

폰 카메라 모듈 자동 조립 · 평가시스템 설계

송준엽*, 이창우, 하태호(한국기계연구원), 정연욱(레이시스), 김영규, 이명철(유성정밀)

Design of Automatic Assembly & Evaluation System for Phone Camera Module

J.Y. Song, C.W. Lee, T.W. Ha(KIMM), Y.W. Jung(RAYSYS Co.),
Y.G. Kim, M.C. Lee(Yoosung Precision Co.)

ABSTRACT

In this study, automatic assembly and evaluation system for phone camera module is conceptually designed. The designed core(Auto focus & UV curing, Image Test) equipments adopts a clustering mechanism and compactible structure using index table for minimum tact time. Using a ball screw actuator and absolute encoder in each axis, we can verify the repeatability and position accuracy of system within $\pm 3\mu\text{m}$. In result of simulation test, the proposed system is expected up to 30% in productivity than manual operation.

Key Words : Phone Camera Module (폰 카메라 모듈), Auto Focusing (자동 초점), UV Locking (UV경화), 특성 평가 (Characteristic Estimation), Lens Module (렌즈모듈), Image Sensor (이미지 센서)

1. 서론

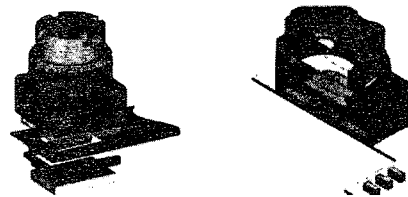
휴대폰의 카메라 모듈은 2000년 들어 CMOS센서를 사용한 CIF급(11만 화소)이 출시된 이후 급속히 발전하여 현재는 Mega Pixel급(1.3MP, 2.0MP, 3.0MP)이 주종을 이루고 있다. 하지만 급변하는 기술진보와는 달리 핵심부품의 수급부족 및 공정정립에 기초한 양산체계가 준비되지 못하여 관련업계에서는 품질 안정화에 기반을 둔 대량 생산체계의 구축을 서두르고 있다. 하지만 폰 카메라 모듈이 마이크로 스케일의 부품으로 취급이 어렵고, 부품 표준화가 안되어 있으며, 성능 면에서 광학적인 특성이 품질로서 보증되어야 한다는 점에서 조립자동화 시스템을 구축하는데 애로사항을 겪고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 난제를 타개하기 위해 폰 카메라 모듈을 대상으로 제조공정을 분석하고, 공정 및 부품 표준화(SMIA : Standard Mobile Imaging Architecture 규격)에 기초한 자동 조립, 평가시스템의 구조와 최적화 방안을 제시코자 한다.

2. 폰 카메라 모듈의 공정 및 특성

폰 카메라 모듈의 생산공정은 대표적으로 렌즈모듈, Package, 카메라 모듈공정으로 정립할 수 있으며, 카메라 모듈은 Fig. 1에 제시된 것처럼 크게 COF(Chip On Film)과 COB(Chip On Board) 방식으로 구분된다. COF의 경우 Packaging 공정부터 Film상에 Sensor를 비롯한 여러 중요 반도체 부품이 다양한 Package 공정을 통하여 실장되기 때문에 여러 가지 장점에도 불구하고 조립, 평가공정 상의 문제와 휴대폰의 힌지 구조상의 제약 때문에 폰 카메라에 채용이 아직까지는 미진한 상황이며, 현재 국내의 폰 카메라 생산업체에서는 COB 형태의 폰

카메라를 주로 생산하고 있는 상태이다.



(a) COF Type (b) COB Type
Fig. 1 Sensor types of phone camera module

하지만 휴대폰 시장의 대표주자인 노키아에서는 앞에서 기술한 제약 하에서도 VGA급을 1차 모델로 하여 부품 및 공정표준화 차원에서 SMIA규격을 마련하여 양산체제를 준비하고 있다.

본 연구의 적용대상인 폰 카메라 모듈의 조립프로세스를 살펴보면 렌즈모듈 조립, Pre-Assembly, FPCB Attaching, Auto Focusing & UV Locking, 성능 및 특성검사로 이루어지지만 서브 조립체는 Fig. 2처럼 렌즈모듈, CMOS 센서모듈 및 Flexible PCB이다.

3. In-Line 자동 조립 · 평가시스템 설계

앞장에서 기술된 대표공정을 토대로 카메라 모듈의 프로세스를 단위로 세분시키면 Fig. 3처럼 구체적인 In-Line 공정(장비)Layout를 구성시킬 수 있다.

제시된 Layout은 Package 라인을 갖추고 있는 전문 업체의 경우이며, 대부분의 조립업체에서는 Fig. 3에 제시된 공정 중 Pre-Assembly, A/F & UV Locking 및 Image Test 공정만으로 구성된 조립, 평가라인의 구축이 요구되고 있다.

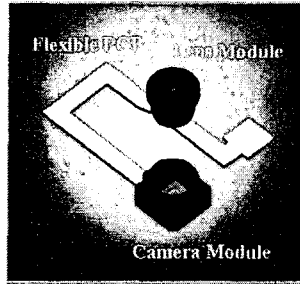


Fig. 2 Components of phone camera module

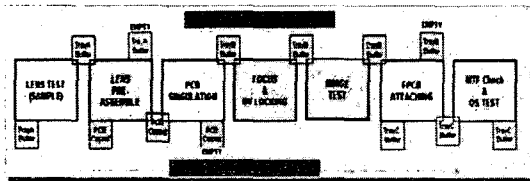


Fig. 3 Process layout for process of camera module

따라서 본 연구에서는 1 차적으로 카메라 모듈의 생산라인을 적용범위로 한 핵심공정 장비(Fig. 4 참조)를 구상하였다.

고안된 시스템은 현재 수작업에 의한 9개의 조립 공정(Tact time : 약 12.2 초)을 대체시키기 위한 자동화 라인을 전제로 하고, 공정별 Tack time은 약간 차이가 있겠지만 수작업에 비해 20% 정도의 생산성(Tact time 9초 이내)을 확보할 수 있도록 구조 및 조립 메커니즘 등을 설계하게 되었다. 설계한 핵심모듈들의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

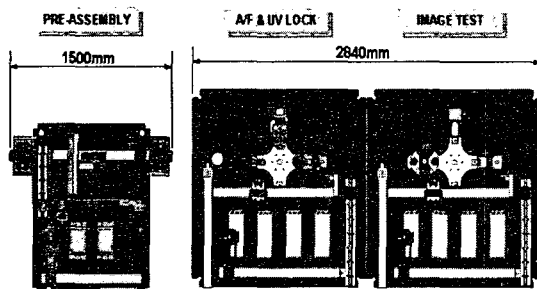


Fig. 4 System layout & footprint for assembly and evaluation of camera module

Pre-assembly장비는 Tray 상에 공급되는 렌즈모듈과 카메라모듈에 고정조립하기 전에 렌즈의 회전각도를 고려하여 렌즈홀더에 회전, 체결시키는 기능을 수행하는 것으로 핵심부분이 센서 스테이지(Sensor Stage)이다. 고안된 센서 스테이지는 센서헤드 구동, 체결각도 계산, 렌즈체결에 필요한 $3(x/z/\theta)$ 축으로 구성하였다. 각 축에는 Ball Screw Actuator, AC Servo Motor를 채용하여 정밀 반복정도(x축 : $\pm 10\mu\text{m}$, z축 : $\pm 3\mu\text{m}$)와 θ 축 분해능 0.02도 이상을 확보할 수 있도록 설계하였다.

A/F & UV Curing장비는 렌즈와 CMOS센서간의 조립거리를 조정하여 최적의 초점을 맞추고, 두 모듈을 고정시키기 위한 UV 본딩과 Curing하는 기능을 수행하는 장비로 기본구조는 Fig. 5와 같다.

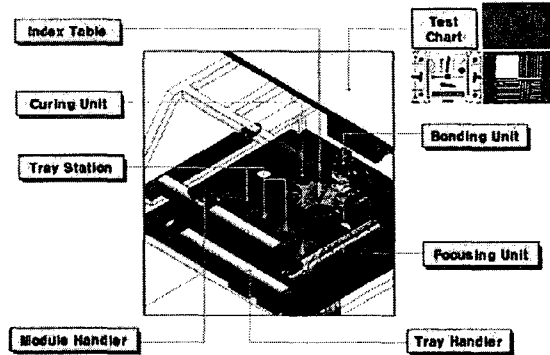


Fig. 5 Core modules of A/F & UV Curing Equipment

본 장비의 고안특징은 고속 XY Handler에 Absolute Encoder를 채택하여 위치정도 $\pm 3\mu\text{m}$ 와 안정성(허용하중 3,620N)을 확보토록 하였으며, Index Table방식을 채용함으로써 초점, 본딩, Curing작업이 동시에 이루어져 Tact time을 최소화(약 7초 이내)하는 구조로 설계하였다. 특히 CMOS센서의 체결부분에는 Probe Socket방식을 채택함으로써 SMIA규격(COB/COF 병용)에 대처할 수 있도록 하였다. 한편 Image Test장비는 Fig. 4에 제시된 것처럼 A/F & UV Curing장비와 기본 메커니즘을 함께하면서 센서특성 평가에 필요한 OS(Open/Short) Test, Black/White/Color의 Pixel Test, Electric Test를 기본모듈로 한 구조로 구성하였다.

4. 결론 및 향후연구

이상 본 연구에서 고안한 폰 카메라모듈의 조립 시스템에 대하여 기존 수작업, 반자동시스템과 성능 차원에서 Simulation분석을 실시하였다. 그 결과가 Table 1이며, 대표적인 성능지수인 UPH(시간당 생산량)에서 30%정도 향상과 Flow time에서 기존대비 3.6배의 밸런스 효과가 기대되는 것으로 분석되었다.

Table 1. Simulation result of alternative systems

(Unit : Set/Sec.)

	30 Shift	UPH	Tact Time	Flow Time
Manual	67,889	295	12.2	93.0
Semi Auto.	81,516	354	10.2	42.2
Full Auto.	95,345	414	8.7	25.4

향후에는 SMi규격에서 제시하는 센서 특성평가 방식을 로직화하여 장비에 탑재시키고, End Effector의 구조를 보완하여 실용적인 장비로 발전시킬 계획이다.

참고문헌

1. 송준엽, 김영규 외, "차세대 폰 카메라 조립·평가용 지능형 정밀 로봇시스템 개발" 연구보고서, 산업자원부, 2005. 8.
2. 송준엽, 이창우 외, "폰카메라 렌즈모듈의 Cluster Type 조립시스템 설계", 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp974-977, 2005. 5