

소형 카메라모듈용 광학계의 개발

강연자/ 川野充治 [마일스톤 (주)]
 堂 智 [마일스톤 (주)]

모스름 카메라모듈의 소형화가 급속히 진행되고 있기 때문에 렌즈도 학계이상으로 소형화를 도모하고 있다. 더구나 CMOS, CCD의 고화소화로 해상력 향상도 기대되고 있다. 카메라모듈이란 '내장형 디지털카메라'라고 불리며 PDA, PC카메라 및 카메라폰 등에 동영상과 사진촬영을 가능하게 해주는 제품이다. 최근에는 가장 주목받고 있는 카메라폰과 관련, 소형 카메라모듈용 광학계의 개발이 한창인 가운데 본 고에서는 마일스톤(주)에서 경량화와 고품질화가 가능하고 원가를 낮추는 것은 물론, 대량생산이 용이한 수지렌즈 개발에 관한 내용을 게재한다.

편집자 주

수지렌즈의 장점

1. 대량생산을 목적으로 한다.

수지렌즈는 금형을 아주 정밀하게, 그리고 취급 개수를 예를 들면 8개 또는 12개로 제작해둔다면 뒤에 성형 시간(약 90초 1 사이클)에 따라 그 취급 개수분의 렌즈를 제조할 수 있게 된다.

저런 선이 원하는 개수에 따라 금형을 제작한다면 월 100만 세트나 200만 세트 정도는 생산할 수 있게 된다.

2. 편심을 없애기가 쉽다.

렌즈금형이나 바렐, 홀더금형을 정밀도가 좋고, 광축에 충실하게 제조한다면 그 금형으로부터 생산되는 성형품은 편심이 없는 부품이 된다. 후가공을 하거나 센터링 공정 등이 필요하지 않기 때문에 공정이 많아 발생하는 가공오차도 적게 되어, 그 결과 정확히 광축에 충실한 렌즈 등을 생산할 수 있다.

3. 중심 두께의 관리가 쉬워진다.

렌즈금형의 렌즈면이 들어가는 부분과 또 한편의 렌즈면이 들어가는 부분의 간격을 충실하게 설계치와 같이 유지할 수 있다면 성형품은 거의 설계치 중심두께로

재현시킨다.

대량생산에 들어가도 그 중심두께는 금형이 고장 나지 않는 한 크기변화를 일으키지 않기 때문에 중심두께 관리가 매우 쉬워진다.

4. 원가를 낮출 수가 있다.

당연히 수지를 사용하기 때문에 유리를 사용하고 있는 렌즈와는 가격이 다르다. 글라스몰드로 하더라도 수지 렌즈용 금형과 유리렌즈용 금형과는 전혀 틀리다.

5. 조립작업이 쉽다.

수지렌즈용 금형은 렌즈면 뿐만 아니라 렌즈 외경부에 '코바'라고 하는 빛이 통하지 않는 부분을 추가하여 전방렌즈 또는 후방렌즈로 잘 사용되는 간격테를 사용하지 않아도 된다. 이에 따라 부품도 적은 양으로 가능하므로 조립공수도 줄어들고 조립작업도 즐겁게 할 수 있다.

6. 경량화 시킬 수 있다.

수지렌즈는 유리재료보다도 경량인데다가 금속부품에 있는 간격테도 적기 때문에 당연히 경량이 된다.

7. 잘 흐려지지 않는다.

수지는 유리보다도 잘 흐려지지 않기 때문에 렌즈에서도 그렇다고 말할 수 있다.

수지렌즈의 단점

1. 온도변화에 대해 수축·팽창하기가 쉽다.
열가소 성수지인 한 영원히 따라다니는 문제이다. 성형기로부터 빼어낸 후 수축이나 외기온도의 변화에 따른다. 수축이나 팽창은 유리렌즈에 비할 수가 없다. 또 온도 변화에 의한 굴절률의 변화도 무시할 수 없다.
2. 적은 종류의 재료만이 있기 때문에 굴절률, 분산의 자유도가 없어 광학설계가 어렵다.
우리는 현재 약 300종 정도나 있고 고굴절률 저분산부터 저굴절률 고분산까지 광학설계자가 자유로이 그 광학계에 맞는 유리를 선택할 수가 있다. 때문에 고도의 렌즈가 등장하기도하고 용도에 따른 렌즈들을 수없이 설계할 수가 있다.
그러나 수지재료는 크게 나누어 저굴절률 저분산과 고굴절률 고분산 두 가지 종류만 있다고 해도 과언이 아니다.
고굴절이라고 하더라도 $nd=1.7\sim 1.8$ 이라는 유리와 같이 높은 굴절률이 아니라 기껏해야 $nd=1.6$ 정도인 것이다.
결국 광학설계자에 대해 주어지는 수지재료가 적기 때문에 선택의 자유가 전혀 없다고 해도 과언이 아니다. 그 적은 두 가지 재료로부터 설계해 나가야 하기 때문에 한계를 느낄 수밖에 없다.
3. 흡수율이 높다.
수지는 흡수성이 높기 때문에 프리즘 등 두께가 두꺼운 렌즈는 일본으로부터 멀리 떨어진 남쪽지방으로 가면 프리즘 평면이 틀어지기도 하고 굴절률이 떨어지는 등 변화를 일으킨다.
수지렌즈도 예외가 아니라 프리즘만큼의 영향은 받지 않지만 약간의 초점이동을 일으키는 수가 있다.
4. 표면 흠집이 생기기 쉽다.
유리를 콘크리트 정도의 견고함에 비한다면 수지는 두부정도의 견고함에 불과하다. 유리에 비해 부드럽기 때문에 흠집이 생기기 쉽다.

수지렌즈의 단점을 보완하기 위한 대책

1. 온도변화에 대한 수축·팽창의 시뮬레이션
이 대책으로서는 수많은 렌즈를 측정하고 오랫동안

정확한 데이터를 축적하며 중심두께나 재료의 차이, 또는 렌즈형상(양 오목, 볼록렌즈)이나 양측면의 곡률 반경의 비율 등을 토대로 어떻게 수축·팽창하는가를 해석하여 광학 설계시부터 고려하여 설계를 진행시킨다. 이에 따라 무한한 양산레벨의 렌즈 시뮬레이션에 접근한다. 그만큼이라도 시뮬레이션을 할 수 있다면 수축이나 팽창을 했을 때에도 거래선의 요구사항에 부족하지 않는 광학설계가 가능하게 될 것이다.

2. 렌즈 코바 설계를 확실히 한다.
모두 플라스틱 4매 구성으로 된다면 모든 형상의 렌즈를 사용하는 것이 된다. 앞에서 기술한 바와 같이 렌즈형상에 의해 수축·팽창의 방향이 달라지기 때문이다. 이 수축·팽창과 상반되는 형상인 코바를 배치하는 것에 의해 수축이나 팽창을 상쇄시키는 것이 가능하다. 다만 각 형상의 렌즈가 곡률반경이나 중심두께나 수지의 차이에 의해 어느 방향으로 어느 정도 수축·팽창하는 것일 까를 확실히 해석해두지 않으면 안된다.
왜냐하면 코바의 설계를 잘못하면 수축·팽창을 확대시켜 버리기도 하고 보정이 지나쳐 반대 방향으로 움직여 시뮬레이션을 할 수 없게 되기 때문이다. 따라서 다종의 다양한 렌즈 데이터를 분석, 확실한 코바설계가 필요한 것이다.

3. 적은 종류의 재료에 의한 자유도의 제한에도 뒤지지 않는 설계기술

나는 평소부터 느끼고 있는 생각이 있다. 광학설계라는 것은 근성과 인내의 산물이라고 말할 수 있다. 제 아무리 광학 상식이 있더라도, 어느 곳의 어떤 대학을 졸업한 박사라 하더라도 근성과 인내력이 없다면 광학설계는 완성시킬 수 없다.

자기에게 주어진 조건 가운데 적은 재료만이 부여 된다면, 그 가운데서 최고의 성능을 낼 수 있도록 시행 착오를 반복하여 우여곡절 끝에 완성시킬 수 있도록, 광학설계 기술을 연마시켜야만 하기 때문이다.

4. 흡수율이 높다면 재료를 찾아야 한다.

과거 PMMA(아크릴)는 흡수율이 0.3% 이었다. 현재는 재료학회도 진화되어서 그 가운데는 흡수율이 0.1% 이하의 수지도 등장하고 있다. 또 온도에 대해서도 고온에 견딜 수 있는 수지가 개발되고 있어 수지재료도 경시할 수 없을 정도의 수준까지 발전하고 있다. 고온·고습 보존 후에도 안정된 수차를 나타내는 재료도 근년에 판매되고 있다.

이와 같은 재료를 찾고 선택하는 것에 의해, 흡수율이 낮고 좋은 재료를 찾아내는 것에 따라 렌즈도 성능을 높일 수가 있는 것이다.

앞으로 요구되는 재료의 특성으로 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- (1) 굴절률이 높을 것 (2) 아베수가 클 것
- (3) 흡수율이 작을 것 (4) 투과율이 높을 것
- (5) 하중변형 온도가 높을 것
- (6) 오염이 적을 것 (7) 복굴절이 생기기 어려울 것

5. 표면의 흡집 대책

표면의 흡집대책은 하드코팅을 하는 방법과 수지렌즈에 닿지 않도록 커버유리를 전면에 배치하는 수가 있다.

단, 하드코팅을 하면 온도변화에 대한 수축·팽창과 흡수에 의한 면의 변화로 코팅이 깨지는 경우를 일으킬 수 있기 때문에 반드시 신뢰성 시험을 할 때 그것을 확인해야만 한다. 시험방법으로는 고온, 고습 방치, 사이클 시험이 있다.

마일스톤의 모든 렌즈는 이 시험에서도 해상력, 백포커스, 코팅의 깨짐 등의 분야에서 합격하지 않는다면 양산에 들어가지 않는다. 결국 이들 신뢰성 시험에 합격한 렌즈만이 시장에 출하되는 것이다.

6. 결론

이들 대책을 실행하여 유리렌즈와 거의 동등이상의 성능과 신뢰성을 얻은 렌즈만을 양산하는 것이 우리 회사의 방침이다.

그리고 모든 대책, 신뢰성시험을 통과하고 세상에 나온 것이 전체 플라스틱 4매 구성렌즈나, 기타 메가픽셀용 렌즈 및 VGA용 렌즈이다.

센서의 스케일링

요즘 카메라모듈의 소형화가 급속히 진행되고 있기 때문에 렌즈도 한계이상으로 소형화를 도모하고 있다. 더구나 CMOS, CCD의 고화소화로 해상력 향상도 기대되고 있다.

그러나 센스측은, 센스에 입사하는 광선은 소형 대형에 불구하고 20° 전후로서 소자에 입사하지 않으면 슈팅(shutting)을 일으켜버린다. 슈팅이라는 것은 마이크로 렌즈에 광선이 일그러져, 화상을 보면 주변이 어두워져 버리는 현상이다.

렌즈를 상측에 접근시켜 소형화해 나간다면 당연히 센스로의 입사각은 급한 각도로 된다. 광학설계로 센스로의 입사각을 완만하게는 설계할 수 있어나 물리적인 한계를 향하여 입사각을 우선한다면 해상력이나 왜곡 수차에 영향을 미치게 되는 것이다.

그래서 센스 측에서도 마이크로렌즈의 크기에 따라 급각도로 입사하는 광선이라 하더라도 마이크로렌즈에 의해 일그러지는 일이 없도록 개선해 나가는 것이 필요하게 된다.

광학설계에서도 당연히 서로 다가서고 있으나 물리적 한계가 있기 때문에 센스 측에서도 서로 양보하고 다가서는 것이 필요하다고 말하고 있는 것이다.

양산 기술

독자적인 광학설계 소프트로 양산을 예측한 설계를 하고, 모든 착오나 온도변화에 따르는 수축·팽창을 고려한 광학설계를 하더라도 양산기술이 없다면 좋은 렌즈를 완성시킬 수 없다.

1. 금형기술

마일스톤에서는 광학설계와 비구면 가공을 자체에서 하고 그 밖의 금형은 외주로 생산하는 경우가 많다. 비구면 가공 소프트도 독자적인 가공 소프트가 있어 가공 법이나 가공후의 표면처리도 자사의 노하우로 하고 있다. 또 금형의 베이스가공이나 정밀가공에 관해서도 금형 공장을 지도하며 독자적인 방법으로 금형을 제작하고 있다.

2. 성형기술

성형조건도 렌즈경이나 중심두께에 따라 금형온도, 수지온도, 압력, 냉각시간을 조정하지만 우리들은 응력을 없애는 일을 제1목표로 하여 성형조건을 정하고 있다.

3. 조립기술

렌즈조립도 독자적인 방법을 쓰고 있다. 양산전의 조립조정은 장시간에 걸쳐 검토하지만 정해졌다면 매우 쉬운 방법으로 익혀서 좋은 조립을 하고 있다.

4. 먼지관리·세정 등

마일스톤은 「IR-Cut Filter의 접착」도 대응이 가능하며 독자적인 먼지관리법으로 이물을 제거하여 거래처에서 요구하는 먼지 사양을 달성하고 있다.