듈이 있다(그림 4). 이들 모듈에서는 일찍이 볼 렌즈를 사용하고 있었으나, 고개구화와 수차 대책에 따른 고성능화 및 전달 손실을 줄이기 위하여 유리 비구면 렌즈가 많이 이용되게 되었다. 특히 이 유리 비구면 렌즈는 아주 작은 렌즈이므로 조립의 용이화 및 저비용화를 도모하기 위하여 렌즈와 경통이 일체로 성형 제작되는 기법이 사용되고 있다(그림 5).

또한, 고밀도 파장 다중(DWDM) 시스템에서는 다른 파장의 신호를 합성하거나 분할해야 하며, 이들 합성 및 분광, 분파를 행하기 위한 광학 소자가 필요하다. 최근에는 어레이(배열) 도파로 격자 광합 분파기인 AWG(Arrayed-Waveguide Grating Multi/Demultiplexer)가 제안되어 광 통신 분야에서 많이 소개되고 있는데, 본 고의 유리 렌즈 관점에서는 약간 벗어나는 듯하여 여기서는 언급을 피하기로 한다. 그러나, 이와 원래 유사한 구성을 갖는 회절 격자형 광합 분파기(그림 6)<sup>4)</sup>가 있으므로 이를 바탕으로 새로운 유리 렌즈의 관점에서 조금 언급하고자 한다.

회절 격자형 광합 분파기 등에서 사용하는 회절 격자(grating)는 상술한 굴절을 이용한 구면 및 비구면 유리 렌즈와는 다르지만, 향후 기대가 큰 광학 소자라고 할 수 있다. 회절 광학 소자는 <그림 7>에 나타난 바와 같이 집광 및 편광, 분기, 분파, 편광 분리, 반사, 반사 방지 등의 다용도로 활용될 것이 기대되는데, 특히 분기, 분파 또는 합파, 편광 분리 등에서 그 능력을 발휘할 것이며, 신호계의 광학계에서는 매우 중요한 소자가 될 것이다<sup>5)</sup>.

얼마 전의 이야기지만, 1996년에는 CD와 DVD의 두 개의 다른 디스크 매체를 공용할 수 있는 2초점 픽업 렌즈의 출현이 화제가 된 바 있다(그림 8). 이는 회절 격자를 갖는 렌즈가 유리 몰딩 렌즈인데다가 픽업의 소형 및 고기능 및 저비용화의 기술로서 주목을 받았기 때문이다. 매우 미세 하면서 정밀한 회절 패턴을 유리 몰딩으로 형성하기 때문에 종래의 초경 합금의 금형으로는 제작이 어려우며, 이를 모재(母材)에 Ni-Cu-P 합금막을 형성하고, 초정밀 절삭 가공에 의한 패턴 형성과 백금에 의한 보호층으로 금형을 제작하여 회절 패턴을 갖는 유리 몰딩 렌즈를 제조할 수 있게 되었다. 굴절만을 이용해서는 이룰 수 없는 효과이다.

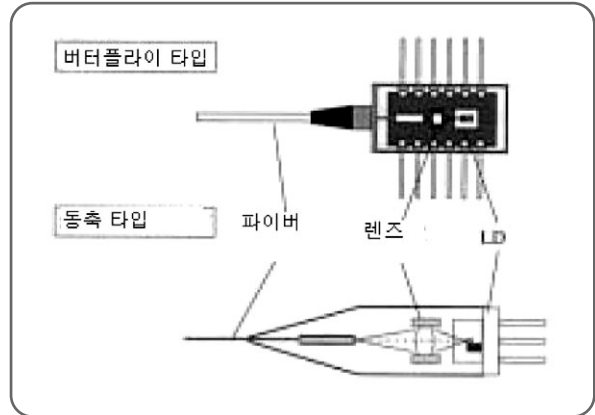


그림 4. LD 모듈<sup>3)</sup>

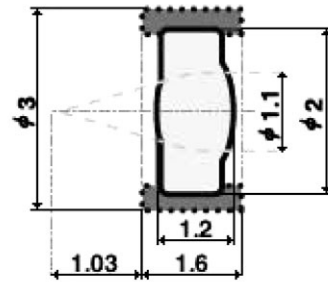


그림 5. 경통 일체형 유리 비구면 렌즈\*

(\*<http://www.maxell.co.jp/products/industrial/glasslens/#02>)

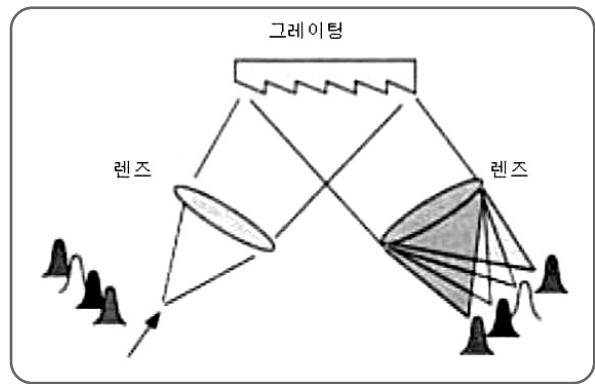


그림 6. 회절 격자형 광합 분파기<sup>4)</sup>

옵토 메카트로닉스 가공 기술 로드맵

회절 광학은 신호 처리에서만 이용  
된다고 생각할 수 있으나, 상술한 적

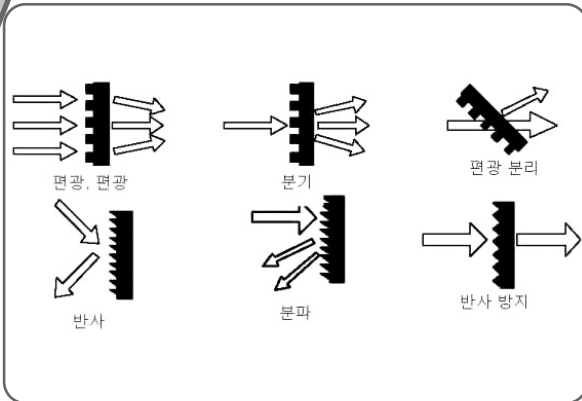


그림 7. 회절 격자에 의한 광학 기능\*  
(\*<http://www.opt.alps.co.jp>)

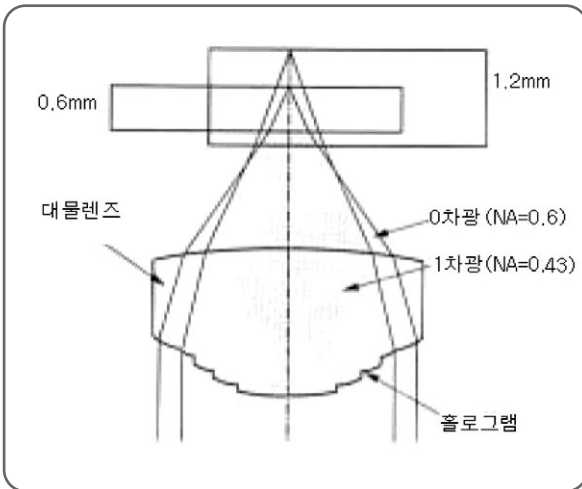


그림 8. 2초점 대물 렌즈<sup>5)</sup>

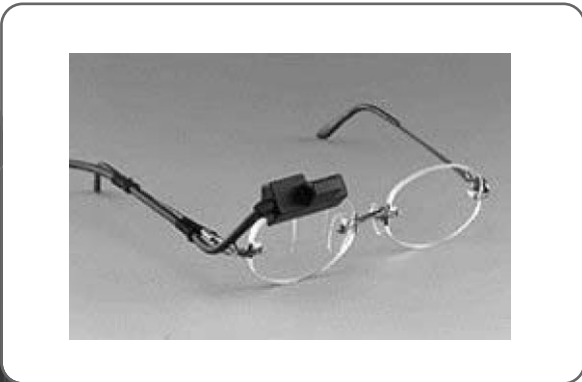


그림 9. 안경형 디스플레이\*

(\*<http://www.zdnet.co.jp/news/bursts/0012/22/minolta.html>)

층형 회절 광학 소자에서 볼 수 있듯이, 생각을 조금 바꾸면 매우 폭 넓은 용도로 사용할 수 있을 것이다. 특히 그에 부응한 가공 기술이 동반되어 온 것도 큰 결과이다. 회절 광학은 홀로그래피 기술과 바이너리 옵틱스(BO)라 불리는 리소그래피 인쇄 기법에 의한 소자 형성 기술의 융합으로 그 사용이 주목을 받았으나, 이 홀로그래피로 입사파를 특정한 회절 파면으로 변환하는 광학 소자로서 홀로그래픽 소자(HOE)가 있다. 이는 수지제의 소자인데, 안경에만 사용할 수 있는 디스플레이가 2000년에 발표되었으며, 종래에 없는 매우 콤팩트한 제품을 형성할 수 있게 되었다(그림 9).

이 HOE를 유리로 형성하는 기술로 펨토초(femtosecond) 레이저에 의한 가공 연구가 이루어지고 있다. 광 통신 분야에서는 펨토초 레이저에 의한 가공에서 최고라고도 할 수 있는 복합 기능화를 목표로 한 소자로, 유리 내부의 개질 가공이 연구되고 있다(그림 10). 펨토초 레이저는 펄스 폭이 펨토초(1펨토초=10<sup>-15</sup>초)라는 매우 짧은 펄스이므로, 집광 강도가 높으며 다광자 흡수에 의한 가공이 이루어진다. 이 때문에 3차원에서의 미세 가공이나 유리(투명 재료)에 대한 가공 및 개질이 가능하여 주목을 받고 있다. 이 기술을 이용하여 광 통신에서는 유리 내부에 광학계를 일체로 형성하는 것을 시도하고 있으며, 조립의 간소화나 소자의 높은 내구성 등을 얻을 수 있을 것으로 기대되고 있다. 유리 내부에 복수의 광학 기능을 갖는 소자를 배치하면서 제조할 수 있기 때문에, 지금까지 전혀 없던 소자 및 제조 방법의 개발이 기대되는 많은 관심을 받는 기술이다.

3. 유리 렌즈 제조에 요구되는 것

앞에서는 디지털 카메라나 픽업, 광 통신 등 다른 분야의 소자에 관하여 언급하였으나, 유리 렌즈 제조가 처한 상황과 이 소자들의 추세를 종합하여 제조하는 입장에서 관찰함으로써 조금이나마 공통되는 방향성을 찾아낼 수 있을 것으로 보인다. 현재 유리 렌즈 제조의 대부분은 중국을 비롯한 아시아의 여러 나라에서 이루어지고 있다. 디지털 카메라에서도 종래부터 유리 구면 렌즈는 중국에서의 생산으로 진전되고 있다. 비구면 유리 몰딩 렌즈는 연삭 및 연마 렌즈 정도의 인력을 구비하여 제조되고 있지는 않으나, 소재나 구면 렌즈 등이 해외로 전개되는 가운데, 광학



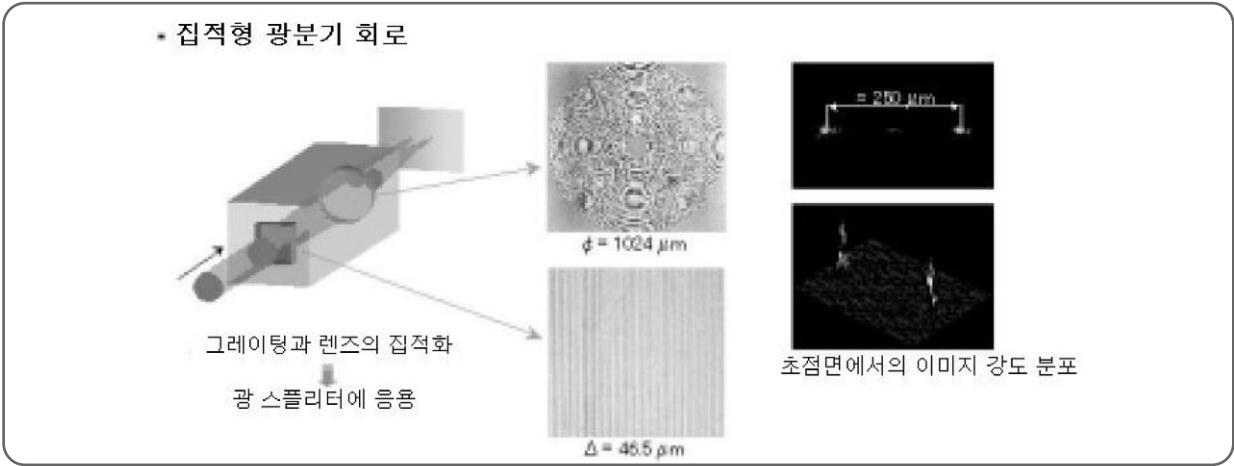


그림 10. 복합 기능 소자  
(포토 소크래프트 프로젝트 과학 기술 진흥 사업단)

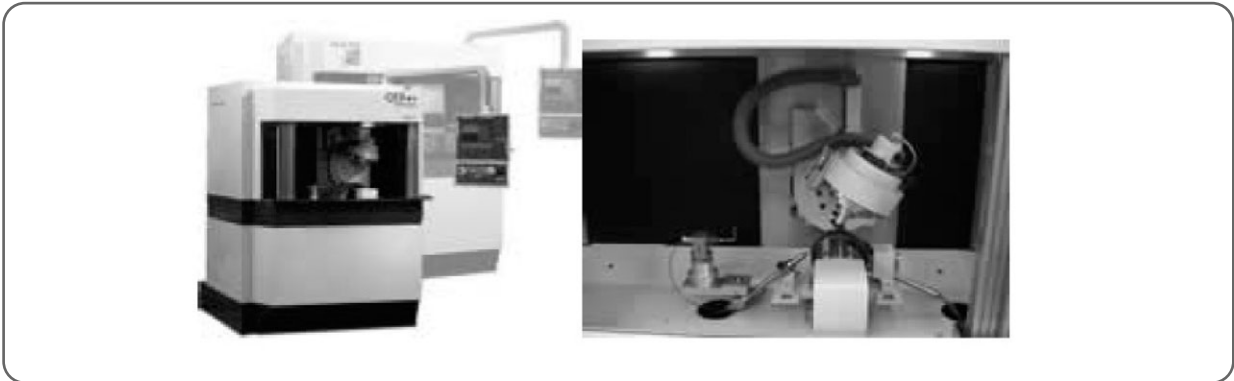


그림 11. 자성 유체 비구면 연마방법 및 장치\*  
(\*<http://www.schneider-om.com/englisch/praezision/Q22.html>)

계 전체적인 제조에서 볼 때, “적지(適地)”라는 관점에서 동일한 경향이 생길 것으로 예상된다. “지가”라는 관점에서 전개되어 온 것이 어느날 갑자기 “적지”라는 관점에서 확대되어 강력한 라이벌로서 성장되어 있는 것, 이것이 현재 중국 등의 위치가 아닌가 한다.

본 고에서는 유리 렌즈의 생산 기술자로서 용도나 제품 분야의 경계를 조금 벗어나 유리 렌즈 제조의 관점에서 본 장의 요점인 유리 렌즈 제조를 뒷받침하는 가공 기술의 추세를 제시하고자 한다.

### 1) 기존 유리 렌즈의 제조

기존의 연삭 및 연마나 유리 몰딩에 의한 유리 렌즈의 제조는 아시아의 여러 나라로의 유출이나 추종을 피할 수 없다. 그러나, 이들 제조 방법을 이끌어 온 일본은 많은 제조

노하우와 경험을 갖고 있다. 이들을 쉽게 유출하는 것이 아니라, 선행해 온 기술 및 노하우를 기계(프로그램)로 바꾸어 제조 작업을 단순화하면서 블랙박스화하는 것이 하나의 기법이라 할 수 있다. 예를 들면 이전으로 올라가 1990년에는 금속 가공의 공작 기계에서 널리 사용되던 NC(Numerical Control) 장치를 이용하여 가공뿐만 아니라 계측을 포함한 완전 자동 생산을 목표로 한 유리 렌즈 제조 라인이 제안되었다. 이는 작업 노하우를 기계로 바꾸는 기법을 채용함으로써 중요한 부분을 블랙박스화하는 것도 목표로 삼았었다. 미국 및 독일에서도 마찬가지로 비구면 유리 렌즈의 제조에서 자성 유체를 사용하여 독자적인 제어 프로그램으로 익숙하지 않은 작업자라도 용이하게 고정밀도의 비구면 유리 렌즈를 제조할 수 있도록 한 가공 장치가 판매되고 있다(그림 11). 이것도 고도의 기술을 프로그램화함으로써 사용자는 쉽게 사용할 수 있으며,

옵토 메카트로닉스 가공 기술 로드맵

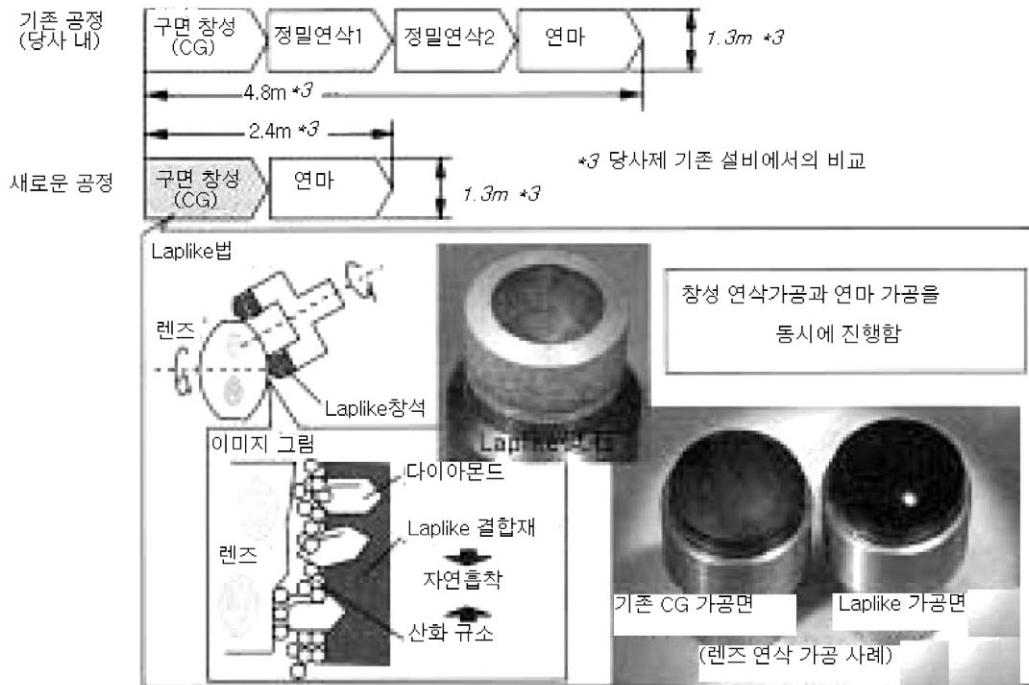


그림 12. Laplike법\*  
(\*<http://www.olympus.co.jp>)

또한 사용자에게 자세한 노하우가 유출되지 않도록 하는 효과도 있다.

또한, 기존의 가공법의 연장선으로서, 새로운 슛돌과 가공법을 조합함으로써 기존 제조 공정을 줄이고 고정밀도화와 저비용화를 목표로 한 Laplike법이 제안되었다(그림 12). 이 방법도 기존의 유리 렌즈 제조법을 변형시키는 기법임과 동시에 독자적인 기술에 의한 제조 방법을 블랙박스화함으로써 강한 차별화를 도모할 수 있을 것으로 생각된다.

이와 같이 기존의 가공법이라도, 양성해 온 노하우나 기술을 쉽게 유출시키지 않고 고정밀도화나 소형화 등에 따른 중요한 부분을 블랙박스화함으로써 제조 기술을 리드하는 것이 중요하다고 생각한다.

또한, 가공 기술 중에서 앞으로는 환경에 대한 배려도 중요

한 요소가 될 것으로 생각된다. 특히 유리 렌즈는 수질 오염 방지법에서의 특정 작업이 되기 때문에, 폐기물을 줄여 환경을 의식한 제조 방법을 확립시키는 것도 중요하다. 광학 유리 소재로는 상당히 많은 부분에서 무납화(Pb less) 등 에코화 초재(硝材)가 이용되어 왔다. 앞으로는 에코화 초재에서도 재료 폐기물을 줄이는 대처 방안도 필요하며, 상기한 Laplike법이나 냉풍 및 냉동 연삭 등에서는 연삭 가공에서 종래의 수용성 연삭 유제를 사용하지 않음으로써 환경에 대한 배려도 고려하는 것은 향후 하나의 추세가 될 것으로 예상된다.

2) 새로운 유리 소자에서의 제조

다음으로 기존의 연삭 및 연마나 유리 몰딩에 그치지 않고, 새로운 유리 렌즈(소자)를 제조하는 가공 기술에 대한 개발이 불가피하다 할 수 있다. 고정밀도화나 소형화에 대한 요구는 기존의 가공 방법과 동일하며, 이는 결국 고기능화 및 복합화가 필요하다고 생각된다. 회절 광학의 경

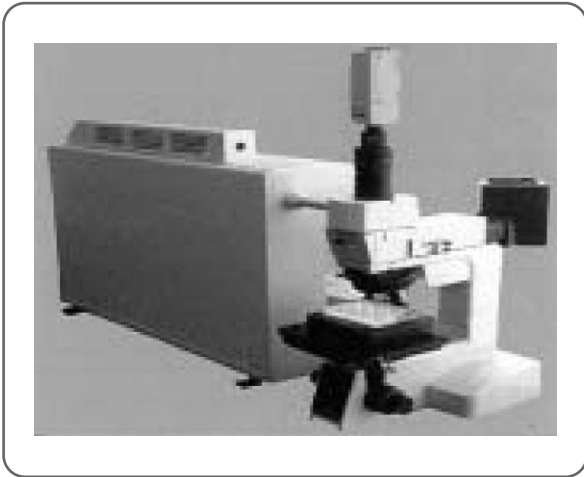


그림 13. 펨토초 레이저 가공장치\*  
 (\*(주)도쿄 인스트루먼트: 펨토초 레이저 초미세 가공기 카탈로그)

우, 광 통신이나 픽업에 그치지 않고, 이미 <그림 3>에 나타난 바와 같이 촬상계에 이용되게 되었다. 다양하게 실용화시키기 위해서는 큰 과제나 문제점을 안고 있으며, 이들 새로운 소자를 생산하기(설계할 수 있기) 위한 가공법의 개발이 중요하다 할 수 있다. 이를 뒷받침하는 가공법으로는, <그림 10>에서 설명한 펨토초 레이저에 의한 가공이 중요한 역할을 한다고 할 수 있다. 특히 기존 레이저로는 가공이 어려웠던 유리 등의 투명 재료를 3차원 선택적으로 내부 및 외부를 막론하고 가공할 수 있다는 것은 놀라운 능력이다. 아직까지도 연구적인 용도가 주류를 이루고 있으나, 이미 몇몇 업체로부터 가공 장치가 판매되고 있으며, 광학 소자를 직접 광으로 가공하는 시대는 그다지 멀지 않은 미래에 실현될 것으로 기대된다<그림 13>.

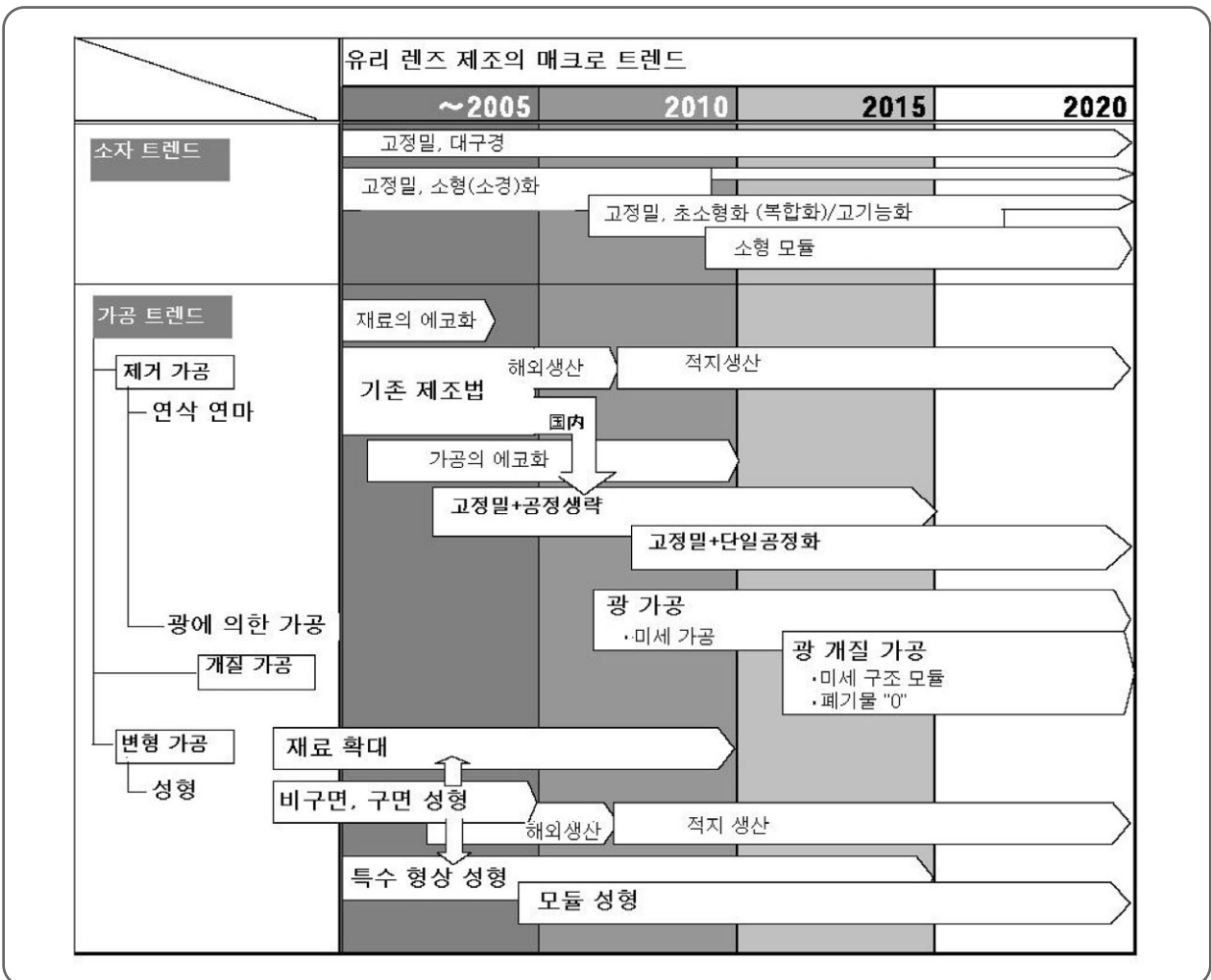


그림 14. 유리 렌즈 제조의 매크로 트렌드



#### 4. 결론

이상 유리 렌즈(광학 소자)에 요구되는 것과 이를 바탕으로 유리 렌즈의 제조에 요구되는 것에 대하여 간단하게 설명하였으며, 이들을 로드맵으로서 <그림 14>에 정리하였다. 소자의 추세로는 고정밀도화 및 소형(소경)화 및 복합화가 키워드라고 할 수 있으며, 중요한 것은 이들 키워드를 달성하기 위하여 독자적인 설계 기술과 독자적인 제조 기술이 요구된다 할 수 있다. 기존의 가공법이라도 양성해 온 노하우나 기술을 바탕으로 고정밀도와 소형화 및 환경 대응을 위한 대처 방안이 중요하며, 또한 그 이전에 요구되는 소자의 고기능화 및 복합화에 대하여 종래의 생각에 구애 받지 않는 새로운 소자 설계 기술이나 그를 유지할 가공법에 대한 개발이 중요하다 할 것이다.

#### <참고 문헌>

- 1) 정밀 공학회편 : 『연석 공학』 ((주)ohm사)
- 2) 타카세 히로시 : 광기술 콘택트 (2002 Vol.40 통권 467)
- 3) 나카지마 히사시 : 전자 재료(공업 조사회 2001.11 Vol.40)
- 4) 히메노 아키라 : 전자 재료(공업 조사회 2001.11 Vol.40 )
- 5) 회절 광학 소자 입문((주)옵트로닉스사)

#### 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 회원 가입을 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