

Integrated Machine Vision을 이용한 LED Die Bonder 검사시스템

조용규¹, 하석재¹, 김종수¹, 조명우^{2*}, 최원호³
¹인하대학교 기계공학과, ²인하대학교 기계공학부, ³우리 ATEC

LED Die Bonder Inspection System Using Integrated Machine Visions

Yong-Kyu Cho¹, Seok-Jae Ha¹, Jong-Su Kim¹, Myeong-Woo Cho^{2*}
and Won-Ho Choi³

¹Department of Mechanical Engineering, Inha University

²Division of Mechanical Engineering, Inha University

³Wooree ATEC. Co. LTD

요 약 LED 칩 패키징에서 다이 본딩은 분할된 칩을 리드 프레임에 고정시켜 칩이 이후 공정을 견딜 수 있도록 충분한 강도를 제공하는 중요한 공정이다. 다이본딩 공정 중에서, 측정 단계는 정확한 에폭시 토출 위치 지정과 충분한 강도를 가지고 접합할 수 있도록 다이가 정확한 위치에 놓여있는지 상태를 결정하는데 있어 매우 중요하다. 본 연구에서는 LED 다이 본딩을 위한 머신 비전 기반의 측정 시스템을 개발하였다. 제안된 시스템에서 에폭시 토출과 어태칭 상태 검출을 위해 각각 2개의 카메라를 사용하였다. 제안된 측정 시스템에 새로운 비전 알고리즘을 적용하였고, 실험을 통해 본 알고리즘의 효율을 검증하였다. 비전 알고리즘을 이용하여 측정된 위치 오차는 X:-29 μ m, Y:-32 μ m, 회전오차는 3도 이내 인 것을 확인할 수 있었다. 결론적으로 제안된 머신 비전 기반의 측정 시스템을 통해 개발된 다이 본딩 시스템의 향상된 성능을 확인하였다.

Abstract In LED chip packaging, die bonding is a very important process which fixes the LED chip on the lead frame to provide enough strength for the next process. During the process, inspection processes are very important to detect exact locations of dispensed epoxy dots and to determine bonding status of dies whether they are lies at exact positions with sufficient bonding strength. In this study, a useful machine vision based inspection system is proposed for the LED die bonder. In the proposed system, 2 cameras are used for epoxy dot position detection and 2 cameras are used for die attaching status determination. New vision processing algorithm is proposed, and its efficiency is verified through required field experiments. Measured position error is less than X:-29 μ m, Y:-32 μ m and rotation error:3° using proposed vision algorithm. It is concluded that the proposed machine vision based inspection system can be successfully implemented on the developed die bonding system.

Key Words : Die bonder, Inspection system, LED chip package, Machine vision

1. 서론

LED(Light Emitting Diode)는 순방향으로 전압을 가했

을 때 발광하는 반도체 소자로 휴대폰의 액정표시 소자, 교통신호등, 자동차 부품, 모니터, TV와 같은 가전제품 등 많은 분야에서 다양한 용도로 사용되고 있다[1]. LED

본 논문은 지식경제 기술혁신사업(신성장동력장비경쟁력강화사업)의 일환으로 수행중인 'LED 패키지 In-line 자동화 시스템 개발' 과제 연구비 지원으로 수행됨.

*Corresponding Author : Myeong-Woo Cho(Inha Univ.)

Tel: +82-32-860-7306 email: chomwnet@inha.ac.kr

Received April 3, 2013

Revised May 27, 2013

Accepted June 7, 2013

는 광변환 효율이 높고 소비전력이 적어 소형화, 경량화에 유리하며 수명이 반영구적이라는 장점을 가지고 있어 출력과 효율향상 방법, 제조방법 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 이러한 LED 칩 제작은 기판 위에 화합물 반도체를 성장시키는 웨이퍼 제조공정, 노광, 현상, 식각을 통해 전극을 형성하고 개별 칩으로 절단하는 칩 제조공정, 제조된 칩과 리드(lead)를 연결하고 빛이 최대한 외부로 방출되도록 만들어주는 패키징(packaging) 공정, 제작된 개별 LED 소자를 하나의 모듈(module)로 제작하는 모듈화 공정을 거치게 된다[3]. 그중 패키징 공정은 외부 환경으로부터 LED 칩을 보호하고 열에 의한 LED 효율 저하와 관련이 있기 때문에 매우 중요하고 LED 칩 제작의 핵심기술로 인식되고 있다.

LED 칩의 제조를 위한 일반적인 패키징 공정은 웨이퍼에 형성된 칩의 양부를 검사하는 웨이퍼 검사공정, 웨이퍼를 절단하여 날개로 분리된 칩을 리드 프레임(lead frame)에 부착시키는 다이 본딩(Die Bonding) 공정, 다이에 구비된 접촉 패드와 리드 프레임의 리드를 와이어로 연결시키는 와이어 본딩(Wire bonding) 공정, 다이의 내부회로와 그 외의 구성 부품을 보호하기 위해 봉지재로 외부를 감싸는 몰딩(Molding) 공정, 리드와 리드를 연결하고 댄바(Damper)를 커팅하는 트림공정 및 리드를 원하는 형태로 성형시키는 포밍(Forming) 공정을 거치게 된다. 이 중에서 다이 본딩 공정은 리드 프레임 또는 PCB (Printed circuit board)에 접착제를 도포하고, 이렇게 접착제가 도포된 부위에 분할된 칩(Die)을 부착시키는 공정으로, 칩이 이후 공정에서 견딜 수 있는 충분한 강도의 접착력을 갖도록 칩을 고정시키고, 칩으로부터 발생하는 열을 방출시키기 위해 적절한 열전도도 및 전기전도도를 부여하는데 있어 매우 중요한 공정이다[4], [Fig. 1]에 LED chip 제조를 위한 통상적인 다이 본딩 공정을 나타내었다[5].



[Fig. 1] Typical die bonding process for LED chip fabrication.

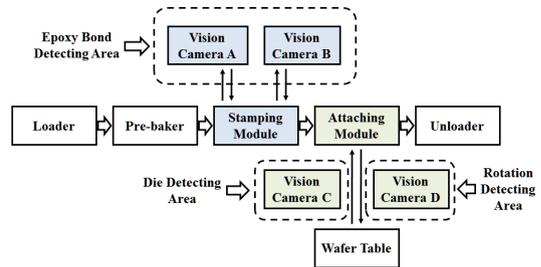
이러한 공정에서 접착제가 정확하게 도포되고 그 위에 다이가 정확하게 안착되었는지의 검사공정은 공정효율과

제품의 신뢰성 향상에 매우 중요한 공정이라 할 수 있다. 기존의 다이 본딩 검사장치는 도포된 접착제의 위치를 기판의 옛지값을 토대로 찾아내기 때문에 공정수율은 높을 수 있지만 다이 본딩의 정확도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 또한, 기존의 방법은 다이의 본딩 상태를 검사할 때도 비전을 통해 다이의 위치와 각도만을 검사하기 때문에 다이가 제대로 접착제에 붙었는지 여부는 알 수 없어 공정의 신뢰도가 떨어지게 되는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 기존의 문제점을 해결하기 위하여 다이 본딩에서 기판에 도포된 접착제의 위치를 검사하고, 해당 접착제에 본딩된 다이의 안착 여부를 검사하여 공정 효율을 높이고 제품 신뢰성을 확보할 수 있는 다이 본딩 검사장치를 개발하였으며, 실제 실험을 통하여 그 효용성을 검증하였다.

2. Die bonding system

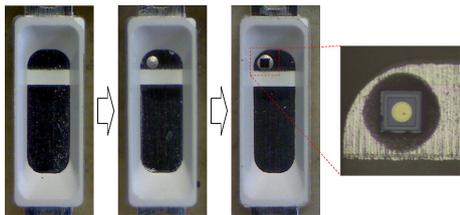
본 연구에서 개발된 LED Die bonding system의 개요를 [Fig. 2]에 나타내었다.



[Fig. 2] A schematic diagram of the developed LED die bonding system.

그림에서 보는 바와 같이 다이 본딩은 로더(Loader), 프리베이커(Pre-baker), 스탬핑 장치(Stamping module), 어태칭 장치(Attaching module), 웨이퍼 테이블(Wafer table) 및 언로더(Unloader)로 구성되어 있다. 매거진(Magazine)에 적재된 기판이 레일을 통해 프리베이커에 공급되면, 프리베이커는 다이가 기판에 접착될 수 있도록 접착제의 작용에 적합한 온도로 기판을 가열한다. 스탬핑 장치는 프리베이커로부터 가열된 기판을 전달받아 다이가 접착될 위치에 접착제를 도포하고, 어태칭 장치는 접착제 도포 작업이 완료된 기판에 다이를 접착시킨다. 이때, 접착되는 다이는 웨이퍼 테이블로부터 어태칭 장치로 공급되고, 다이 접착이 완료된 기판은 언로더에 의해 수

거된다[6]. [Fig. 3]에 접착제 스탬핑 공정과 다이 어태칭 단계를 사진으로 나타내었다. 여기에서 어태칭 장치는 다이를 웨이퍼로부터 떼어내는 픽업동작과 떼어낸 다이를 접착제가 도포된 부위에 접착시키는 접착동작을 각각 수행하게 된다. 통상적으로 어태칭 장치에는 접착제가 도포된 기관의 엣지(Edge)를 찾아 다이가 본딩될 위치를 찾아내고, 본딩된 다이의 안착 여부를 검사하는 다이 본딩 검사 장치가 설치되어 있다. 이 다이 본딩 검사장치에서 출력되는 엣지값을 토대로 다이를 정확하게 접착제의 위치에 본딩하게 되고, 또한 다이가 제대로 본딩되었는지 검사할 수 있다[7].

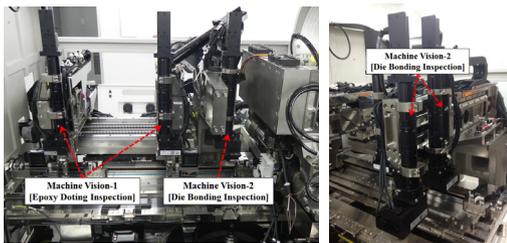


[Fig. 3] Epoxy stamping and die attaching procedures.

3. Inspection system using machine visions

3.1 시스템 구성

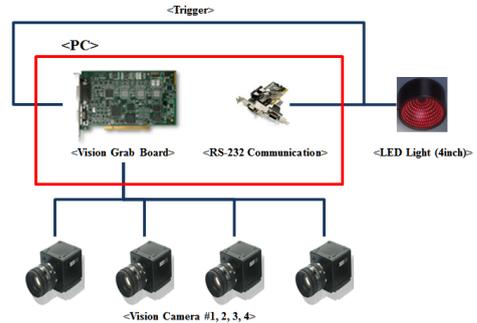
[Fig. 4]에서 보는 바와 같이 개발된 다이 본더에는 신속하고 정확한 검사를 위하여 4개의 비전 카메라가 사용되었다.



[Fig. 4] Machine vision cameras for inspection implemented on the developed die bonder.

카메라 A와 B는 스탬핑 모듈에 설치되어 있으며, 도포된 접착제의 상태 및 위치를 검사하는 기능을 수행한다. 카메라 C와 D는 어태칭 모듈에 설치되어 정확한 다이의 안착위치 판별과 접착된 다이의 이상 유무를 검사하는 기능을 수행한다. [Fig. 4]에 개발된 다이 본더에 설

치된 비전 시스템 사진을 나타내었으며, 카메라 연결 개념도는 [Fig. 5]에, 사양은 [Table 1]에 각각 나타내었다.



[Fig. 5] Machine vision cameras.

[Table 1] Specification of the machine vision unit

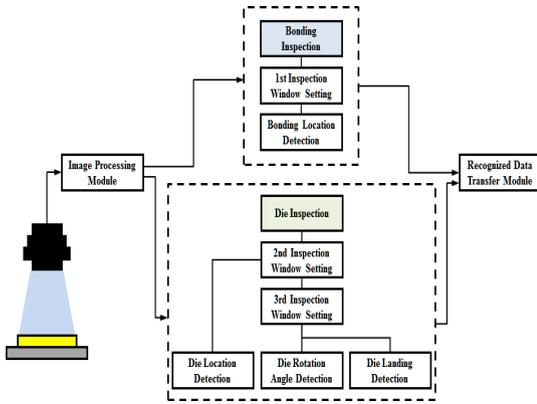
No	Camera	Light (Bond & Wafer)
1	- Maker: CREVIS (MV-BV30A)	- Maker: LVS (Bonding&Wafer Light)
2	- CCD Size: 1/3" - Effective Pixels: 659(H)×494(V) - Pixel Size: 7.4μm×7.4μm - Max. Frame Rates: 60Frames/sec - Mount: C Mount	- Voltage: 24V DC - Connector type: 3P(1:+, 2:NC, 3:-)

3.2 Die bonder 검사 방법

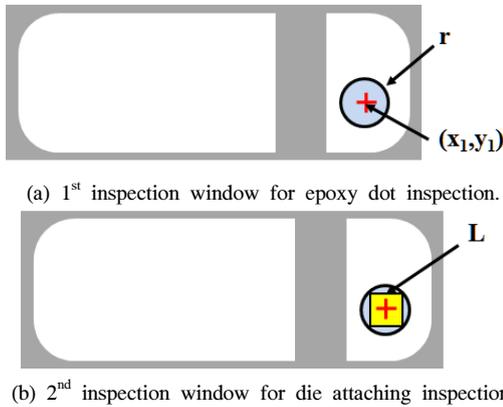
[Fig. 6]은 본 연구에서 사용된 비전 검사방법을 설명하기 위한 개요도이며, 각각에 대한 설명은 다음과 같다.

3.2.1 접착제 검사부

- 접착제 탐색부: 영상처리부로부터 이진화된 기관 이미지를 전달받고 명암차를 이용해 해당 기관 이미지에서 접착제가 차지하는 영역을 검출한다.
- 제 1검사영역 설정부: 탐색된 이미지 내의 접착제 영역에 대하여 원 형태의 검사영역을 설정한다.
- 접착제 위치 판독부: 제 1검사영역의 중심지점에 대한 중심 좌표값을 이미지 내에서 계산하고, 계산된 중심 좌표값을 판독 데이터 전달부로 전달한다. 계산된 좌표값은 판독 데이터 전달부를 통하여 다이 본더의 어태칭 모듈에 전달되어 다이가 접착제에 정확히 안착되도록 한다. ([Fig. 7](a) 참조)



[Fig. 6] A schematic diagram for bonding and die inspection procedures using machine vision system.

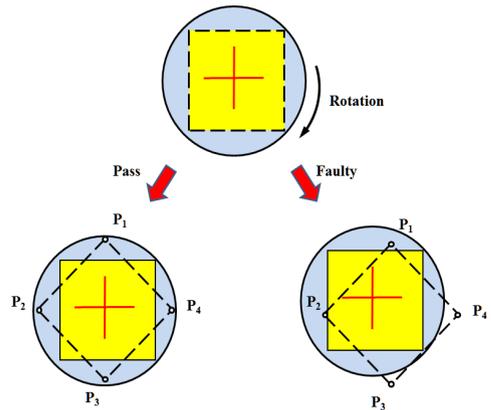


[Fig. 7] Epoxy dot and die attaching inspection methods.

3.2.2 다이 검사부

- 다이 탐색부: 영상처리부로부터 이진화된 기판 이미지를 전달받고 명암차를 이용해 해당 기판 이미지에서 다이를 검출한다.
- 제 2 검사영역 설정부: 탐색된 이미지 내의 다이에 대하여 안착된 다이를 검사할 수 있는 소정 크기의 제 2 검사영역을 설정한다. 통상 기판 상의 접착제에 안착되는 다이는 일정한 크기의 사각형 형태를 가지게 되므로 제 2 검사영역의 크기는 대상 다이의 크기에 따라 최적화시킨다.
- 다이위치 판독부: 제 2 검사영역의 위치값을 이미지 내에서 산출하고 산출된 위치값을 판독 데이터 전달부로 전달한다. 이에 따라 판독 데이터 전달부는 다이 분더의 어태칭 장치에 해당 위치값을 전달하여 다이가 정확한 위치에 안착하였는지 여부를 확인한다. ([Fig. 7](b) 참조)

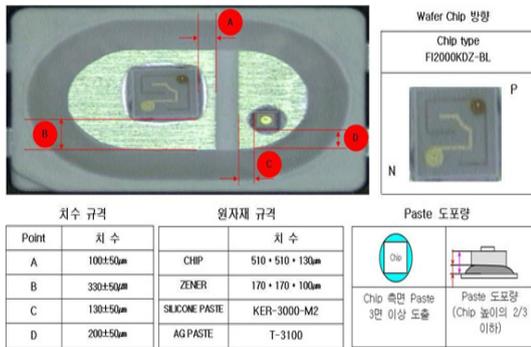
- 제 3 검사영역 변환부: 제 2 검사영역 설정부에서 설정된 검사영역을 45도 회전시켜 마름모 형태의 제 3 검사영역으로 변환한다. ([Fig. 8] 참조)
- 다이 각도 판독부: 제 3 검사영역 설정에 따라 해당 제 3 검사영역이 비틀어져 있는지 여부를 판독해 그 결과를 다이 부착각도 판별 데이터로서 판독 데이터 전달부로 전달한다. 다이 각도 판독부는 제 3 검사영역의 4군데 꼭지점 중 상하 꼭지점을 연결한 선과 좌우 꼭지점을 연결한 선이 이미지 내 X축 또는 Y축과 교차하는지 여부를 통해 다이 부착각도의 비틀어짐 여부를 판별한다.
- 다이 안착 판독부: 제 3 검사영역 변환부의 제 3 검사영역 설정에 따라 해당 제 3 검사영역의 상하좌우 4 곳에 접착제가 차지하는 영역이 적어도 3 곳 이상 존재하는지 여부를 판단해 해당 다이가 접착제에 안착되었는지 여부를 판독하고 그 결과를 판독 데이터 전달부로 전달한다.



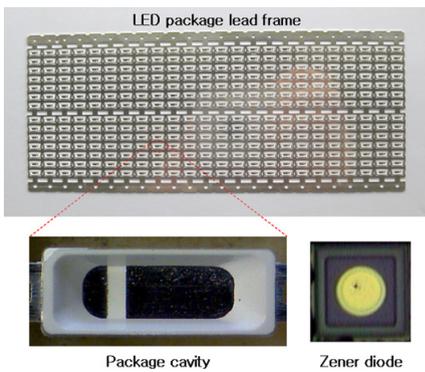
[Fig. 8] 3rd inspection window for die attaching status inspection.

4. 실험 및 고찰

개발된 Die Bonding System에서 에폭시 Doting 공정 및 Bonding 공정의 위치정밀도 평가를 위한 검사항목은 [Fig. 9]와 같으며, 평가에 사용한 리드프레임의 크기는 144×50mm이고 Zener diode chip (150×150×100μm)을 사용하였으며 ([Fig. 10] 참조), Doting 공정에 사용한 에폭시는 T-3100 제품을 사용하였다.

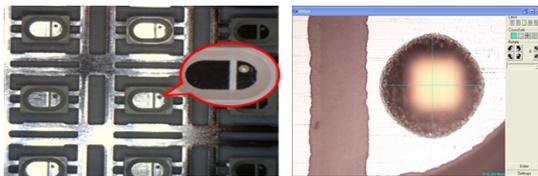


[Fig. 9] Inspection items for die bonder.



[Fig. 10] Lead frame for LED fabrication.

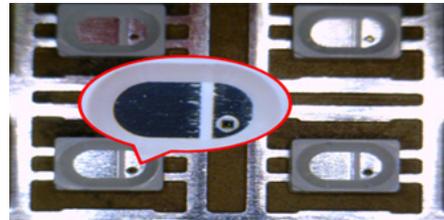
Twin Stamping Head를 이용한 에폭시 Doting의 검사에서는 에폭시 Doting 후 3D 전자 현미경으로 기준점에서 에폭시가 Doting 된 면적의 중심점까지의 거리를 측정하고 Stamp 지령 위치와의 편차를 측정하였다. 검사 결과 에폭시 Doting 면적은 약 0.28~0.31mm(본딩 후 면적) 이고 에폭시 Stamp의 위치오차는 좌측 Stamp의 경우 X:-19μm, Y:-20.5μm 이고 우측 Stamp의 경우 X:-18μm, Y:-20.5μm로 확인되었다. [Fig. 11]은 Die Bonding System에서 Twin Stamping Head를 이용하여 에폭시를 Doting 한 후에 확대경 및 3D 전자 현미경을 이용하여 분석한 사진이다.



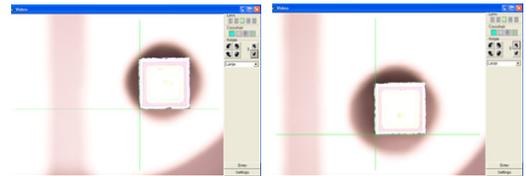
[Fig. 11] Measured results using a 3D microscope.

에폭시 Doting 후 공정으로 Die Bonding 공정에서의 검사결과는 앞선 공정 검사와 동일하게 3D 전자 현미경

으로 기준점에서 제너다이오드의 위치까지 거리와 지령 위치와의 편차를 측정하였다. 3D 전자 현미경으로 분석한 결과 리드프레임과 제너다이오드의 바닥면까지 에폭시 수지가 균일하게 도포된 것을 확인할 수 있었고, 부착된 제너다이오드의 위치오차는 X:-29μm, Y:-32μm, 회전오차는 3도 이내 인 것을 확인할 수 있었다. [Fig. 12]는 확대경으로 촬영한 사진을 나타내며, [Fig. 13]은 Bonding 후 3D 전자현미경으로 부착된 제너다이오드의 회전오차를 측정하는 것이다.



[Fig. 12] Zener diode inspection results after die bonding.



[Fig. 13] Measured rotation errors of an attached Zener diode.

5. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) LED 제조공정에서 중요한 위치를 차지하고 있는 die bonding system을 개발하는 데 있어 접착제의 도포 상태 및 위치, 다이의 안착 상태를 머신비전에 의해 효율적으로 검사하는 시스템 개발을 목적으로 수행되었다.
- 2) 기존의 다이 본딩 검사 장치와는 다른 새로운 검사 방법을 제안하였으며, 제안된 방법에 대하여 시스템 제작 및 실험을 통하여 그 효용성을 검증하였다.
- 3) 제안된 LED die bonder 검사 시스템은 공정효율과 검사 신뢰도의 향상에 효과적인 것으로 판단되었다.

References

- [1] M. Fan, M. Liang, D. Guo, F. Yang, L. Wang, G. Wang and J. Li, "Color Filter-less Technology of LED Back Light for LCD-TV," *Proc. SPIE*, Vol. 6841, pp. 68410G1-68410G6, 2007
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.760045>
- [2] J. R. Ryu, "The Improvement for Performance of White LED chip using Improved Fabrication Process", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 13, No. 1, pp. 329-332, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.1.329>
- [3] B. C. Gather, A. Kohnen, A. Falcou, H. Becker and K. Meerholz, "Solution-Processed Full-Color Polymer Organic Light-Emitting Diode Displays Fabricated by Direct Photolithography", *Advanced Functional Materials*, Vol. 17, pp. 191-200, 2007
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/adfm.200790007>
- [4] H. H. Kim, S. H. Choi, S. H. Shin, Y. K. Lee, S. M. Choi and S. Yi, "Thermal Transient Characteristics of Die Attach in High Power LED PKG", *Microelectronics Reliability* Vol. 48, pp. 445-454, 2008
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2007.08.009>
- [5] S. J. Ha, Y. K. Cho, M. W. Cho, K. C. Lee, W. H. Choi, "Process Capability Optimization of a LED Die Bonding Using Response Surface Analysis", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 13, No. 10, pp. 4378-4384, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.10.4378>
- [6] Y. K. Cho, J. W. Lee, S. J. Ha, M. W. Cho and W. H. Choi, "A Study on the Computational Design and Analysis of a Die Bonder for LED Chip Fabrication", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 13, No. 8, pp. 3301-3306, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.8.3301>
- [7] J. Li, Z. Zou and F. Wang, "The Design of Machine Vision System in Flip-chip Bonder", 7th International Conference on Electronics Packaging Technology, pp.1-7, August, 2006

조 용 규(Yong-Kyu Cho)

[정회원]



- 2010년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 2012년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>
Maskless Lithography

하 석 재(Seok-Jae Ha)

[정회원]



- 2006년 2월 : 서울산업대학교 금형설계학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>
마이크로 절삭 모니터링, 마이크로 생산 시스템

김 종 수(Jong-Su Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정, (주)QMC 연구소장

<관심분야>
Maskless Lithography, 마이크로 생산 시스템

조 명 우(Myeong-Woo Cho)

[정회원]



- 1983년 2월 : 서울대학교 기계설계과 (공학사)
- 1985년 8월 : 서울대학교 기계설계과 대학원 (공학석사)
- 1985년 9월 ~ 1989년 8월 : 한국생산성본부 자동차 사업부 전문위원
- 1989년 9월 ~ 1992년 2월 : University of Illinois (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 1997년 1월 : 대우전자 시스템 사업부 부장
- 1997년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

CAD/CAM/CAI, 마이크로 생산 시스템, 머신 비전

최 원 호(Won-Ho Choi)

[정회원]



- 1992년 2월 : 동서울대학교 기계공학과 (전문학사)
- 1992년 7월 ~ 1999년 11월 : 에스제이 엔지니어링
- 2005년 2월 ~ 2007년 3월 : (주)알티에스 FA사업부 개발팀장
- 2009년 10월 ~ 현재 : (주)우리 ATEC 연구소장

<관심분야>

LED packaging, CAD/CAE, 금형 및 FA 부분