국내 광학렌즈 산업 동향

Glass 렌즈의 수요 확대 증가, 가까운 장래 거대시장으로 대폭 성장 전망

핵심광학부품 비구면 Glass 렌즈의 기술 및 시장동향

현재 수출전략품목인 DVD, 디지털카메라, 휴대용 카메라폰에 요구되는 비구면Glass 광학렌즈 및 모듈 등의 핵심부품은 대부분 일본에서 수입에 의존하고 있어 대일무역적자 완화와 함께 전략산업의 안정적 기술혁신 기반구축이 요구되고 있는 실정이다. 이에 비구면 Glass 렌즈를 중심으로 하는 핵심 광학부품에 대하여 대기업을 필두로 국산화를 통한 광학기기 제품의 경쟁력 제고에 많은 노력을 기울이고 있을 뿐 아니라 비구면 Glass 렌즈의 생산을 위한 중소기업들의 시장참여가 지속적으로 이루어지고 있고, 경쟁분위기의 정착으로 향후 국내에서도 많은 기술력의 축적이 가능해지리라 전망된다.

편집자 주

김 정 호

한국광기술원
초정밀가공팀 팀장
(책임연구원)

1. 서 론

최근 반도체, 영상정보, 전자광학 분야 등의 첨단 산업분야의 확대 발전과 더불어 광학계에 대한 소형, 경량화 요구가 높아짐으로써 비구면 렌즈를 채용하는 광학계의 수요가 급격히 증가하고 있다. 특히, 최근 각종 첨단기기의 광학 유니트 탑재율 증가, 고화소 디지털카메라, 고기능 휴대용카메라폰 등에 비구면 Glass 렌즈 채용이 일반화되고 있는 추세이다.

다양한 굴절률, 높은 광투과율 등의 우수한 특성을 지닌 광학 Glass 소재는 일렉트로닉스 분야의 기술혁신을 지지하는 첨단 광학소재로

써, 요구 성능이 엄격하고 사용 환경변화가 급격한 카메라의 촬영광학렌즈, CD 및 DVD 플레이어의 대물렌즈, 원거리 광파이버 송수신용 마이크로렌즈 등 우리생활에 밀착된 분야에서부터 첨단기술제품까지 매우 폭넓은 분야에 널리 사용되고 있다.

이러한 광학 Glass 소재를 이용하여 몰드 성형방식으로 제작되는 비구면 Glass 렌즈, 특히 최근 업계 초미의 관심분야로 부각되어 있는 디지털카메라, 휴대용카메라폰 등에 채용되는 비구면 Glass 렌즈를 중심으로 개발배경, 렌즈 생산공정, 국내외기술 및 시장동향에 대하여 간단히 소개한다.

2. 비구면 광학계와 Glass 광학렌즈

일반적으로 구면렌즈는 중심부와 주변부 초점위치의 차이로 인해 화상의 선명도를 해치는 구면수차가 발생하게 된다. 구면수차는 구경이 큰 렌즈일수록 더욱 커지게 되는데 이를 방지하기 위해 개발된 렌즈가 비구면 렌즈이다. 이러한 비구면 렌즈 수차보정 효과의 실용화를 위한 많은 노력과 연구개발이 진행되고 있다.

종래의 구면렌즈는 기계적인 원운동에 의한 연마공정으로 만들어지는 반면 비구면 렌즈는 표면의 커브가 복잡하여 기계가공에 의한 양산이 어렵고 특히, 높은 가공정도 달성이 어려워 초기에는 현미경 조명용 콘덴스 렌즈와 같은 높은 면정밀도가 요구되지 않는 분야에 사용되었다. 이후 1960년대 후반 카메라용 어안렌즈에 비구면 렌즈가 채용되면서부터 본격적으로 결상광학계에 채용되기 시작하여, 1980년대 후반 광학용 수지재료를 이용한 렌즈의 사출성형기술 발전과 더불어 낮은 단가로 양산화가 가능하게 되면서부터 비구면 렌즈의 사용이 일반화되기 시작하였다. 그러나 광학용 수지재료를 이용한 비구면 렌즈의 경우, 표1의 광학 Glass 소재와 광학용 수지재료의 비교와 같이 광의 흡수성, 열팽창성 등 원재 자체의 물성으로 인한 초정밀 광학기기용 렌즈 채용에는 그 한계성을 가지고 있다. 특히, 최근의 IT, BT, NT 등 첨단산업의 발달과 더불어 각종 첨단기기의 광학 유니트 탑재율 증가, 고화소 디지털카메라, 고기능 휴대용 카메라폰 등에 비구면 Glass 렌즈 채용이 일반화되고 있는 추세로 비구면 Glass 렌즈의 광학특성을 필요로 하는 영역은 한층 더 확대될 것으로 예상된다.

표 1. 광학 Glass 소재와 광학용 수지소재의 주요 특성 비교

		광학 Glass 소재	광학용 수지소재
굴절률	nd	1.43 ~ 1.91	1.49 ~ 1.59
복굴절	nm	≒ 0	〈 20
투과율	%	85 ~ 99	89 ~ 93
압축강도	Kg/cm²	6,000 ~ 12,000	773 ~ 1,600
연필강도		9H	B ~3H
열변형온도	℃	At 363℃ 이상	80 ~ 164
선팽창계수		(52~170)×10⁻⁷/℃	(5~11)×10⁻⁵/℃
비 중		2.43 ~ 4.27	0.9 ~ 2.2
흡수율	%	≒ 0	0.01 ~ 0.3

한편, 35mm 사진렌즈, 디지털카메라 등의 고정도 촬영광학계에 비구면 렌즈가 본격적으로 도입된 것은 몰드 성형방식 비구면 Glass 렌즈의 양산기술이 개발, 실용화되기 시작되면서부터이다.

몰드 성형방식은 초경합금계 및 탄화규소계와 같은 특수한 내열재료로 제작된 비구면 금형코어에 고온에서 가열된 Glass 모재를 넣어 고압, 가압하여 비구면 Glass 렌즈를 제작하는 매우 유용한 방법인 반면, Glass 모재의 전이온도가 매우 높고, 냉각시의 Glass 모재 변형, 금형코어와의 이형성 등의 문제점으로 인하여 주로 소구경 또는 비구면양이 적은 분야에 주로 채용되고 있다.

또 다른 제작방법의 비구면 렌즈로서는 복합형 비구면 렌즈를 들 수 있다. 복합형 비구면 렌즈는 Glass 구면렌즈 표면에 광학수지를 부착, 광학수지의 표면을 비구면화 한 렌즈로서 비구면 형상으로 가공한 금형코어에 구면렌즈를 설치하고 그 사이에 열경화성 수지를 주입, 자외선을 조사하여 광학수지를 경화시킴으로서 금형코어의 비구면 형상이 광학수지면에 전사되게 하는 방법으로 제작되어진다. 제작공정상 몰드 성형방식의 비구면 Glass 렌즈보다 값싼 가격으로 제작이 가능하며, 모재가 Glass이므로 광학수지 렌즈보다는 고정도의 렌즈 제작에 용이한 장점을 가지고 있다. 이러한 복합형 비구면 렌즈는 비교적 대구경 또는 비구면 양이 큰 분야에 주로 채용되고 있다.

그림 1. 비구면 Glass 렌즈 생산 주요 공정

3. 비구면 Glass 렌즈의 생산공정 및 기술동향

일반적으로 Glass 렌즈 가공을 위한 기술로서는 다이아몬드 휠(Wheel)을 사용하는 연삭가공기술, Polishing 기술, Glass 성형기술 그리고 최근의 자기유동 연마기술 등으로 나눌 수 있다. 이들 가공법은 렌즈의 소재, 요구정밀도, 사용환경, 생산량 등에 따라 결정되는 것이 일반적이지만 앞에서 언급한 것과 같이 최근 디지털카메라, 휴대폰과 같은 광학기기의 경량화 및 소형화에는 금형 코어를 이용한 몰드 성형방식의 비구면 Glass 렌즈 양산기술이 큰 공헌을 하였다고 할 수 있다.

몰드 성형방식의 비구면 Glass 렌즈는 초경합금계 및 탄화규소계의 초정밀 금형코어에 Glass 소재를 삽입한 후 가열, 가압성형, 냉각 및 취출하는 일련의 성형과정으로 생산된다. 각각의 주요 공정을 그림 1에 나타내었다.

이러한 비구면 Glass 렌즈 생산을 위해서는 광학설계 기술을 시작으로 Glass 소재의 선정을 위한 물성분석, 고정도의 금형코어를 가공하기 위한 초정밀 가공기술, 성형기술 및 성형시 금형코어면의 내마모성 및 성형렌즈와의 이형성 향상을 위한 금형코어 표면코팅기술, 성형렌즈의 형상정도, 편심도, MTF 등의 특성측정 및 평가기술 등 공정별 다양한 요소기술이 선행 개발되어져야 한다.

비구면 Glass 렌즈 생산을 위한 주요 몇가지 요소공정별 기술 및 국내 동향에 대하여 간략히 소개하면,

① Glass 렌즈 소재 선정

성형용 Glass 소재는 금형 코어의 장수명화, 성형 사이클 타임의 단축을 위해 전이점 온도(Tg) 및 굴복점 온도(At)가 가능한 한 낮은 소재일 것, 환경유해물질(As, Pb)을 함유하고 있지 않을 것 등의 신중한 선택이 필요하다. 또한, Glass 소재형상은 볼렌즈 형상, 파인고부 형상, 구면렌즈 제조의 중간 형태격인 연마재 형태가 있으며 이는 광학렌즈의 요구정밀도, 생산량 등의 조건에 따라 소재 메이커를 통하여 구입 사용되고 있으며, 국내의 경우 일본의 OHARA, HOYA, SUMITA, NEG 등으로부터의 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다.

② 초정밀 금형코어 가공기술

금형코어는 초경합금계 및 탄화규소계 소재로 고정도 다이아몬드 휠을 이용한 초정밀 연삭가공을 통해 가공된다. 고정밀의 형상정밀도가 요구되는 비구면 Glass 렌즈를 몰드 성형방식으로 생산하기 위해서는 초정밀 코어가공기술이 매우 중요하다. 현재 휴대 카메라폰 모듈용 비구면 Glass 렌즈 금형코어의 경우 형상정밀도 P-V 0.2 ㎛ 이하, 표면조도 Ra 5 ㎚ 이하의 정도가 요구되고 있으나 이는 그 동안 국내의 초정밀가공기 및 관련 가공기술 개발에 대한 집중적인 투자가 진행되어진 결과 국내기술로 제작이 가능한 상황이다.

③ 금형코어 표면 코팅기술

금형코어의 소재는 초경합금계 및 탄화규소계가 일반적으로 사용되고 있으며, 금형 코어의 내마모성, 성형가압 후

렌즈와의 이형성 향상을 통한 렌즈 생산단가에 직결되는 분야로서 생산 공정에서의 금형코어 표면코팅은 필수적으로 선행 개발되어야 하는 분야이다. 현재 국내에서는 금형코어 표면코팅은 Pt-Ir막, Re계 합금막, TiAlN막, TiCN막 등이 양산에 적용되고 있으며, 최근 들어 DLC막에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 이러한 코팅막은 각각의 장단점을 서로 가지고 있어 코팅막의 금형소재와의 적합성, 성형온도 등의 다양한 조건에 의하여 코팅막이 선정될 필요가 있다.

④ Glass 렌즈 성형기술

초기 렌즈성형기 및 성형기술은 Glass 소재 메이커를 중심으로 독자적 개발로 사용되어져 외부로 잘 알려져 있지 않았지만 비구면 Glass 렌즈의 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 일본 TOSHIBA사를 중심으로 Glass 렌즈 성형기가 시판되기 시작, 현재에는 다양한 성형기가 판매되고 있는 실정이다.

국내에서도 최근 디지털카메라, Mega 픽셀급 휴대용 카메라폰, 각종 콜리메이터 렌즈 등의 수요 증가로 인하여 삼성테크윈을 비롯한 몇몇 기업 및 연구소 등에서 다양한 Glass 렌즈 성형설비를 구축, 연구개발 및 생산에 활발히 적용하고 있다.

그러나 굴복점 근방에서 성형되어진 Glass 렌즈가 실온까지 냉각되는 과정에서 온도변화로 인한 렌즈 내부의 잔류응력이 발생, 렌즈 전체의 변형에 영향을 미쳐 광학설계 치 정도에 만족하지 못하는 문제점이 자주 발생되는 등 고수율 및 낮은 단가 양산을 위해서는 선결되어져야 할 부분이 아직 많이 남아 있는 실정이다.

4. 비구면 Glass 광학렌즈의 주요 응용별 시장동향

비구면 Glass 렌즈는 광통신용 마이크로렌즈와 같이 밀리미터 이하의 아주 작은 렌즈로부터 휴대용 카메라폰 렌즈, CD/DVD 플레이어의 대물렌즈, 디지털카메라 렌즈, 프로젝션 TV 투영렌즈 등을 비롯하여 1m 또는 그 이상의 위성용 망원경에 이르기까지 다양한 응용분야에 채용되고 있다. 이러한 다양한 응용분야 중 최근 국내외적으로 관심이 높은 휴대용 카메라폰과 디지털카메라 분야의 시장동향을 간단히 소개하고 이를 통해 비구면 Glass 렌즈 시장 수요를 예측하고자 한다.

휴대용 카메라폰의 경우 다양한 기능 중 카메라 기능은 가장 비중 있는 부가기능으로 성장하였으며, 화소수의 증가, Auto-Focusing, 줌 기능 등의 채택으로 디지털카메라의 기능에 근접하고 있는 반면 디지털카메라는 현재 800만 화소급의 디지털카메라가 시장에 선을 보였고 소형화, 교환렌즈 채택, 부가적인 기능 추가 및 향상 등 사용상의 편의성을 위한 제품개발을 중심으로 발전되고 있는 실정이다. 두 첨단광학 응용기기의 시장은 화소별, 기능별, 지역별로 치열하게 경쟁하고 있는 제품군으로 직접적으로 비교하는 것은 매우 곤란하며 그 경쟁은 더더욱 가속화될 전망이다. 그러나 이러한 첨단광학 응용제품의 수요증가 및 제품개발 경쟁 속에서 비구면 Glass 렌즈의 수요증가는 필연적이며, 이 결과 매년 50~60%의 시장규모 증대로 이어질 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 최근 일본의 경우 자동차 장착용 카메라모듈 분야에서의 비구면 Glass 렌즈 수요가 폭발적으로 요구되고 있는 추세로 광학기기 저가격화에 의한 일부 렌즈의 플라스틱화로 인한 수요시장의 감소로 이어질 부분을 감안하고서라도 가까운 장래 비구면 Glass 렌즈는 거대시장으로 성장될 것으로 전망된다.

5. 결 론

현재 수출전략품목인 DVD, 디지털카메라, 휴대용 카메라폰에 요구되는 비구면 Glass 광학렌즈 및 모듈 등의 핵심부품은 대부분 일본에서 수입에 의존하고 있어 대일무역적자 완화와 함께 전략산업의 안정적 기술혁신 기반구축이 요구되고 있는 실정이다.

이러한 실정에서 비구면 Glass 렌즈를 중심으로 하는 핵심 광학부품에 대하여 대기업을 필두로 국산화를 통한 광학기기 제품의 경쟁력 제고에 많은 노력을 기울이고 있을 뿐 아니라 비구면 Glass 렌즈의 생산을 위한 중소기업들의 시장참여가 지속적으로 이루어지고 있고, 경쟁분위기의 정착으로 향후 국내에서도 많은 기술력의 축적이 가능

표 2. 디지털카메라, 휴대카메라폰 세계시장

(단위 : 천대)

		2003	2004	2005F	2006F	2007F	2008F
DSC Total		58,645	74,590	84,700	91,495	95,835	101,505
Camera Phone (main & Sub camera)		95,087	196,500	308,000	400,000	492,000	598,000
DSC, LowEnd DSC, Daul Mode Camera	〈 1.3M	6,700	2,450	350	100	0	0
	1.3M	2,026	1,260	800	300	100	0
	2.0M	9,840	3,500	1,590	800	300	150
	3.0M	22,740	14,450	11,000	7,080	4,545	3,265
	4.0M	9,698	20,920	23,665	25,215	24,870	23,690
	〉4.0M	7,641	32,010	47,295	58,000	66,020	74,400
Camera Phone (Main&Sub Camera)	〈 1.3M	84,637	157,313	186,700	141,000	125,500	119,900
	1.3M	9,433	26,091	89,000	188,000	175,000	130,000
	2.0M	1,017	12,686	28,000	58,000	159,000	283,000
	〉3.0M	-	410	4,300	13,000	32,500	65,100

출처 : Market Breakdown of Camera Phone (2005. 5)
일본 Techo Systems Research co., Ltd

해지리라 전망된다. 또한, 산학연을 중심으로 초정밀광학부품 클러스터 및 관련 연구회 등이 활발히 계획, 진행되고 있으며 산업자원부에서는 광학기기 관련 신기술 개발 및 보급을 위한 광학부품 종합지원 체제를 구축하는 등 다양한 지원체제를 계획하고 있다.

끝으로 광학기기분야는 초소형화, 초정밀화 등 기술발전 속도가 매우 빠르고 기술개발에 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 관련기관 및 기업간의 정보교류, 협동체제 구축 및 공동연구개발이 절실히 필요할 것으로 생각된다.

고해상력 시대에 아직도 범용렌즈를 사용하고 있습니까?

www.prooptics.co.kr

프로옵틱스

프로답게 생각하고 프로답게 일하는 기업
경기도 이천시 대월면 사동 3리 347-138
전화 : (031) 637-0732, 633-1660
팩스 : (031)-637-0733

연구소장 · 이학박사 정 진 호

●렌즈설계, 광학시스템설계 및 제작
●Vision Inspection 광학계 설계 및 제작
●초정밀 광학 부품 설계 및 제작
●업체기술자문 및 위탁(위촉)연구수행
●노광 광학계 설계 및 제작, 수리
●서울광학산업(주) 기술영업 대행

당사의 맞춤형렌즈는 귀사의 장비성능을 한층 높여줄 것입니다.