



# 칼코게나이드 유리성형렌즈 적외선 광학계

“내일 지구가 멸망하더라도 나는 오늘 한 그루의 사과나무를 심겠다” 17세기 네델란드 태생의 철학자인 바뤼흐 스피노자가 이렇게 말했다고 한다. 그는 유럽의 대표적인 합리주의 철학자로 인정받으며 ‘에티카’를 통해 서양철학계에 커다란 화두를 던지기도 했다. 하지만 스피노자의 직업은 잘 알려져 있지 않았다. 그의 직업은 좀 색다르다. 그는 당시로는 파격적인 사상을 지닌 덕에 유대사회에서 추방됐고 카톨릭은 그의 모든 서적을 금서로 지정했다. 결국 스피노자는 렌즈를 가공하는 일로 생계를 유지하게 된다. 현대적 관점에서 보면 직가공에 의한 구면렌즈 가공이 이미 17세기 이전에 일반화된 것이다. 현대의 광학계 가공은 스피노자의 시대와는 비교할 수 없을 만큼의 다양한 기술적 발전에 힘입어 고정밀화, 비구면화, 양산화의 방향으로 진행되고 있다. 특히 성형 방식에 의한 비구면 렌즈 제조는 관련 분야의 핵심 기술이 되고 있으며 최근에는 적외선 렌즈에도 적용되고 있다.

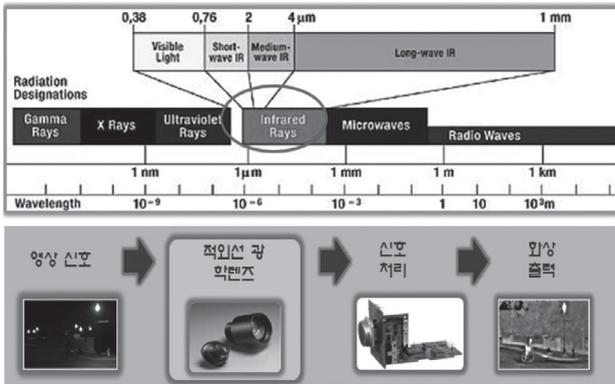
### 적외선 광학계란

적외선 광학계는 육안으로 관측이 불가능한  $0.76\mu\text{m}$  ~  $1\text{mm}$  파장대의 적외선을 이용하여 물체를 관측하는 광학계를 의미한다. 일반적으로 파장에 따라 근적외선 (Short Wavelength,  $0.76\mu\text{m}$  ~  $2\mu\text{m}$ ), 중적외선 (Middle Wavelength,  $2\mu\text{m}$  ~  $4\mu\text{m}$ ), 원적외선 (Long Wavelength,  $4\mu\text{m}$  ~  $1000\mu\text{m}$ )로 구분되며, 용도에 따라서 특정한 영역의 파장만 투과할 수 있는 렌즈와 이를 감지할 수 있는 적외선 감지기 (IR Detector)가 적용된다. 다양한 파장대의 영상신호는 적외선 광학렌즈의 투과 특성에 따라 적외선 영역의 특정 영역의 파장대가 투과되고, 광학계를 통과한 신호는 적외선 센서에 의해 감지되어 신호처리부를 거치게 되어 화상으로 출력되게 된다. 이러

한 적외선 광학계의 핵심 기술은 적외선 광학렌즈와 적외선 감지기(적외선 센서) 관련 기술에 있다. 국내외 다양한 연구자에 의해 관련 기술은 비약적으로 발전하고 있으며 산업화 확산을 위한 열쇠는 소형화, 저가화, 저전력화<sup>1)</sup>라 할 수 있다. 즉 핵심부품인 광학계의 소형화 및 저가화, IR detector의 집적도 향상 및 저전력화 등의 기술적 발전을 의미하게 된다.

### 사용파장에 따른 적외선 광학계의 분류: Passive type/ Active type

적외선 광학계는 사용 파장대에 따라 Passive Type (Far IR 이용; Thermal imaging) 시스템, Active Type (Near IR 이용; NIR illumination) 시스템으로 구분된



▶ 적외선 광학계 원리 및 구조

다. Thermal imaging의 경우 일반적으로 5~12um의 장파장이 사용되며, 절대온도 0°K 이상의 물체에서 복사 에너지(적외선)를 통해 온도차를 감지하고 이를 영상 신호화 하여 화상을 구현하게 된다. 이러한 이유로 Passive Type이라 불리고 별도의 적외선 투광기가 필요하지 않게 된다. 또한 비교적 대기 투과성이 양호한 장파장을 사용하기 때문에 원거리 감시가 가능해 차량용 Night Vision, 원거리 감시 시스템 등에 적용된다. 반면 NIR illumination은 특정 파장대의 적외선을 사물에 투사 후 반사되는 적외선을 감지하므로 Active Type이라 불리며 전용 투광기 시스템이 필요하다. 사용 파장은 가시광선 영역에 가까운 근적외선을 주로 사용하며 실제로 투광기에서는 가시광선 영역의 파장대도 투과되어 감시시스템의 위치가 노출되므로 군수용으로는 적용에 한계가 있다. 반면 가시광선용 렌즈의 적용이 가능하기 때문에 렌즈 및 센서의 가격이 저렴하여 민수용으로 다양하게 활용되고 있다.

### 성형렌즈 기반 적외선 광학계

기존의 Active Type 적외선 광학계의 경우 고가의 Germanium(Ge), Silicon(Si), Zinc Sulfide(ZnS)과 같은 결정성 소재의 다이아몬드 터닝(DTM) 가공을 통해 제조되고 있어, 열상광학장비에서 높은 가격비중을 차지하고 있다. 최근 이러한 적외선 광학렌즈로 인한 가격부담을 해소하기 위해 칼코게나이드 유리를 몰드성형하여 적외선 투과가 가능한 광학렌즈를 제조하는 방법이 제안되고 있다. 성형으로 사용되는 칼코게나이드 유리는

항목	Active Type	Passive Type
사용파장	0.78 ~ 1.5 um	8 ~ 12um
화상구현	투사한 근적외선의 반사광 감지	대상물에서 방사되는 열선 감지
구조		
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물체 감지능력 우수</li> <li>• 저가 (Passive의 1/10)</li> <li>• 내후성 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사람, 동물 감지 능력 우수</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대형 차량의 헤드라이트의 영향</li> <li>• 시야범위 확대 곤란</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고가</li> <li>• 기상조건에 영향</li> </ul>

▶ 적외선 광학계의 분류 및 특성

고가의 Ge 성분을 약 20~30% 정도만 함유하고 결정성 물질에 비해 생산이 용이하여 상대적으로 가격이 저렴하다. 더욱이, DTM가공 대신 몰드성형법을 이용하므로 추가비용 없이 비구면과 같은 복잡한 형상의 렌즈 제조가 가능하고 대량생산 또한 용이하여 열상광학계용 적외선 광학렌즈의 단가를 크게 줄일 수 있다.

성형방식의 적외선 렌즈 제조 공정은 크게 금형가공공정(Ultraprecision Grinding)과 유리렌즈성형(Glass Mold Press) 공정이 핵심공정을 구성하게 된다. 초정밀 가공공정은 일반적으로 Binderless 초경(Tungsten Carbide)이나 화학증착(CVD) SiC 소재가 주로 사용된다. 이는 고온고압의 성형공정 특성을 고려해 선택하게 된다.

이러한 금형재료는 고경도로 인하여 가공성이 좋지 않아 일반적으로 다이아몬드 휠에 의한 연삭공정으로 가공이 수행

	기존 제조방식(직가공)	칼코게나이드 적외선렌즈(유리 성형)
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Single Point Diamond Turning (SPDT)</li> <li>• 전통적 가공기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비구면 금형 가공</li> <li>• 적외선 광학 비구면 렌즈 몰드 성형 가공</li> <li>• 새로운 생산기술</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정밀광학계 적용 (고순도 소재 사용)</li> <li>• 다양한 광학시스템 적용 (대/소구경 광학계)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비구면 금형 : 다수 렌즈 가공</li> <li>• 높은 가공 효율, 생산성 및 경제성</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자동화 설비 적용 난해</li> <li>• 개별 직가공에 따른 대량생산 적용 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 추가적인 공정 (금형 공정)</li> <li>• 정밀광학계 사용 제한적 (소재, 정밀도, 크기)</li> </ul>
적용 분야	군수(military) 분야	민수(commercial) 분야
비고		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각국의 수요가 폭발적으로 증가</li> <li>• 국내 개발 기업 전무</li> </ul>

▶ 적외선 광학렌즈 제조방식



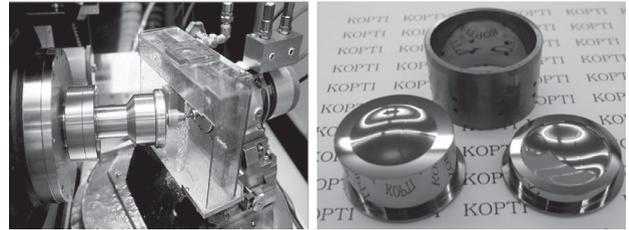
▶칼코게나이드 유리성형 적외선 렌즈 제조공정

된다. 사용 파장대가 가시광선에 비해 장파장이어서 금형은 0.5 $\mu\text{m}$ 의 형상정도(Peak to Valley)가 요구되며 20nm 표면조도(Ra)를 달성하여야 한다. 특히 대부분의 응용제품의 경우 적외선 렌즈는 렌즈 크기가 직경 20mm 이상으로 유리렌즈에 비해 크고 구면수차 제거를 위한 비구면(Aspheric surface) 적용, 넓은 파장대의 색수차 최소화를 위한 회절소자(Diffractive Optical Element) 등이 적용되어 금형코어 가공에 높은 기술적 완성도가 요구된다.

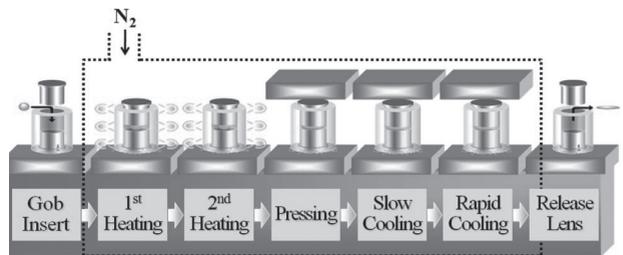
칼코게나이드 유리렌즈는 초정밀가공으로 제작된 금형코어를 사용하여 고온고압의 유리렌즈 성형공정을 거쳐 제작된다. 칼코게나이드 유리의 경우 산화물 유리에 비해 열전도율 및 경도가 낮기 때문에 공정시간이 길고 깨지기 쉬울 뿐만 아니라, 높은 열팽창계수로 인해 전사성이 좋지 않다. 또한 성형공정에서 칼코게나이드 소재가 고온에 노출될 경우 Sb와 같은 휘발성 물질이 빠져나오면서 표면결함이 발생될 수 있기 때문에 성형조건 최적화를 위해 각별한 주의가 요구된다.

### 적외선 광학계 관련 인프라

한국광기술원 초정밀광학연구센터에서는 국내 최초로 칼코게나이드 유리성형렌즈 제조기술을 개발하고 다양한 기초연구를 수행하고 있다. 특히 2011년부터 적외선



▶초정밀연삭가공 및 적외선 유리렌즈 성형용 금형코어



▶적외선 렌즈 성형공정



광학계 기반구축사업을 수행하고 있다. 이와 관련해 적외선 렌즈 시험생산 장비, 적외선 렌즈 및 광학모듈 특성 평가 장비 등을 구축하고 있으며 핵심기술로 적외선 광학계 설계, 성형용 적외선 원천소재 개발, 성형용 금형코어 초정밀가공기술, 비구면적외선 렌즈 성형기술, 적외선 광학계 및 렌즈 측정평가기술 등 관련 기업에 기술지원을 통한 사업화를 통해 국내 적외선 광학계 관련 산업의 활성화를 도모하고 있다.

현재 완료단계인 군용 개인화기 적외선 조준경 개발사업의 개발 기술을 토대로 민수용으로 적용분야를 확장해 차량용 Night Vision, 야간감시용 적외선 CCTV, 해상용 원거리 적외선 감시시스템 등 다양한 기업지원 사업을 수행 중이며 적외선 성형렌즈의 제조원가 상승의 주요 요인인 칼코게나이드 원천소재 개발 관련하여 기초연구를 진행하고 있다.