

## 초소형 휴대폰 광학계의 금형 정밀도가 광학성능에 미치는 영향

에인수\*, 정선환<sup>+</sup>, 최성대<sup>++</sup>, 현동훈<sup>+++</sup>  
(논문접수일 2010. 8. 16, 심사완료일 2010. 9. 16)

### Effects of Mold Precision in Micromini Cellphone Optical Systems

In-Soo Ye\*, Seon-Hwan Cheong<sup>+</sup>, Seong-Dae Choi<sup>++</sup>, Dong-Hoon Hyun<sup>+++</sup>

#### Abstract

In cellphone optical systems, a tiny difference of manufacturing has a strong influence on camera lenses. This study aims to find out the worst result by tolerances come from all parts in optical performance. First, 3D Measure Instrument, Roundness Measure Instrument, and Wavelength Measure Instrument were used for greater precision by making and measuring the parts to see how different from the drawings. It was confirmed that even narrow tolerances could result in defects by assembling. Tolerances in assembly should be concerned as those in parts through the research.

**Key Words** : Plastic Lens Mold(플라스틱 렌즈 금형), Optical Performance(광학 성능), Precision(정밀도), Cellphone Optical System(휴대폰 광학계), Lens Mold Core(렌즈 금형 코어)

### 1. 서론

휴대폰 광학계는 초소형 고화소 경쟁으로 인해 5메가바이트에서 8메가바이트까지 상용화되고 있다. 고화소의 광학계 일수록 렌즈의 광축 관리가 어렵다. 여러 개의 렌즈를 조합하여 광학계가 이루어지기 때문에 각 렌즈는 광축 오차가 커지면 광학계의 조립 오차가 커져서 원하는 형상을 얻을 수

없다. 각 렌즈의 광축 오차를 관리하려면 초정밀 렌즈 금형의 정밀도가 가장 중요하다. 초정밀렌즈 금형은 카세트 형으로 몰드베이스, 카세트, 코어로 구성된다. 카세트에 코어를 조립하기 때문에 카세트의 홀과 코어의 상대오차가 렌즈 성형 후 광학 성능과 밀접한 관계가 있을 것으로 보여진다.

기존 연구 및 개발에서 광 성능에 미치는 영향을 금형 코어의 형상 정밀도 및 표면 정밀도에만 국한해 검토하여 왔으

\* 경기공업대학 기계설계과 (yis@kinst.ac.kr)  
주소: 429-792 경기도 시흥시 정왕동 2121-3  
+ 금오공과대학 기계공학부  
++ 금오공과대학 기계공학부  
+++ 한국산업기술대학교 나노광공학과

나 고화소일 경우 이 부분만을 가지고 광축을 관리하기에는 한계가 있다.<sup>(1~7)</sup>

따라서 본 연구에서는 금형 정밀도가 광학성능에 미치는 영향을 검토하여 광축 오차를 최소화하는 방안을 제시하고자 한다. 초정밀 가공에 의한 금형 코어도 중요하지만, 카세트의 고정밀 가공이 뒷받침되지 않으면 광축 오차의 관리가 어렵다는 것을 생산 현장에 보급하여 고정밀 금형의 중요성을 부각하고자 한다.

## 2. 초정밀 플라스틱 렌즈 금형 설계

플라스틱 렌즈는 금형의 정밀도가 성능을 좌우하며 Fig. 1과 같은 금형 구조로 되어 있다. 일반 플라스틱 금형과 같이 사출기에서 용융된 수지가 스프루, 런너, 게이트, 코어 순으로 흘러 플라스틱 렌즈가 생성 된다. 일반 플라스틱의 경

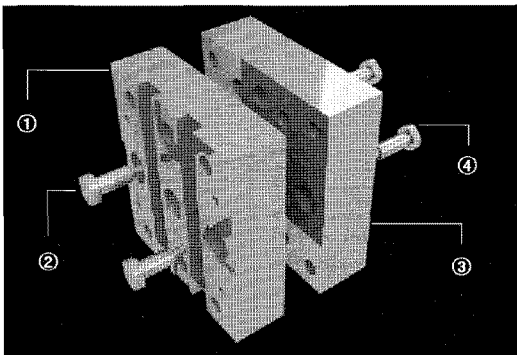
우 금형 코어부분을 상·하 형판에 가공하는 일체형이지만, 플라스틱 렌즈 금형은 카세트와 금형 코어가 분리되는 분리형을 채택하고 있다.

본 연구에서는 금형 카세트에 코어가 어떻게 조립되어 있느냐에 따라 사출 성형 후 광학 성능이 어떻게 나오는지 검토할 목적으로 하기 때문에 게이트, 런너, 스프루 등의 요소에 대한 고려는 생략하기로 한다.

Fig. 2는 상측 카세트 3D 부품도이고, Fig. 3은 2D 부품도이다.

금형은 4캐비티(Cavity)로 설계하였지만, 코어와 조립되는 캐비티는 2개만 사용할 예정이다. Fig. 2의 아래 좌측을 1번 캐비티, 위 우측을 3번 캐비티로 정하였다. 상형 카세트의 동심도 공차 0.003mm, 원통도 공차는 0.01mm이다.

Fig. 4는 하측 카세트의 3D 부품도이고, Fig. 5는 2D 부



① Upper cassette      ② Upper core  
③ Lower cassette      ④ Lower core

Fig. 1 Main parts of a plastic lens mold

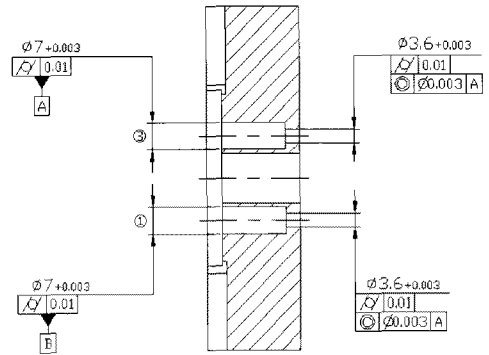


Fig. 3 Part drawing of upper cassette

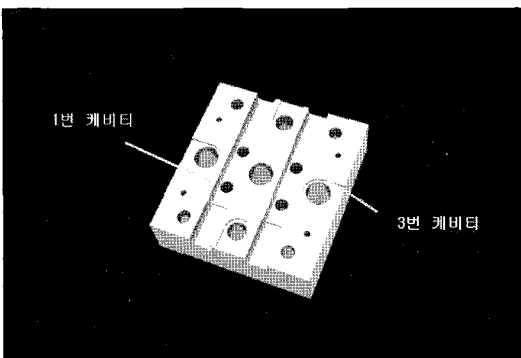


Fig. 2 3D view of upper cassette

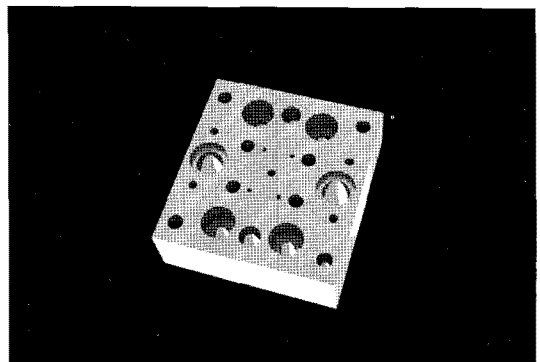


Fig. 4 3D view of lower cassette

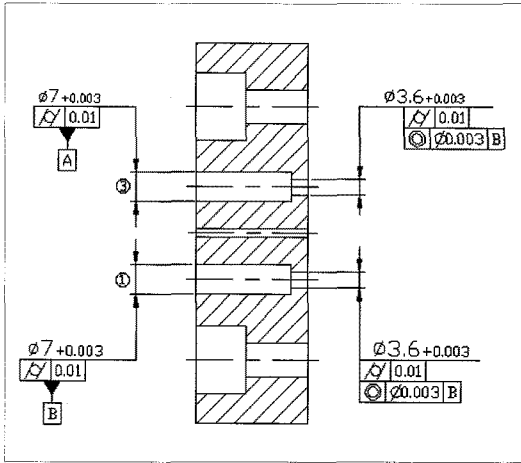


Fig. 5 Part drawing of lower cassette

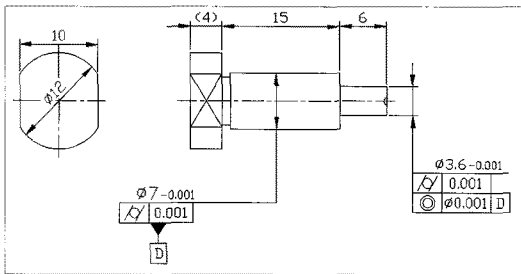


Fig. 6 Part drawing of upper core

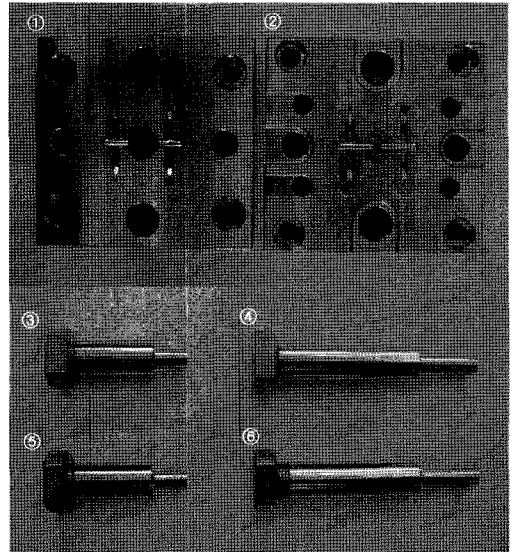
품도이다. 하측도 상측과 같은 공차를 주었다.

Fig. 6은 상 코어의 2D 부품도이다. 동심도 공차는 0.001 mm 원통도 공차는 0.001mm이다. 하 코어의 동심도 및 원통도도 동일하게 주었다.

### 3. 실험방법

본 연구를 위하여 상·하 카세트 및 상·하 코어를 제작 하였다. 금형 카세트는 4 캐비티용으로 설계한 후 연구를 위해 2 캐비티만을 실험하기 위해 코어를 조립하지 않는 캐비티는 기본 구멍만 가공하였고 나머지는 코어가 조립되도록 가공하였다. 캐비티의 홀 가공은 공차를 만족하기 위해서는 고정밀 CNC(Computerized Numerical Control) 지그 그래인더를 사용하였다. 코어는 고정밀 DTM(Diamond Turning Machine)을 이용하여 제작하였다.

카세트의 동심도와 원통도는 Fig. 8의 3차원 측정기를 이



①Upper cassette ②Lower cassette ③Upper core  
④Lower core ⑤Upper core ⑥Lower core

Fig. 7 Actual image of cores and cassettes

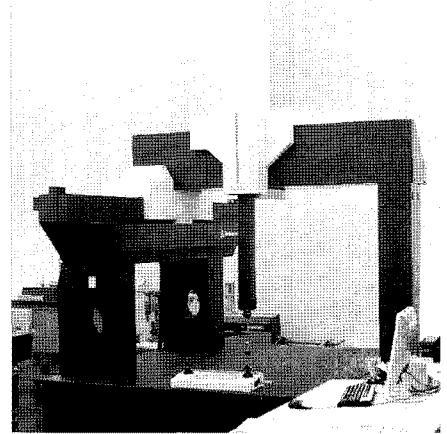


Fig. 8 3D measure instrument

용하여 측정하였다. 카세트의 경우 홀의 크기가 작아 소형 프로브를 이용하였다. 측정 오차를 최소화하기 위해 수십 차례 반복 측정하여 평균값을 취하였다. 코어의 동심도와 원통도는 Fig. 9의 진원도 측정기로 측정하였다. 테이블에 코어를 고정하고 회전하면서 프로브로 측정하였다. 사출 성형 후

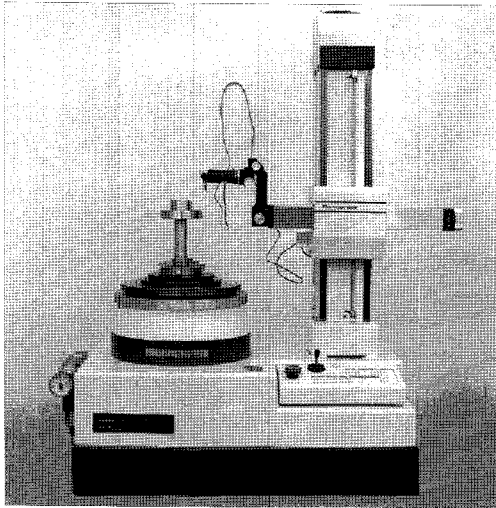


Fig. 9 Roundness measure instrument

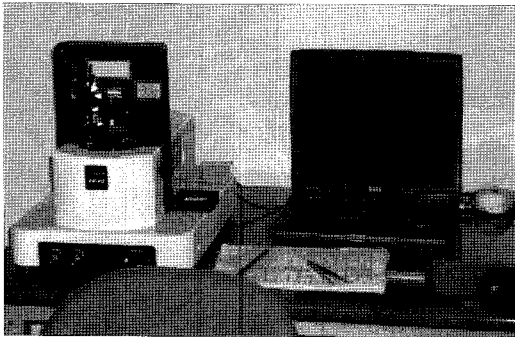


Fig. 10 Wavelength measure instrument

Table 1 Chemical composition of stavax (wt, %)

C	Si	Cr	Mn	V	Fe
0.38	0.8	13.6	0.4	0.3	84.52

광학 성능을 객관화 할 수 있도록 Fig. 10의 실파장 측정기를 사용하였다. 실파장을 비추어 간섭무늬를 가지고 광학 성능을 평가하는 기능을 가지고 있으므로 초보자도 쉽게 광학 성능을 분석 가능하므로 본 기기를 선택하였다.

금형 재료는 Table 1과 같은 성분으로 조성된 스타박스(stavax)를 사용하였다. 스타박스는 내 마모성 및 내 부식성이 뛰어나고 경면성이 우수하여 플라스틱 렌즈 금형 재료로 많이 사용된다.

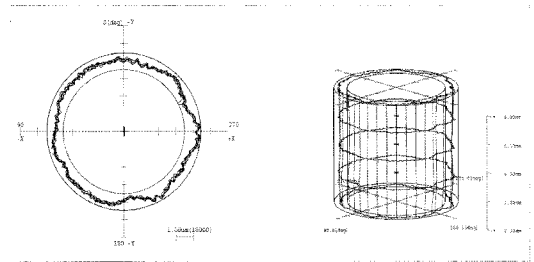


Fig. 11 Cylindricity and coaxiality of the first upper core

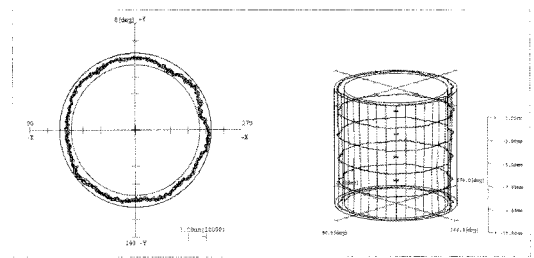


Fig. 12 Cylindricity and coaxiality of the first lower core

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 카세트 및 코어의 측정 결과

상·하 카세트에 상·하 코어를 조립하여 조립 공차를 분석하기 위해 각각의 동심도 및 원통도를 측정하였다. 즉, 1번 케비티와 3번 케비티를 비교하여 광축 오차의 차이를 분석하고자 한다. 1번 케비티의 카세트와 코어를 조립시에 발생할 수 있는 최대 오차를 알아보기 위해 Fig. 11, 12에 상·하 코어의 동심도와 원통도를 표시하였다. 상 코어의 동심도는  $0.04\mu\text{m}$ , 원통도는  $0.95\mu\text{m}$ 이고, 하 코어의 동심도는  $0.07\mu\text{m}$ , 원통도는  $0.62\mu\text{m}$ 이다.

Fig. 13, 14에 상·하 카세트의 동심도와 원통도를 표시하였다. 상형 카세트의 동심도는  $0.0068\text{mm}$ , 원통도는  $0.01\text{mm}$ 이고 하 카세트의 동심도는  $0.005\text{mm}$ , 원통도는  $0.0013\text{mm}$ 이다. 가공시에 상형 카세트의 원통도가 설계공차는 만족하였으나 하형보다 큰 것으로 나타났다. 따라서 조립 후 1번 케비티의 상측과 하측 광축 오차는 최대  $6.542\mu\text{m}$  입을 알 수 있었다.

같은 방법으로 3번 케비티의 상 코어와 하 코어의 광축 오차를 측정한 결과 최대  $10.497\mu\text{m}$ 로 1번 케비티보다 광축 오차가 큰 것으로 나타났다.

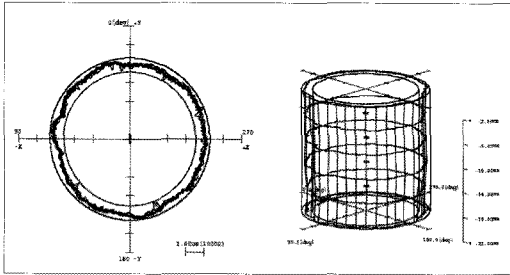


Fig. 13 Cylindricity and coaxiality of the first cassette

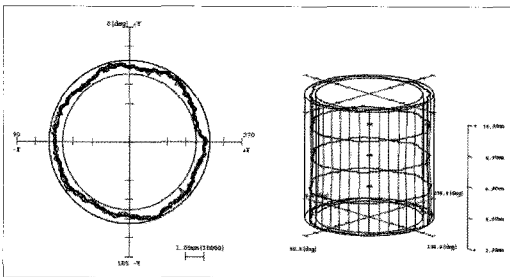


Fig. 14 Cylindricity and coaxiality of the first cassette

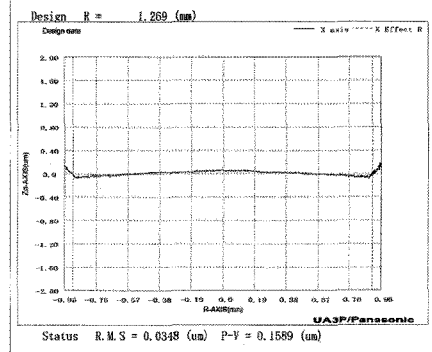
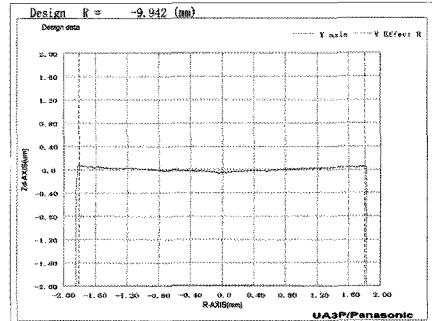


Fig. 15 Precision of the first core

### 4.2 코어의 형상 및 표면 정밀도 측정

플라스틱 렌즈의 코어는 DTM(Diamond Turning Machine)으로 초정밀 가공한 후 3차원 렌즈 측정기로 형상 및 정밀도를 측정하여 코어 정밀도를 평가하는 경우가 일반적이다. 초소형 고화소 카메라폰 광학계의 경우 코어의 형상 및 표면 정밀도가 화상 품질에 큰 영향을 미치기 때문이다.

따라서 본 연구에서도 Fig. 15에 1번 캐비티 상·하 코어의 형상 및 표면 정밀도 측정값을 Fig. 16의 3번 캐비티 상·하 코어의 형상 및 표면 정밀도 측정값을 표시했다. 1번 캐비티의 상 코어 형상 정밀도는 0.1323 $\mu$ m, 표면 정밀도는 0.0296 $\mu$ m이고 하 코어의 형상 정밀도는 0.1589 $\mu$ m 표면 정밀도는 0.0348 $\mu$ m이다. 코어간 형상 정밀도 0.2 $\mu$ m 표면 정밀도 50nm보다 낮으므로 형상 및 표면 정밀도의 차이는 캐비티에 따라 광학 성능에 크게 미치지 않을 것으로 판단된다.

### 4.3 사출 렌즈의 광학성능 평가

사출 성형 후 1, 3 캐비티 사출 렌즈의 광학 성능을 평가하기 위해 실파장 측정기로 측정하였다. 1번 캐비티의 사출렌즈는 금형의 광축 오차가 6.542 $\mu$ m인 경우 Fig. 17의 실파장 측정 결과를 보면 광 간섭무늬 패턴이 일정하게 나타나서 광학 성능이 양호한 것으로 나타났다. 3번 캐비티의 사출렌

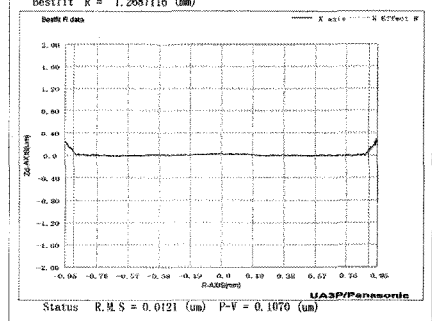
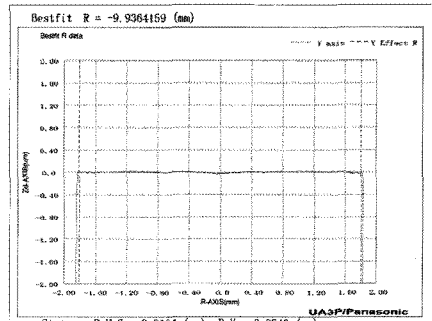


Fig. 16 Precision of the third core

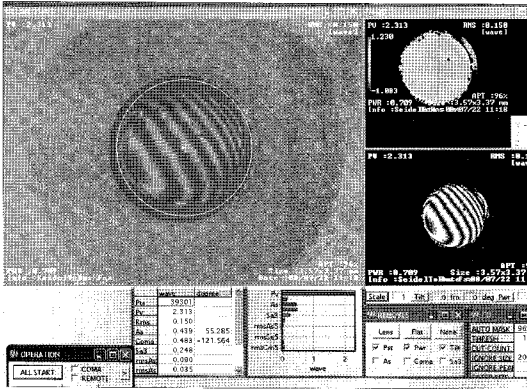


Fig. 17 Measured data of the first lens

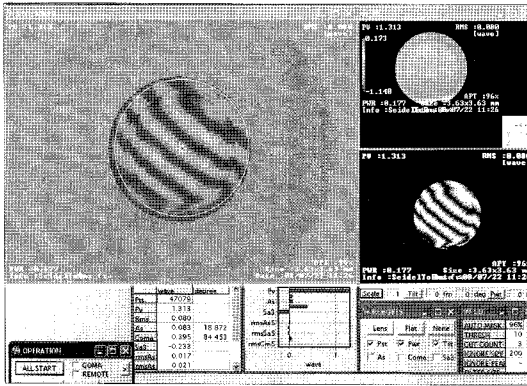


Fig. 18 Measured data of the third lens

는 금형의 광축 오차가 10.497 $\mu$ m인 경우로 Fig. 18의 실패장 측정 결과를 보면 광 간섭무늬 패턴이 일정하지 않아 광학 성능이 떨어질 것으로 예상된다. 따라서 금형의 광축 오차에 따라 광학 성능이 달라짐을 알 수 있으며 광축 오차가 크면 광학 성능이 떨어짐을 알 수 있었다.

#### 4.4 고찰

휴대폰 렌즈 금형 생산 현장에서 금형 코어의 형상 및 표면 정밀도를 철저히 관리하고 있지만 카세트와 코어의 조립 공차에 영향을 미치는 동심도 및 원통도를 관리하고 있지 못하는 것이 현실이다. 따라서 1차, 2차 보정 등을 통해 코어 표면의 정밀도를 개선해도 렌즈의 성능 불량은 개선하지 못하는 경우가 있다. 이러한 경우 코어의 비구면 형상에만 국한되어 검토하지 말고 본 연구에서 밝혀진 경우와 같이 카세트와 코어의 조립공차를 점검해 보는 것도 성능 불량을 개

선 할 수 있는 방안이므로 생산 현장에서 향후 적용할 필요가 있다.

## 5. 결론

초소형 휴대폰 광학계의 금형에서 카세트의 정밀도가 광학성능에 미치는 영향을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 금형 조립의 정밀도를 평가하기 위해서 금형 상·하 코어와 상·하 카세트의 동심도와 원심도를 측정하여 광축 오차를 분석한 결과 제 1 케비티는 6.542 $\mu$ m, 제 3 케비티는 10.497 $\mu$ m이었다.
- (2) 금형 코어는 제 1 케비티와 제 3 케비티 모두 형상 정도 0.2 $\mu$ m 표면 정도 50nm 이내로 측정되어 케비티별 차이가 없었다.
- (3) 광학성능을 평가하기 위해 사출한 렌즈를 실패장한 결과 금형 광축 오차가 큰 제 3 케비티가 광 간섭무늬가 일정하지 않아 광학 성능이 떨어지는 것으로 나타났다.
- (4) 따라서 기존 생산 현장에서 광학 성능을 위해 금형 코어의 형상 정도와 표면 정도가 영향을 미치는 것으로 알고 있으나, 본 연구 결과 금형 조립 공차도 광학 성능에 영향을 미치므로 잘 관리해야 품질 좋은 광학 제품을 생산할 수 있다.

## 참고 문헌

- (1) Hyun, D. H. and Lee, S. J., 2003, "A Study on Grinding Characteristics of Aspherical Glass Lens Core of High-pixel Digital Camera in Diamond Grinding Process," *Journal of the KSMTE*, Vol. 12, No. 2, pp. 1~88.
- (2) Jun, Y. T. and Hyun, D. H., 2006, "A Study Birefringence of Injection Molding for Plastics Aspheric Lens," *Journal of the KSMTE*, Vol. 15, No. 1, pp. 1~142.
- (3) Woo, S. H. and Lee D. J., 2007, "A Study on Key Parameters and Characteristics in the Manufacturing Process of the Dual Pickup Objective Lens," *Journal of the KSMTE*, Vol. 16, No. 3, pp. 1~143.
- (4) Lee, S. J. and Hyun, D. H., 2007, "A Study on

- Influence of Parameters and Characteristics in the Injection Process on the Birefringence and Refractive Index for Pickup Lens," *Journal of the KSMTE*, Vol. 16, No. 6, pp. 1~240.
- (5) Woo, S. H. and Lee, D. J., 2008, "A Study on the Improvement of the Shape Accuracy of Plastic Lens by Compensation Program," *Journal of the KSMTE*, Vol. 17, No. 4, pp. 1~148.
- (6) Kim, S. Y. and Hyun, D. H., 2009, "A Study on the Productivity Improvement of Thermal Infrared Camera an Optical Lens," *Journal of the KSMTE*, Vol. 18, No. 3, pp. 241~359.
- (7) Kim, D. J., Yoo, K. S., and Hyun, D. H., 2010, "An Research on Ultra Precise Polishing Manufacturing Technology of Glass for Micromini and Super Wide-Angle Aspherics Glasses Lens," *Journal of the KSMTE*, Vol. 19, No. 2, pp. 135~305.