Journal of Radiation Industry 8(3) : 147~153(2014)

정밀 정렬 검사를 이용한 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈 구현

김병욱 · 김영주 · 유철우 · 김진수[1] · 이경용[1] · 김명수[2] · 조규성[2,*]

전북테크노파크 방사선영상기술센터, [1](주)나노솔텍
[2]한국과학기술원 원자력 및 양자공학과

Implementation of Large Area CMOS Image Sensor Module using the Precision Align Inspection

Byoungwook Kim, Youngju Kim, Cheolwoo Ryu, Jinsoo Kim[1],
Kyungyong Lee[1], Myungsoo Kim[2] and Gyuseong Cho[2,*]

Radiation Imaging Technology Center, JBTP, Iksan, Korea, [1]Nano Sol-Tech INC., Iksan, Korea
[2]Department of Nuclear & Quantum Engineering, KAIST, Daejeon, Korea

Abstract - This paper describes a large area CMOS image sensor module Implementation using the precision align inspection program. This work is needed because wafer cutting system does not always have high precision. The program check more than 8 point of sensor edges and align sensors with moving table. The size of a 2 × 1 butted CMOS image sensor module which except for the size of PCB is 170 mm × 170 mm. And the pixel size is 55 μm × 55 μm and the number of pixels is 3,072 × 3,072. The gap between the two CMOS image sensor module was arranged in less than one pixel size.

Key words : CMOS image sensor, Large area, Precision alignment

서 론

최근 상보형 금속 산화막 반도체(CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor) 공정을 이용하여 제작되는 CMOS 이미지 센서는 그 활용분야에 따라 매우 다양한 사이즈로 설계되고 제작되어지고 있다. 이러한 CMOS 이미지 센서는 휴대전화나 디지털 카메라에 사용되는 소면적의 이미지 센서부터 최대 직경이 300 mm인 웨이퍼(12인치)에서 단일 최대 크기의 이미지 센서까지 다양하게 출시되고 있다(Yuichiro *et al*. 2011; Yole Report 2012).

이러한 CMOS 이미지 센서는 기존 전하결합소자(CCD: Charge Coupled Device) 이미지 센서 및 박막 필름 트랜지스터(TFT: Thin Film Transistor) 소자에 비하여 공정 기술의 발전으로 저전력 특성과 아날로그 회로 및 디지털 회로의 고집적화 등 On-Chip화가 가능하기 때문에 빠른 응답성, 이미지 래그의 감소 및 고감도 등의 여러 장점 등을 가지고 있다(Bigas *et al*. 2006).

디지털 엑스선 영상 검출 센서의 80% 이상을 차지하고 있는 간접 방식의 경우, 엑스선을 가시광선으로 변환시켜 주는 여러 섬광체와 CMOS 이미지 센서를 결합하면 엑스선 및 감마선 등 방사선 분야의 영상 검출 시스

* Corresponding author: Gyuseong Cho, Tel. +82-42-350-3821,
Fax. +82-42-350-5861, E-mail. gscho@kaist.ac.kr

템으로 활용될 수 있어 특히, 비파괴 검사 분야, 보안 검사 분야를 비롯한 산업용 분야와 흉부 촬영, 유방암 촬영 등의 의료용 분야에서도 많은 관심을 가지고 있다 (Scheffer 2007; Farrier *et al*. 2009; Korthout *et al*. 2009; Turchetta *et al*. 2011; Heo *et al*. 2011).

단일 칩으로 모듈화 하는 경우를 제외하고 보다 큰 대면적이 필요로 하는 다양한 분야에 CMOS 이미지 센서들을 활용하기 위해서는 2개 이상의 CMOS 이미지 센서들을 조합함으로써 대면적화 필요성이 요구된다. 이는 센서의 크기가 웨이퍼 크기에 한정되기 때문이다.

2개 이상의 센서를 결합하는 과정에 있어 다이싱 균일도 및 이미지 센서의 외곽 형태를 고려하여야 한다. 왜냐하면 다이싱 공정 시 블레이드의 영향이나 다른 이유로 인해 CMOS 이미지 센서에서 최외곽 라인이 스크라이빙 (Scribing) 라인과 평행하지 않거나 일부 사선 방향으로 다이싱되는 경우 결합 정밀도가 떨어져 비정상적인 영상이 출력될 수 있다.

본 논문에서는 8인치 웨이퍼에 3-Tr 구조의 능동 픽셀을 설계하여 단일 최대 크기로 제작된 CMOS 이미지 센서를 활용하여 2배 이상의 크기로 대면적화 하기 위한 정밀 정렬 검사 프로그램을 제시하여 각각의 CMOS 이미지 센서에 대한 정보들을 획득하여 분석하였다. 특히, 본 연구에서 제시한 정밀 정렬 검사 프로그램을 이용하여 마치 단일 최대 크기의 이미지 센서 형태처럼 성능을 유지할 수 있는 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈을 구현함으로써 대면적 CMOS 이미지 센서 시장에서 다양한 활용 분야에 응용될 뿐만 아니라 대면적 CMOS 이미지 시스템의 수율과 성능을 유지하면서 가격 경쟁력을 확보할 것으로 기대할 수 있다.

재료 및 방법

1. CMOS 이미지 센서 제작

CMOS 이미지 센서는 픽셀 구조에 따라 1개의 트랜지스터를 사용하는 수동형과 3~5개의 트랜지스터를 사용하는 능동형으로 나눌 수 있는데, 본 연구를 위해 CMOS 이미지 센서는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 각 화소마다 1개의 포토다이오드와 Reset 트랜지스터 (M1), Select 트랜지스터 (M2) 및 Source Follower 트랜지스터 (M3)로 구성되는 3-Tr 구조로 설계하였다. 또한 화소의 Reset 트랜지스터와 Select 트랜지스터 제어를 위한 Control Signal을 생성하고 전송하는 Row Driver를 설계하여 집적하였다.

설계된 3-Tr 구조의 CMOS 이미지 센서를 반도체 CMOS 공정을 이용하여 직경이 8인치인 웨이퍼에 제작하여 Fig. 2에 나타내었다. 8인치 웨이퍼에 제작된 CMOS 이미지 센서만을 분리하기 위해 폭이 15 μm인 다이아몬드 블레이드를 이용하여 다이싱 공정을 진행하였으며, 분리된 CMOS 이미지 센서는 8인치 웨이퍼에서 단일 최대 크기의 직사각형 형태로 사이즈는 85 mm × 170 mm 이고, 픽셀 크기는 55 μm × 55 μm이며, 픽셀수는 1,536 × 3,072이다.

2. 정밀 정렬 검사 프로그램

제작된 CMOS 이미지 센서를 2배 이상의 크기로 대면적화 하기 위해서는 CMOS 이미지 센서의 각각에 대해 Fig. 3처럼 8개의 간격 측정 위치마다 픽셀 어레이의 기준점 (이하 픽셀라인)으로부터 최외곽 절단면 (이하 에지라인)까지 직선거리로 얼마만큼 떨어져 있는지를 비전시

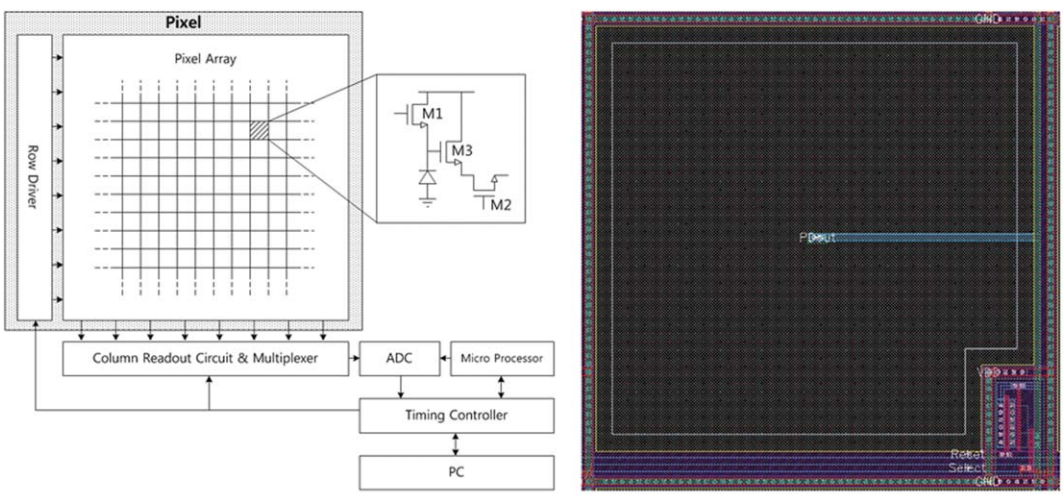


Fig. 1. Pixel structure and layout of CMOS image sensor.

Fig. 2. CMOS image sensor of 85 mm × 170 mm size fabricated in 8 inch wafer.

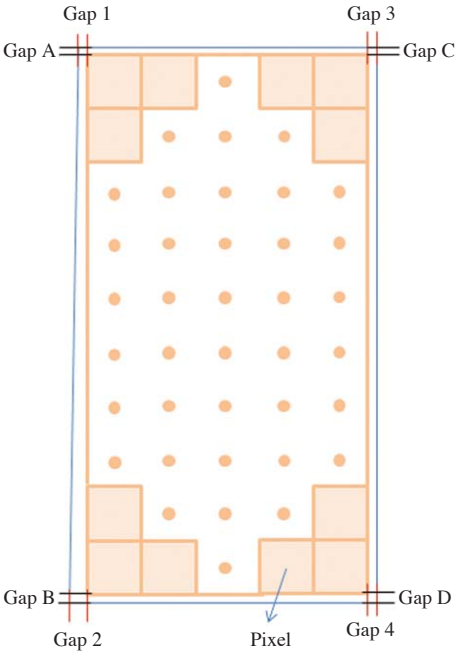


Fig. 3. Position of distance measurement.

스템으로 검사하였다. 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈의 크기를 170 mm × 170 mm로 구현하므로 측정 간격 Gap A, Gap B, Gap C 및 Gap D는 동일하다고 가정하였으며, 다른 4개의 측정 위치인 Gap 1, Gap 2, Gap 3, Gap 4에서만 간격을 측정하였다. 고분해능의 비전시스템으로 각각의 CMOS 이미지 센서 및 간격 측정 위치별로 픽셀라인과 에지라인의 선명한 분석 데이터를 얻기 위해 Fig. 4에 제시된 정밀 정렬 검사 프로그램을 활용하여 CMOS 이미지 센서의 정밀 정렬조건을 위한 검사를 진행하였다.

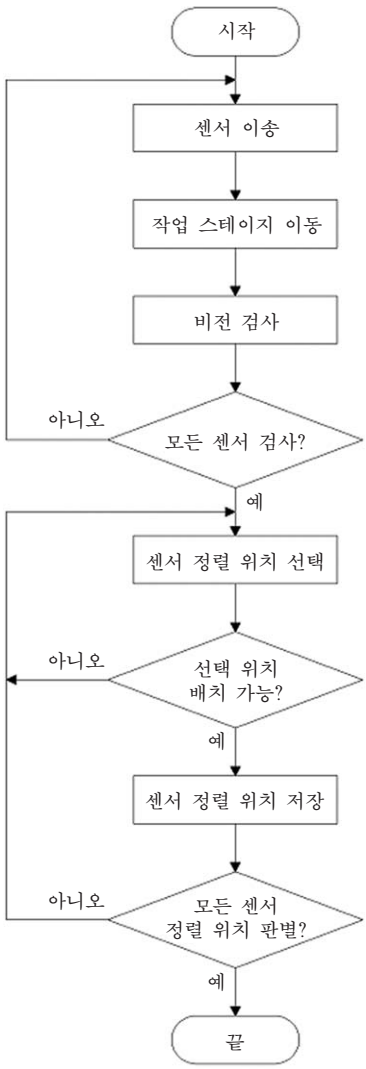


Fig. 4. Flow chart of a precision align inspection program.

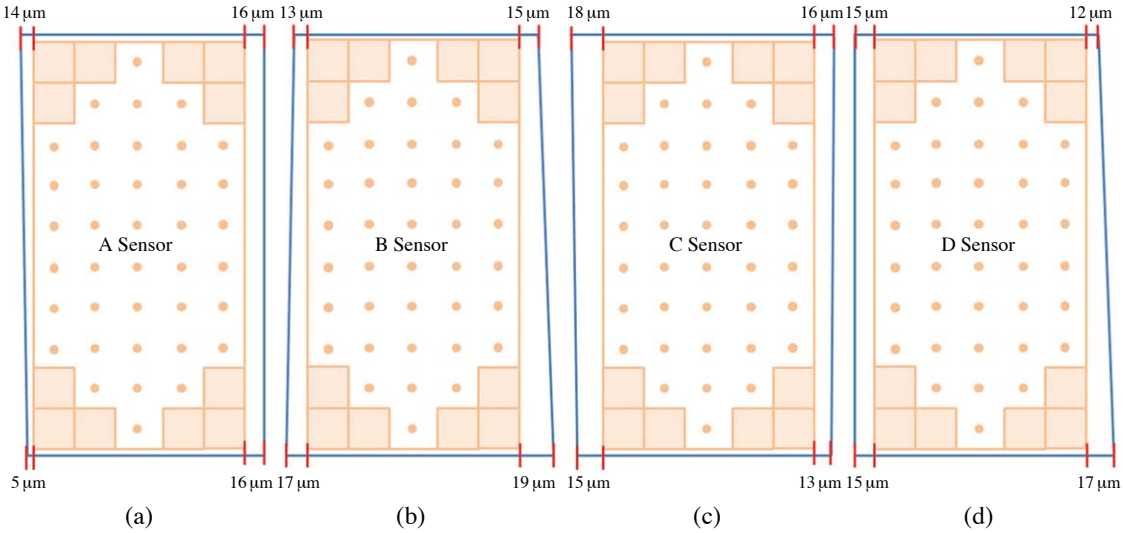


Fig. 5. Examples of each sensor dicing shape using a precision alignment inspection program.

Table 1. Examples of each measurement data using a precision alignment inspection program

Sample	Gap1	Gap2	Gap3	Gap4
A Sensor	14	5	16	16
B Sensor	13	17	15	19
C Sensor	18	15	16	13
D Sensor	15	15	12	17

정밀 정렬조건 검사 프로그램을 이용하여 각각의 CMOS 이미지 센서에서 측정된 정보를 수집하여 CMOS 이미지 센서의 간격 정보를 Table 1에서처럼 정리하고 데이터화 하여 정리된 데이터를 활용해 Fig. 5에서처럼 제작된 CMOS 이미지 센서의 다이싱 형태를 분석한다. 이렇게 측정된 각각의 CMOS 이미지 센서에 대한 간격 정보 및 다이싱 형태를 활용하여 분석함으로써 정밀 정렬이 가능한 CMOS 이미지 센서로 활용이 가능한 것인지 아닌지를 검사할 수 있다. 또한 분석된 데이터를 통해 각각의 CMOS 이미지 센서들을 활용하여 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈 구현을 위한 최적의 조합 조건과 배치 형태 등을 검토할 수 있다.

3. 센서의 위치별 간격 및 다이싱 정보 획득

실제 광학 현미경을 이용하여 픽셀의 크기를 측정하고, 픽셀라인과 에지라인 간의 각 위치별 간격을 측정하여 그 측정 정보를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 CMOS 이미지 센서의 각 위치별로 자세히 관찰하면 에지라인이 픽셀라인과 평행하지 않고 임의의 사선 방향으로 다이싱된 것을 확인할 수 있으며, 세로 방향의

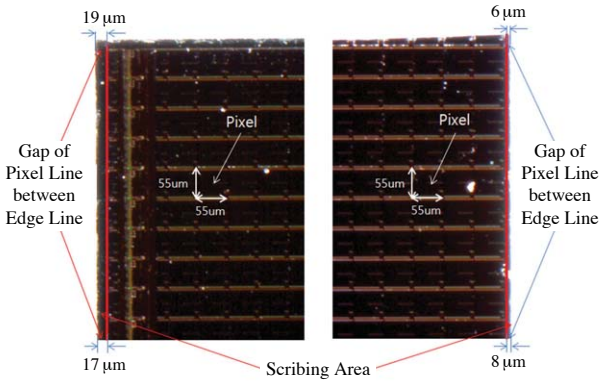


Fig. 6. Pixel size and distance measurement of a CMOS image sensor.

픽셀 라인이 많아질수록 CMOS 이미지 센서의 상부와 하부 위치에서 그 간격 차이가 더욱 크다는 것을 알 수 있다.

CMOS 이미지 센서의 정보를 획득하고 분석하기 위해 각각의 해당하는 위치에서 비전시스템으로 측정하는 사진을 Fig. 7에 나타내었으며, 측정된 간격 정보를 분석함으로써 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈 구현을 위한 기준 센서의 선정과 인접하여 배치할 수 있는 센서의 선정 등을 검토할 수 있으며, 특히 정밀 정렬을 위한 이미지 센서 모듈의 배치 형태와 정렬 간격 등을 예상할 수 있다.

4. 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈 구현

대면적 CMOS 이미지 센서 모듈을 구현하기 위해 각

(a) (b)

Fig. 7. Distance measurement of each position.

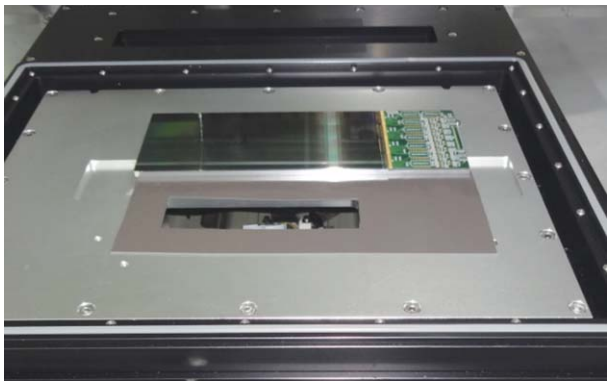


Fig. 8. Loading of the sensor as a reference.

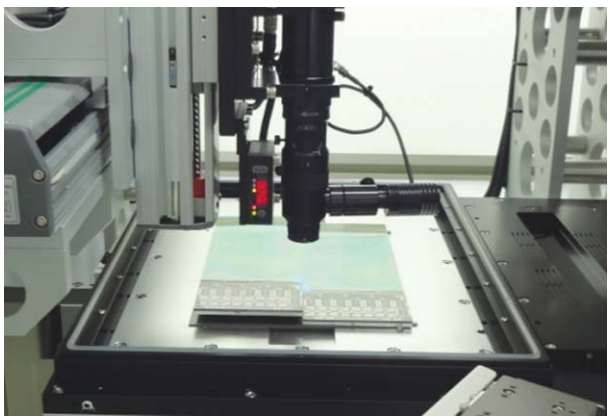


Fig. 9. Correction procedure of X axis, Y axis and theta.

각의 CMOS 이미지 센서로부터 획득한 간격 정보 및 다이싱 형태 등의 분석 결과를 바탕으로 먼저 기준이 되는 CMOS 이미지 센서를 선정한다. 기준 센서의 한 예로 위의 Fig. 5에 나타낸 여러 다이싱 형태 중에 에지라인이 픽셀라인 간격이 가장 일정한 CMOS 이미지 센서를 기준 센서로 선정한다.

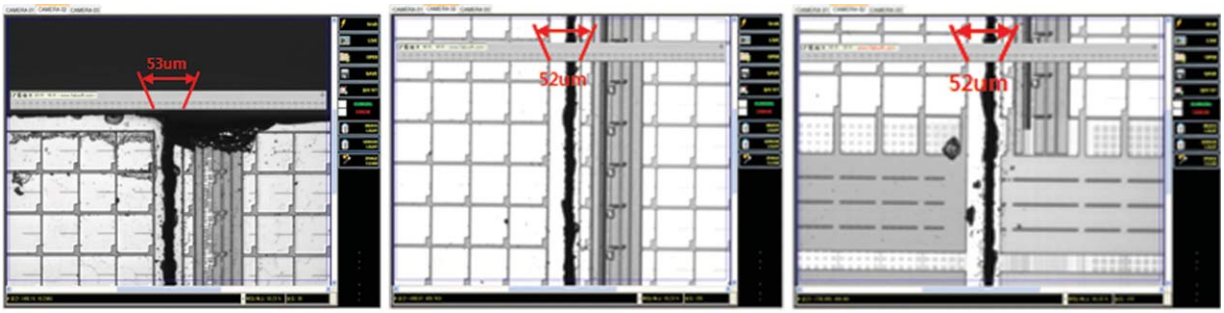
기준 센서로 선정된 CMOS 이미지 센서를 Fig. 8처럼 기준위치에 로딩하고, 기준 센서 옆에 인접하여 배치되는 CMOS 이미지 센서를 분석 결과를 통해 Fig. 9처럼 로딩한 후, 2개의 CMOS 이미지 센서를 일정하게 정렬하기 위해 X, Y 보정 및 Theta 보정 절차를 수행한다. 가상의 정렬선을 기준으로 픽셀 정렬과 간격 정렬을 실시하여 두 CMOS 이미지 센서를 정밀하게 정렬한다.

결과 및 논의

실험을 위하여 3-Tr 구조로 능동 픽셀을 설계하여 8인치 웨이퍼에 단일 최대 크기인 85 mm × 170 mm 사이즈로 3방향에서 조합이 가능하도록 CMOS 이미지 센서를 제작하였고, 제작된 CMOS 이미지 센서를 활용하여 2배 이상의 크기로 대면적화 하기 위한 정밀 정렬 검사 방법을 제시하였다. 제시한 정밀 정렬 검사 프로그램을 이용하여 각각의 CMOS 이미지 센서에 대한 측정 위치별 간격 및 다이싱 형태 등의 정보들을 획득하고 분석함으로써 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈 구현을 위한 CMOS 이미지 센서의 조건 등을 검토하였다.

기준 센서로 선정된 임의의 CMOS 이미지 센서를 기준으로 인접하여 배치되는 CMOS 이미지 센서를 픽셀 정렬과 간격 정렬을 정밀하게 정렬하여 마치 단일 최대 크기의 이미지 센서 형태처럼 성능을 유지할 수 있는 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈을 구현하였다.

대면적 CMOS 이미지 센서 모듈로 구현된 2개의 CMOS 이미지 센서 사이의 갭은 영상 처리를 위한 결함



(a) (b) (c)

Fig. 10. Alignment of the pixel line and gap of image sensors. (a) upper (b) center (c) lower.

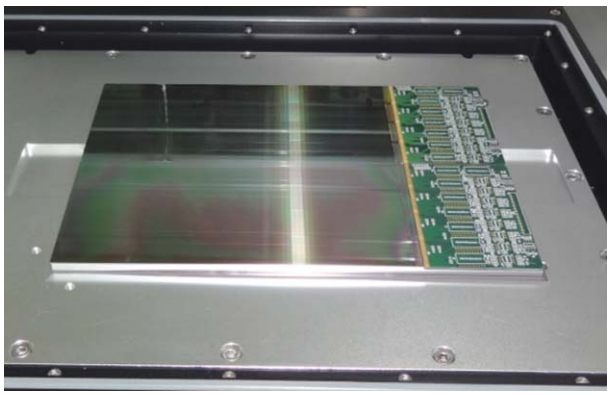


Fig. 11. Implementation of large area CMOS image sensor module.

픽셀의 보정이 가능하도록 1픽셀 크기 이하로 정밀하게 정렬하였다. 정렬된 이미지 센서 모듈의 상부, 중앙 및 하부의 정렬 간격 이미지를 각각 Fig. 10에 나타내었고, 정렬된 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈을 구현하여 Fig. 11에 나타내었다.

구현된 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈의 크기는 PCB 사이즈를 제외하고 170 mm × 170 mm이고, 픽셀 사이즈는 55 μm × 55 μm, 화소수는 3,072 × 3,072이다. 2개의 CMOS 이미지 센서 모듈 사이의 간격은 1픽셀 크기 이하로 정렬하였다.

결 론

본 연구에서는 8인치 웨이퍼에 단일 최대 크기인 85 mm × 170 mm 사이즈로 3방향에서 조합이 가능한 CMOS 이미지 센서를 설계하고 단일 CMOS 이미지 센서 모듈을 제작하였다. 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈을 구현하기 위해 단일 CMOS 이미지 센서 모듈을 정밀하게 정렬할 수 있도록 이미지 센서의 픽셀 어레이의 기준점으로부터 최외곽 절단면까지 직선거리로 얼마만큼 떨어져 있는지를 비전으로 검사하여 데이터를 획득할 수 있는 정밀 정렬 검사 프로그램을 제안하였으며, 제안된 정밀 정렬 검사 프로그램을 이용하여 획득된 정보를 분석하고 조합 방법을 검토함으로써 대면적 의료용 진단기기 및 산업용 비파괴 검사 장비에 적용할 수 있는 170 mm × 170 mm 사이즈의 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈을 구현하였다.

따라서 본 논문에서 제안하는 CMOS 이미지 센서의 정밀 정렬 검사 프로그램을 이용하여 대면적 이미지 센서를 구현함으로써 의료 분야, 산업 분야 등 다양한 분야에서 필요로 하는 대면적 사이즈의 이미지 센서 패키징에 적용할 수 있고, 아울러 대면적 CMOS 이미지 센서 모듈 패키징 시스템의 가격 경쟁력을 확보하여 대면적 이미지 센서 시장의 수입 대체 효과와 관련 산업군의 고용 창출 등의 기대를 예상할 수 있다.

사 사

본 논문은 2013년 전라북도에서 시행한 '산학연핵심기술개발 및 사업화지원사업(과제번호: 나노솔텍 2013하C28) 및 미래창조과학기술부에서 주관하는 방사선기술개발사업(grant code: 2010-0026094)으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Bigas M, Cabruja E, Forest J and Salvi J. 2006. Review of CMOS Image Sensors. *Microelectron. J.* **36**:433-451.

Farrier M, Achterkichen TG, Weckler GP and Mrozack A. 2009. Very Large Area CMOS Active-Pixel Sensor for Digital Radiography. IEEE Trans. Electron Devices.

Heo SK, Kosonen J, Hwang SH, Kim TW, Yun S and Kim HK. 2011. 12-inch-wafer-scale CMOS Active-Pixel Sensor for Digital Mammography. in Proc. SPIE:79610O.

Korthout L, Verbugt D, Timpert J, Mierop A, Haan W, Maes W, Meulmeester J, Muhammad W, Dillen B, Stoldt H, Peters I and Fox E. 2009. A Wafer-scale CMOS APS Imager for Medical X-ray Applications. in Proc. International Image Sensor Workshop.

Scheffer D. 2007. A Wafer scale Active Pixel CMOS Image Sensor for generic X-ray Radiology. in Proc. SPIE:65100O.

Turchetta R, Guerrini N and Sedgwick I. 2011. Large Area CMOS Image Sensors. *JINST* **6**(1): C01099.

Yole Report. 2012. Status of the CMOS Image Sensor Industry.

Yuichiro Y, Hidekazu T, Shin K, Keisuke O, Masato F, Satoshi H, Taikan K, Sakae H, Genzo M and Shunsuke I. 2011. A 300 mm Wafer-Size CMOS Image Sensor with In-Pixel Voltage-Gain Amplifier and Column-Level Differential Readout Circuitry. IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers(ISSCC):408-410.

Manuscript Received: December 5, 2014
Revised: December 29, 2014
Revision Accepted: December 30, 2014