

# 이미지센서의 미세화와 그 응용

글/TOSHIBA 시스템 LSI사업부 이미지센서기술부  
KANeko Takehiko

휴대전화에 카메라가 탑재된 지도 10년 이상이 지났다. 점차 고해상도화와 더불어 카메라로서 점점 실용적으로 진화하고 있다. 장기간 배터리 구동의 필요성에서 저소비전력은 중요과제이고, 종래의 CCD 이미지센서에서 CMOS센서로 거의 대체되었다고 할 수 있다. 기기의 소형화에 동반해, 탑재되는 카메라모듈의 소형화에 대한 요구는 매우 강하다. 특히 박형화된 표시부와 함께 실장되는 inside 카메라의 저배화(低背化)는 급속히 진행됐다. 모듈의 높이를 낮게 하기 위해서는 광학렌즈의 광로장을 적게 하는 것이 요구되지만, 고해상도 때문에 이미지사이즈가 대형화하는 경향과 상반된다. 본고는 광기술컨택트 2010년 10월호에서 발췌한 것으로서 이미지사이즈를 유지하면서 고해상도화를 실현하는 미세 셀에서 성능을 확보하는 기술과 카메라모듈을 소형화하는 기술에 대해서 개괄하였다. (편집자 주)

## 1. 이미지센서의 소형화요구

### 1.1 이미지센서의 응용분야

그림1에 이미지센서의 응용분야(그림1)에 이미지센서의 응용 예를 나타냈다. 종래부터 탑재되어 온 비디오카메라, 감시카메라, 의료용 카메라에 더해 디지털카메라와 PC카메라, 차재(車載)카메라, 휴대전화로 보급해서 이후는 게임기기와 로봇 등 새로운 분야에도 카메라가 폭넓게 응용되고 있다. 대부분의 경우에서 휴대성이 요구되기 때문에 저소비전력화와 기기의 소형화가 중요과제로 된다. 특히 휴대전화는 상시 휴대하기 위해 카메라의 소형화 실현이 카메라 탑재율에 직접적인 영향을 준다.

### 1.2 휴대전화카메라의 동향

일본과 한국에서는 휴대전화에 카메라가 붙어있는 것이 당연시되고 있지만, 세계전체에서는 탑재율이 70%이고 이후로도 꾸준히 증가하고 있는 것만 보더라도 카메라수요의 증가율은 휴대전화이상으로 상승세를 보이고 있다. 그리고 고해상도의 메인카메라에 더해 자신을 촬영하는 in-Camera(2nd camera)도 증가하고 있다(그림2). 한편 해상도는 디지털카메라와 같은 식으로 고해상도화의 경향이 강하다. inCamera는 VGA이지만, 메인카메라는 5Mpix, 8Mpix의 오토포커스 카메라가 일반화됐고, 10Mpix이상의 콤팩트 디지털카메라와 동등한 카메라도 탑재되고 있다(그림3).

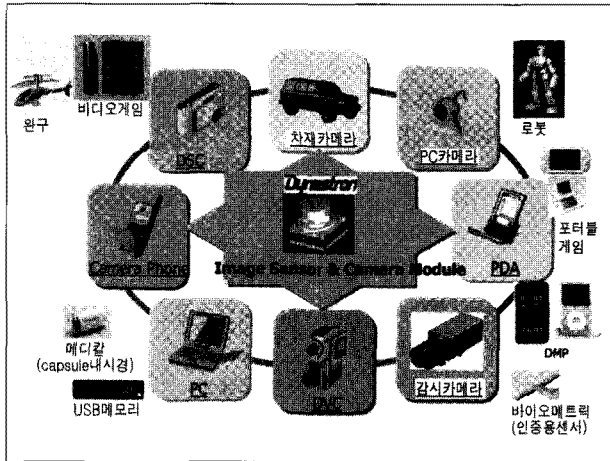


그림1. 이미지센서의 응용분야

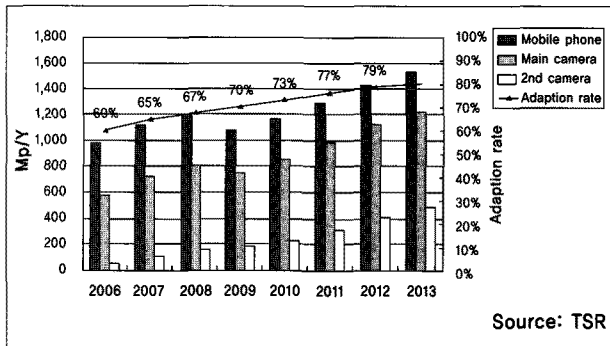


그림2. 휴대전화시장과 카메라 탑재율

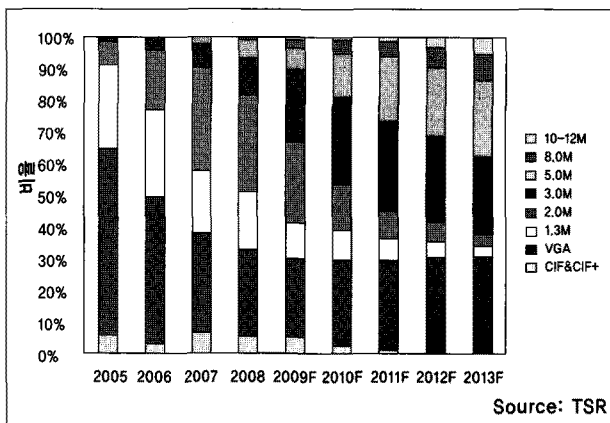


그림3. 휴대전화카메라의 해상도 비율

## 2. 센서 칩의 소형화기술

### 2.1 광학렌즈와 마이크로렌즈

그림4에 카메라모듈의 구조도를 나타냈다. 광학렌즈(군)에서 입사한 광은 시감도보정을 위한 IR(적외)

cut 필터를 통해 CMOS센서상에 결상한다. 결상면인 image area에서는 화면중심부에 대해 주변부로 입사광은 어느 각도를 가진다(주광선각도). 모듈 높이가 적고, 고해상도의 다화소화에 의해 이미지사이즈가 크게 되면 그 경향은 현저해진다. 이미지센서 표면에는 포토다이오드의 개구부에 집광하기 위한 마이크로렌즈가 형성되어 실질적으로 개구효율을 대폭적으로 개선할 수 있다. 그러나 주광선각도가 크게 되면 집광해도 포토다이오드로 이끄는 것이 곤란하게 되고, 화면주변부의 감도가 저하되어 Shading이 생긴다. 이 현상을 완화하기 위해 색필터와 마이크로렌즈를 개구위치에 대해서 Offset을 설치하는 Scaling기술이 도입되었다(그림5). 마이크로렌즈와 개구부 사이에는 색필터와 배선층이 있고, 이 간격이 크게 되면 Scaling에 의해서도 커버하는 것이 곤란하게 된다.

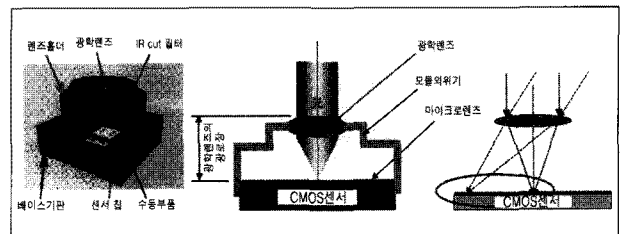


그림4. 카메라모듈의 구조도

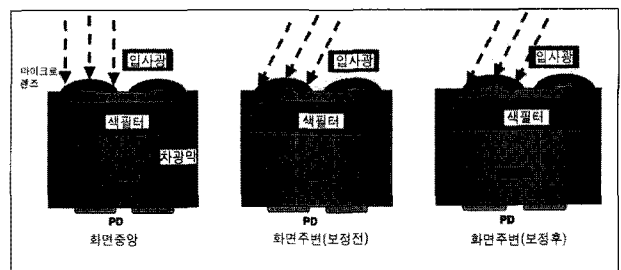


그림5. 마이크로렌즈의 색필터의 Scaling

### 2.2 마이크로렌즈하의 박막화기술

지금까지도 색필터의 박막화와 배선층의 박막화 및 배선층수의 제한 등에 의해 마이크로렌즈의 집광률을 확보해서 화소사이즈가 축소해도 양자효율을 유지해왔다. 마이크로렌즈와 개구부의 박막화는 화소사이즈의 미세화와 함께 필요로 하다. 그림6에 화소사이즈마다 요구되는 마이크로렌즈하의 높이를 나타냈다.

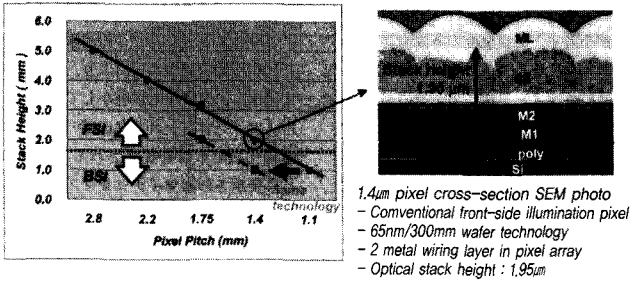


그림6. 마이크로렌즈의 개구간 거리

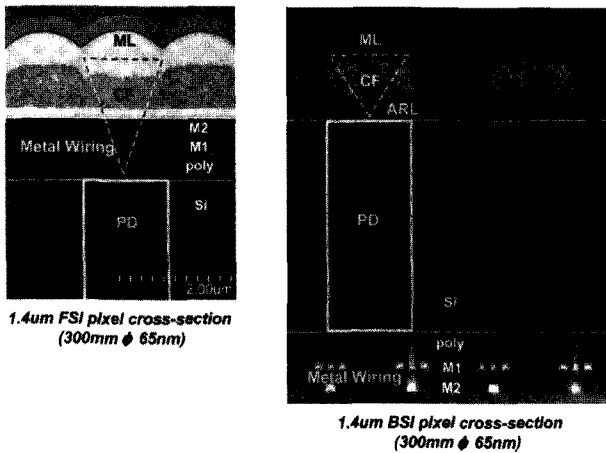


그림7. BSI와 FSI의 단면구조의 비교

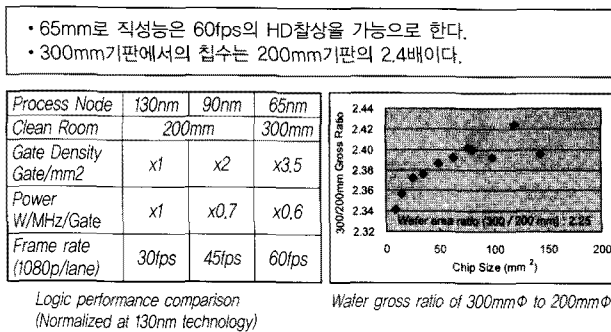


그림8. 300mm 웨이퍼프로세스의 우위성

종래의 표면조사(FSI; Front Side Illumination)에 의하면 1.95 $\mu$ m이하로 저감하는 것은 매우 곤란하다. FSI에서는 화소사이즈가 1.4 $\mu$ m까지는 대응 가능하지만, 그것이하로 되면 대폭적으로 감도 저하가 생기는 것으로 나타났다. 그래서 배선층의 반사층에 광입사면을 배치하는 이면조사(BSI; Back Side Illumination) 구조가 실용화되었다. 마이크로렌즈와 포토다

이오드 사이에 배선층이 없고 섀플터만으로 이루어지기 때문에 그 사이를 약 반분까지 저감할 수 있다(그림7). BSI기술에 의해 배선층수의 감도로의 영향이 원리적으로는 없게 되고, 이미지센서회로의 자유도가 크게 넓어지는 것을 기대할 수 있다. 또 성능면 및 코스트면에서 제조프로세스는 200mm 웨이퍼에 비해 300mm가 우위이다(그림8). 이후 기대되는 고해상도 비디오(HD-video)를 고속으로 촬영할 때, 300mm 웨이퍼의 65nm 프로세스를 채용하면 60fps의 Frame Rate도 가능하게 된다. BSI 프로세스에서는 웨이퍼사이즈가 크면 안정한 제도가 곤란하지만, TOSHIBA에서는 일찍부터 300mm 웨이퍼에 의한 BSI제조기술을 실용화했다.

### 3. 카메라모듈의 소형화기술

#### 3.1 카메라모듈의 저배화

휴대전화는 디스플레이의 대형화와 다기능화에 의한 부품점수의 증대, 대기 및 동작시간을 유지하기 위한 배터리의 대용량화 등 Set가 크게 되는 요소가 많게 되는 한편, 외형사이즈의 유지와 박형화가 요구된다. 카메라모듈도 대폭적으로 사이즈축소를 실현하고 있다. 그림9는 VGA카메라모듈의 예인데, 2003년부터 2008년까지 5년 동안 카메라모듈 용적이 1/15로까지 축소되었다. 실장 면적(포토프린트 사이즈)에서 1/6 이하, 모듈 높이는 반분의 이하로 되었다. 화소 사이즈의 축소에 의해 이미지센서의 칩 사이즈가 소형으로 된 효과가 크지만, 모듈화의 실장기술 및 이미지센서 이외의 모듈구성부품의 소형화, 고성능화도 공헌하고 있다(그림10,11).

#### 3.2 Reflowable Camera Module

카메라모듈의 해상도에 따라 광학계에 요구되는 성능과 기능이 다르다. 그림12에 주요 요구를 나타냈다. 저가격대의 Set에 탑재되는 저해상도 모듈에서는 실장코스트 삭감을 위해 Reflow 대응이 요구된다. in-side 카메라에서는 액정디스플레이 유닛의 박형화와

더불어 실장후의 저배화에도 Reflow 대응은 효과적이다. Reflow 대응을 위해서는 260도 상당의 내열성을 확보할 필요가 있고, 렌즈재료로서는 몰드글라스, 열경화성수지 등이 유력하다.

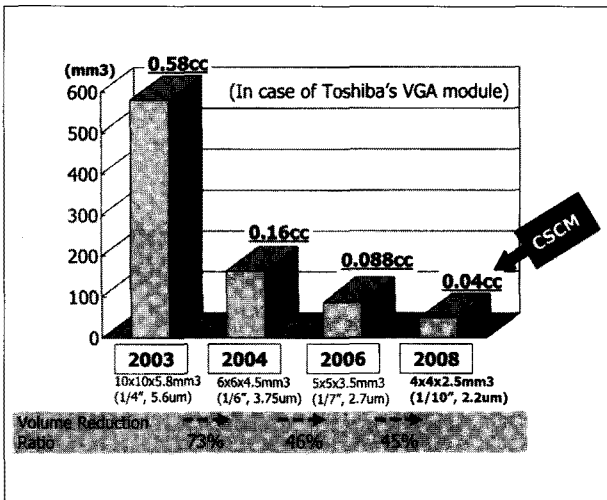


그림9. 카메라모듈 사이즈의 추이

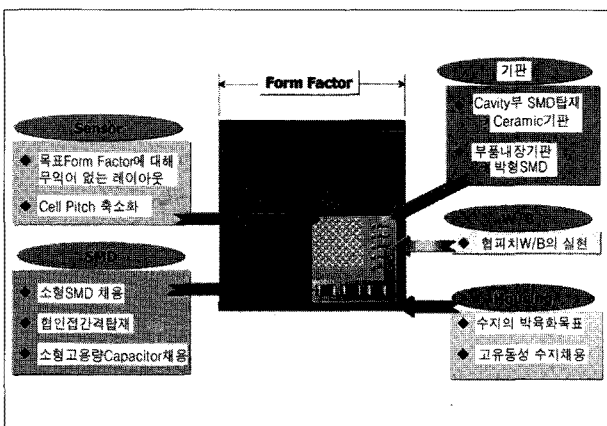


그림10. 카메라모듈 Foot print 축소화 포인트

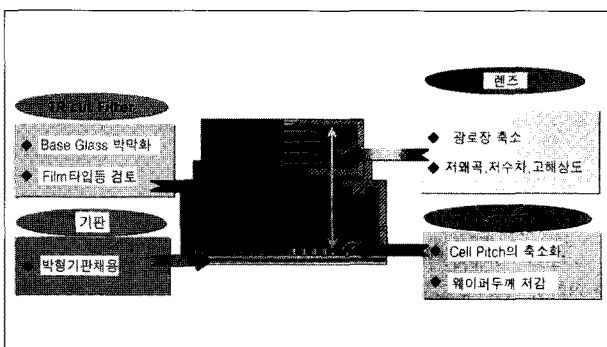


그림11. 카메라모듈 저배화 포인트

Resolution	Camera	Fixed Focus	Auto Focus	Optical zoom	Mechanical shutter Iris/ND	EDOF	Reflow-able
VGA	Main/Sub	Must					Must
1.3M	Main	Must					Must
2M	Main	Must					Must
3.2M	Main	Must	Want			Want	Want
5	Main	Want	Must		Want	Want	
8M	Main	Want	Must	Want	Want	Want	
12M	Main		Must	Want	Want		

그림12. 광학계의 고성능·다기능화 요구

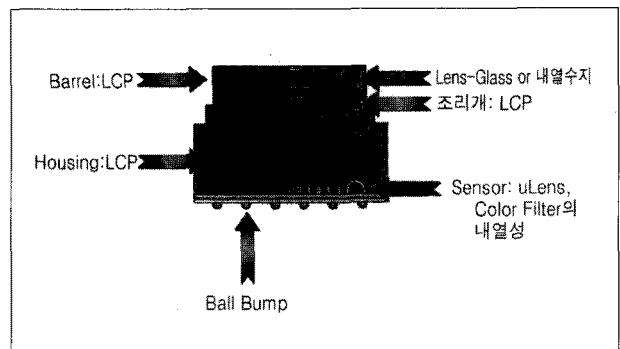


그림13. Reflow 대응 카메라모듈 구성 예

Type	Glass	Bulk type	Hybrid type
Material	Glass	Si/Epoxy resin	Resin on glass
Production method	Molding	UV or thermal curing Injection/Casting	
Performance	Good	Fair	Fair

그림14. Reflow 대응 렌즈기술

다른 구성부품에도 내열성재료가 사용되지만(그림13) 특히 카메라 성능에 크게 영향을 주는 렌즈에 관한 기술이 중요하게 된다. 그림14와 같이 여러 가지 기술이 제안되어 실용화되고 있지만, 코스트를 저감하기 위해 몰드글라스렌즈의 다면취와 웨이퍼레벨에서의 렌즈형성, 복수의 렌즈를 조합한 성능확보 등이 기대된다.

Reflow 대응과 더불어 Foot print의 소형화에 효과적인 CSCM(Chip Scale Camera Module)이 제품화되었다. 그림15에 TOSHIBA에서 개발된 CSCM TCM9200MD와 그 구조를 나타냈다. 종래의 카메라 모듈은 베이스기판에 센서 칩을 실장하고, 렌즈홀더와 하우징으로 덮는 것에 비해 CSCM에서는 센서 칩에 렌즈와 렌즈홀더를 직접 설치하는 구조로 모듈을 보다 소형화하는 것이 가능하게 되었다. 또 센서 웨이퍼를 관통전극부착 구조(TSV; Through Silicon Via)로 하고, 이면에 Solder ball을 형성하는 것으로 종래의 Wire 본딩 스페이스를 삭감했다(그림16).

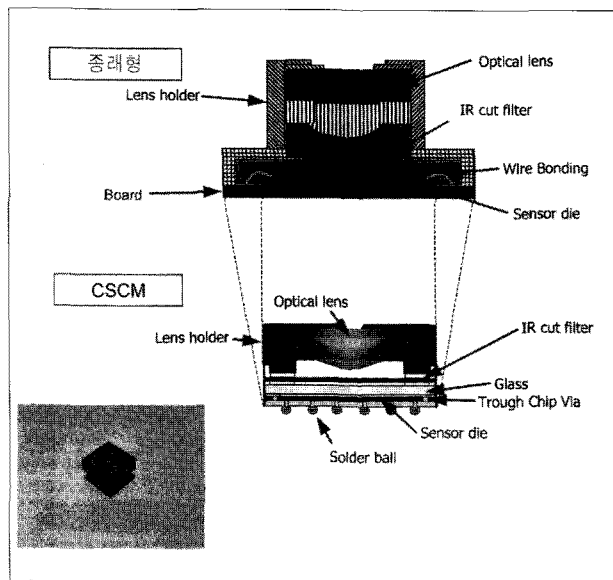


그림15. 종래형 모듈과 CSCM의 구조 비교

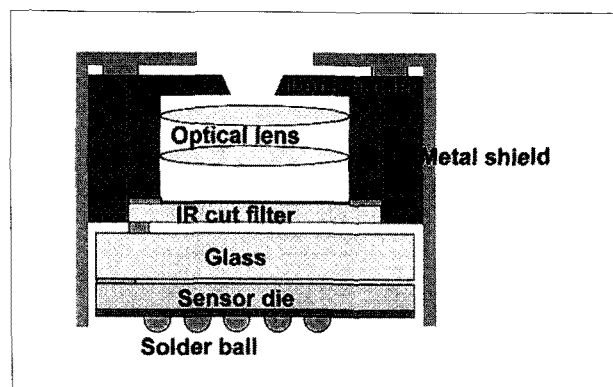


그림16. CSCM의 단면구조

#### 4. 결론

여러 가지 용도에 이미지센서가 응용되는 것에 동반해 소형화의 요구가 높아지고 있다. 특히 급속히 수요가 확대되고 있는 휴대전화용 카메라모듈에서는 현저하다. 외형사이즈를 유지하면서 고해상도를 위해서는 화소사이즈를 소형화해야 한다. 미세한 화소에서 실용적인 성능을 확보하기 위해서는 BSI구조가 유효하고, CMOS Logic의 미세 셀 프로세스인 300mm 웨이퍼 프로세스에서 BSI구조의 제품이 안정적으로 제조되는 것을 크게 기대할 수 있다. 이것은 이미지센서의 성능향상에도 크게 기여한다.

또 휴대기기의 대부분은 카메라모듈로서 탑재되기 때문에 모듈의 소형화도 중요하다. 모듈구성부품의 소형화뿐만 아니라 실리콘프로세스 라인을 활용한 TSV 구조의 CSCM에서 대폭적인 소형화가 가능하게 된다.

소형이면서 고성능의 이미지센서는 이미 휴대전화에는 2대 카메라가 탑재되어 있는 예에서도 이후는 한대의 세트에 복수 카메라가 조립되고, 이것에 의해 새로운 응용카메라가 탄생할 것이다. 그리고 지금까지는 도저히 생각할 수 없었던 기기에도 카메라가 조립될지도 모른다. 이미지센서의 소형화기술은 새로운 시장을 형성하는데 일조로 될 것이다.

품번	화소수	화소 피치	사이즈(WxDxH)(mm)	특징
TCM9200MD	2M(UXGA)	2.2 $\mu$ m	6.31x6.4x4.42	IPS내장
TCM9201MD	0.3M(VGA)	2.3 $\mu$ m	4.0x4.0x2.32	IPS내장