

폰 카메라 모듈의 조립·평가시스템 개발

*송준엽¹, 하태호¹, 이창우¹, 김영규², 정연욱³

¹ 한국기계연구원 지능기계연구센터, ²(주)유성정밀, ³(주)레이시스

Automatic Assembly & Evaluation System for Phone Camera Module

*J. Y. Song¹, T. H. Ha¹, C. W. Lee¹, Y. G. Kim², Y. W. Jung³

¹ Intelligent Machine System Research Center, KIMM, ² Yoosung Precision Co., ³ Raysys Co.

Key words : Phone Camera Module, A/F & UV Curing, Lens Module, Image Sensor Test

1. 서론

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

따라서 본 연구에서는 이러한 난제를 타개하기 위해 폰 카메라 모듈을 대상으로 제조공정을 분석하고, Model Change에 대처하면서 공정 표준화에 기초한 자동 조립, 평가시스템의 구조를 고안, 개발하고, 적용된 최적화 기술을 제시코자 한다.

2. 폰 카메라 모듈의 특성분석 및 공정 정립

폰 카메라 모듈의 제조공정은 크게 렌즈모듈, 센서 Package, 카메라 모듈 공정으로 정립할 수 있으며, 본 연구의 적용대상인 카메라 모듈은 Fig. 1에 제시된 것처럼 COF(Chip On Film)와 COB(Chip On Board)방식으로 구분된다. COB의 경우 Packaging 공정부터 Film상에 Sensor를 비롯한 여러 중요 반도체 부품이 다양한 Package 공정을 통하여 실장되기 때문에 공정을 표준화할 수 있는 등 여러 가지 제조상의 장점에도 불구하고 휴대폰의 힌지 구조를 제약하여 고가의 휴대폰에는 채택이 미진한 상태이다. 하지만 휴대폰 시장의 선두주자인 노키아에서는 VGA급을 1차 모델로 하여 부품 및 공정표준화 차원에서 SMIA(Standard Mobile Image Architecture)규격을 마련하여 COB방식의 양산체제를 준비하고 있다. 한편 고가폰을 지향하고 있는 휴대폰 생산업체에서는 COF방식의 카메라 모듈을 대부분 채택하고 있는 실정이다.

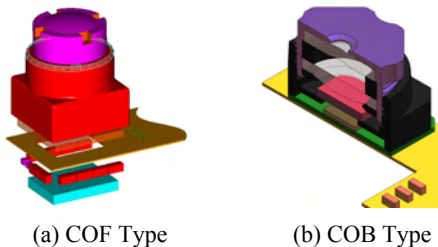


Fig. 1 Sensor types of phone camera module

현재 국내에서 생산되고 있는 대표적인 COF방식의 VGA, MEGA급 카메라 모듈을 조사한 결과, 해상도에 의한 분류를 기준으로 이미지 하우징(Housing)의 크기, FPCB의 형태 및 길이, 커넥터(Connector)의 형태, 핀 수, 연결방향(상/하) 등이 채용할 휴대폰의 구조에 따라 다양한 형태를 지니고 있다. 이상의 분석결과를 토대로 본 연구에서 적용대상으로 검토할 카메라 모듈의 대표적인 사양범위를 아래와 같이 설정하였다.

- FPCB 길이 : 25 ~ 35 mm

- 하우징 크기 : 6.5 ~ 10 mm
- 하우징 높이 : 5 ~ 8 mm
- 커넥터 핀 수 : 20 / 24 pin

한편 MEGA급 카메라 모듈의 조립, 평가공정을 분석한 결과 Fig. 2에 제시된 것처럼 크게 10개의 공정으로 세분되어 작업되어지고, 공정별 Tact Time은 약 4.5~11.8초 정도에서 이루어지고 있었다. 시간대가 큰 차이를 보이는 것은 수작업에 의한 정밀 삽입/체결이나 센서특성 평가 작업 등 작업의 난이도에 따라 상대적인 긴 시간을 소요함으로 전체적인 Tact Time은 약 12초, LOB(Line of Balancing) 65% 정도로 조사되었다.



Fig. 2 Working processes of phone camera module

이상의 분석결과를 토대로 상기 공정들을 수용하면서 LOB, 생산성을 극대화시키기 위해 4~5개 공정으로 복합시키고, 장비화하는 복안을 갖고 1차적으로 핵심공정(Pre-Assemble, AF & UV Curing, Sensor Image Test)을 자동화하는 조립·평가시스템을 구상하였다. 고안된 시스템의 레이아웃이 Fig. 3이다.

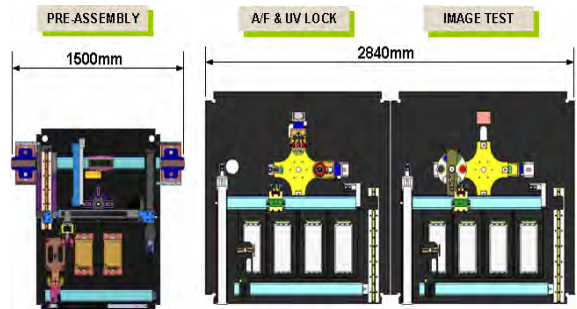


Fig. 3 Layout & footprint of assembly and evaluation system for phone camera module

3. 조립·평가시스템의 장비모듈 개발

3.1 Pre-Assembly(PA) 장비모듈

PA 장비모듈은 AF(Auto Focus) & UV Curing공정을 거치기 전에 조립된 렌즈모듈과 이미지 센서모듈의 가 체결을 기본 기능으로 하여 이물 발생방지를 위한 UV 경화제 도포, 센서 보호테이프 제거 및 세정 등을 부 기능으로 수행되도록 개발하였다. Fig. 4는 개발된 본 모듈로서, 주요 사양으로, Tact Time 8초, 반복 정밀도 $\pm 50\mu\text{m}$, 회전정밀도 $\pm 0.007^\circ$, 체결 높이 $4.95\pm 0.05\text{mm}$ 를 수용하도록 고안하였다. 특히 반복 정밀도 확보를 위해 Vision계에 의한 위치보정 기능을 부가하였다.

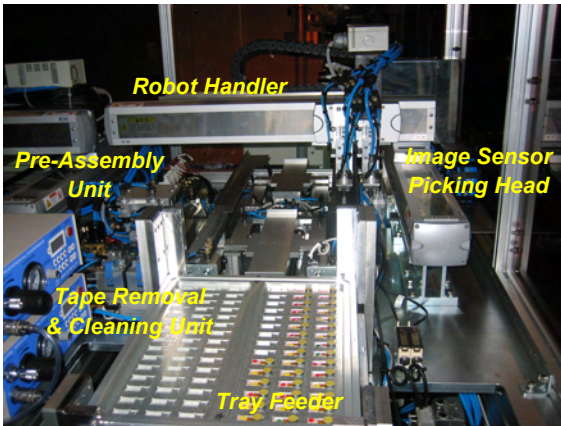


Fig. 4 Core units of Pre-assembly (PA) equipment

개발된 PA 장비는 부여된 기능을 수행하기 위해 12단계로 이루어지고 있으며, 핵심 기능인 Lens Pre-assembly에 약 1.6초 등 Cycle Time 7.74sec 성능을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 체결높이에 있어서도 Max. 4.97mm, Min. 4.92mm 범위 내에서 가동되는 것으로 분석되었다.

3.2 AF & UV Curing (AF) 장비모듈

A/F & UV Curing(AF) 장비는 렌즈와 CMOS센서간의 조립거리를 조정하여 최적의 초점을 맞추고, 두 모듈을 고정시키기 위한 UV 분당과 Curing하는 기능을 수행하도록 고안된 장비이다. 본 장비의 구성하고 있는 핵심유닛이 Fig. 5이고, 기본구성에 따른 기능수행 상의 시스템 흐름도는 Fig. 6과 같다.

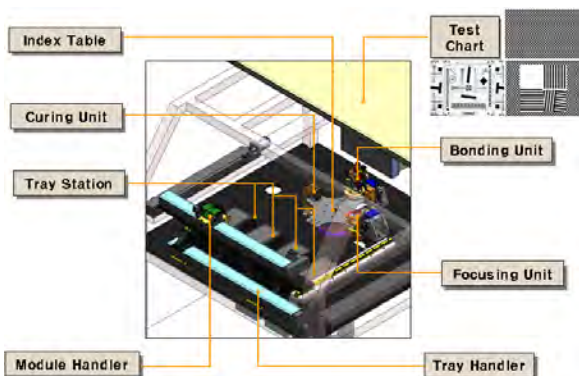


Fig. 5 Core units of AF & UV Curing(AF) Equipment

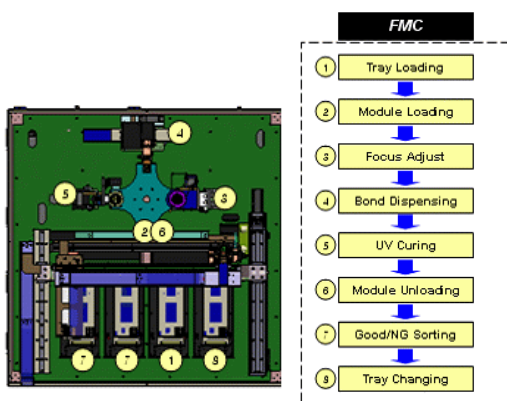


Fig. 6 System flow of AF equipment

구성된 핵심 유닛 중 Tray Handler는 x, y축 2 자유도를 가지는 Gantry 타입의 Robot으로 각 축에는 분해능 16 bit/rev의 200/400W AC Servo Motor로 구성시켜 위치 반복능 $\pm 5\mu\text{m}$ 를 확보하도록 하였다.

3.3 Image Sensor Test (ST) 장비모듈

ST 장비모듈은 조립이 완료된 카메라 모듈의 이미지 재현특성 및 결함 등을 검사하는 모듈로서 SMIA 규격에 기초한 대표적인 평가항목인 S/N Ratio, Dynamic Range, Blemish/Particle검출, Relative illumination, Focus test 등을 수행할 수 있도록 핵심 유닛, Robot handler, Focus test unit, Pixel test unit 등을 구성하였다. Fig. 7이 ST 장비모듈의 구성사진이다.

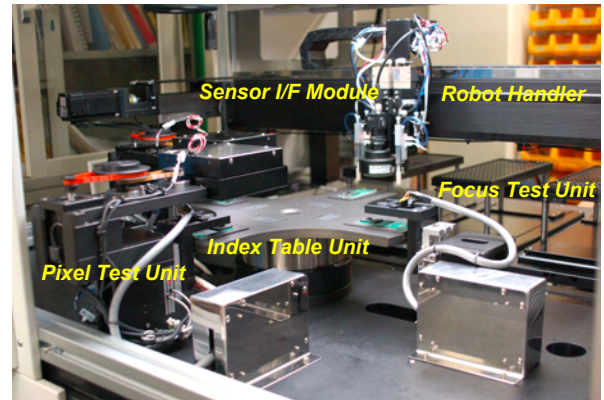


Fig. 7 Core units of Image Sensor Test (ST) equipment

개발한 ST 장비는 이미지 촬영에 근거한 특성평가와 분석시간을 최소화할 수 있는 방안으로 멀티로 검사프로세스를 동시에 진행시키면서 안정된 구조를 가질 수 있도록 Index Table을 채용한 Cellular 방식으로 시스템을 구성하였다. 특히 센서 테스트를 위해 기존에 사용되고 있는 POGO Pin 방식 대신 100 μm 이하 피치를 갖는 Probe Pad사용한 Probe Socket를 개발하여 센서 인터페이스 유닛으로 채용하였다. 고안된 Probe는 카메라 모듈의 FPCB 형상이 변경되더라도 비교적 용이하게 변경된 모델을 본 장비에 적용이 가능할 것으로 보인다.

ST 장비의 핵심 유닛 중 Focus Test Unit는 카메라 모듈을 Probing하여 CMOS센서의 이미지 데이터를 전송함과 동시에 렌즈를 회전시킴으로써 렌즈와 센서간의 초점을 조정하는 기능을 담당할 수 있도록 z축 방향 위치조정 Servo, 특정한 조명조건을 위한 LED 조명계, Test Chart로 구성하였다. 특히 Test Chart로 Chess Pattern 사용토록 하여 자동 AF(Auto Focusing)공정에 의한 Focus 특성평가가 진행될 수 있도록 구성하였다.

4. 결론 및 향후 계획

이상 폰 카메라 모듈 조립, 평가 전 공정을 자동 시스템화하는 전단계로서 핵심공정인 Lens Pre-assembly, AF & UV Curing, Image Sensor Test 장비모듈을 개발하였다. 단위모듈들은 본 연구에서 생산성 측면에서 목표 Tact Time으로 설정한 8초 이내의 성능을 제시하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 AF, ST 장비모듈의 대표성능인 Focus 재현성, OS(Open/Short) Test의 척도가 되는 Voltage 측정 재현성에서 각각 표준편차 최대 3%, 0.068% 이내의 우수한 결과를 제시하게 되었다.

향후에는 SMI규격에서 제시하는 센서 특성평가 방식을 로직화하여 장비에 탑재시키고, End Effector 및 Probe Socket의 구조를 보완하여 Model Change에 유연하게 대응할 수 있는 장비시스템으로 발전시킬 계획이다.

참고문헌

1. 송준엽, 이창우 외, “차세대 폰 카메라 조립·평가용 지능형 정밀로봇시스템 개발” 연구보고서, 산업자원부, 2006. 9. 7
2. 송준엽, 이창우, 하태호 외, “폰 카메라 모듈 자동 조립, 평가시스템 설계”, 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp61-62, 2006. 5.18