Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 18, No. 5 pp. 674-680, 2017

https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.5.674
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

Maskless Lithography system을 이용한 TSP 검사 용 micro bump 제작에 관한 연구.

김기범*, 한봉석, 양지경, 한유진, 강동성, 이인철
인하대학교 기계공학과

A study of fabrication micro bump for TSP testing using maskless lithography system.

Ki-Beom Kim*, Bong-Seok Han, Ji-Kyung Yang, Yu-Jin Han, Dong-Seong Kang, In-Cheol Lee
Department of Mechanical Engineering, Inha University

요 약 본 논문은 현재 개인 휴대기기 및 대형 디스플레이 장비의 제어에서 폭넓게 사용되고 있는 터치스크린 패널 (TSP; Touch Screen Panel)의 정상 작동 유무를 확인하기 위한 micro bump 제작 기술에 관한 연구이다. 터치스크린 패널은 감압식, 정전식 등의 여러 가지 방식이 있으나 지금은 편리성에 의하여 정전식 방식이 주도하고 있다. 정전식의 경우 해당하는 좌표의 접촉에 따라 전기적 신호가 변화하게 되고, 이를 통하여 접촉 위치를 확인할 수 있으며 따라서 접촉 위치에 따른 전기 특성 검사가 필수적이다. 검사공정에서 TSP의 모델이 변경됨에 따라 새로운 micro bump를 제작이 및 검사 프로그램의 수정이 필수적이다. 본 논문에서는 새로운 micro bump 제작 시 mask를 사용하지 않아 보다 경제적이며 변화에 대응이 유연한 maskless lithography 시스템을 이용하여 micro bump 제작 가능성에 대하여 확인하였다. 이를 위하여 제작되는 bump의 pitch에 따른 전기장 간섭 시뮬레이션을 진행하였으며, maskless lithogrphy 공정을 적용하기 위한 패턴 이미지를 생성하였다. 이후 MEMS 기술에 해당하는 PR(Photo Resist) 패터닝 공정에서 노광(Lithography) 공정 및 현상(Developing) 공정을 통하여 PR 마스크를 제작한 후 electro-plating 공정을 통하여 micro bump를 제작하였다.

Abstract Touch Screen Panel (TSP) is a widely used personal handheld device and as a large display apparatus. This study examines micro bump fabrication technology for TSP test process. In the testing process, as TSP is changed, should make a new micro bump for probing and modify the testing program. In this paper we use a maskless lithography system to confirm the potential to fabricatemicro bump to reducecost and manufacturing time. The requiredmaskless lithography system does not use a mask so it can reduce the cost of fabrication and it flexible to cope with changes of micro bump probing. We conducted electro field simulation by pitches of micro bump and designed the lithography pattern image for the maskless lithography process. Then we conducted Photo Resist (PR) patterning process and electro-plating process that are involved in MEMS technology to fabricate micro bump.

Keywords : Touch screen panel, Micro bump, Probing, Maskless lithography, Electro-plating

1. 서론

터치스크린 패널(TSP, Touch Screen Panel)은 영상 표시장치 등의 화면에 나타난 지시 내용을 사람의 손 또는 stylus 등으로 선택하여 사용자의 명령을 입력할 수 있도록 한 입력 장치로 그 편리성과 직관성 덕분에 다양

이 논문은 2017 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015R1A2A2A01005811)
*Corresponding Author : Ki-Beom Kim(Inha Univ.)
Tel: +82-32-860-7306 email: inhakimkb@inha.edu
Received February 28, 2017 Revised (1st March 31, 2017, 2nd April 14, 2017)
Accepted May 12, 2017 Published May 31, 2017

한 디스플레이 및 휴대용 개인기기에 적용되고 있다. [1,2]

터치스크린 패널은 접촉된 부분을 감지하는 방식에 따라 저항막 방식, 정전 용량 방식, 표면 초음파 방식, 적외선 방식 등이 있다. 이 중 정전 용량 방식은 얇은 전도성 물질이 코팅된 투명 기판을 사용한다.

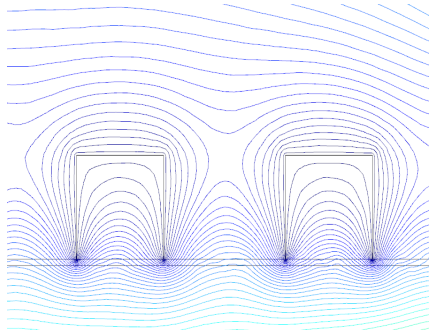
이중 가장 많이 사용되고 있는 정전 용량 방식은 터치스크린 패널의 접촉면에서 접촉 위치를 정확하게 판단하기 위해 X축 좌표 및 Y축 좌표를 인식하는 두 종류의 감지 전극을 가지고 있어, 코팅된 투명 기판의 표면을 터치하면 일정량의 전류가 사용자의 체내에 흡수되며 접촉면의 전류량이 변경된 부분을 인식함으로 터치된 부분을 확인하는 방식이다.

기존 터치스크린 패널 검사에서는 micro bump를 이용하여 검사 영역에 기준 신호를 인가한 후 기준 신호가 인가된 영역의 좌표를 해석하고, 미리 저장된 검사 좌표의 허용치와 비교하여 허용치를 벗어난 경우 해당 터치스크린 패널을 불량으로 판정하는 방식을 사용하고 있다. 이러한 검사 방법에서 터치스크린 패널 모델이 변경되면 원래 입력된 패널의 검사 좌표 및 데이터를 변경해야 하므로 새로운 micro bump 제작 및 검사 장치 자체의 프로그램 변경이 필요하다. [3～5]

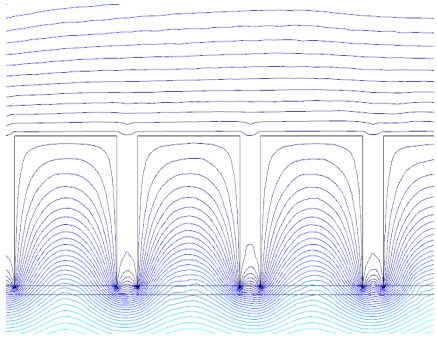
본 논문에서는 터치스크린 패널의 변경 시 요구되는 새로운 micro bump 제작과 관련하여 Maskless Lithography 시스템을 이용하여 마이크로 패턴을 형성시키고 Electroplating 공정을 이용하여 Bump 증착을 수행하였다.[6]

2. Micro bump Simulation

Micro Bump Probing 제작을 위해 본 연구에서 제작하고자하는 Pitch 간격에 대해 전기적인 안정성에 대한 검증을 수행하였다. 전기적 안정성 평가는 Micro Bump Probing 간격에 따른 전자기장 시뮬레이션을 통해 분석하였다.



(a) 120㎛



(b) 60㎛

Fig. 1. Simulation results of Micro bump electronic filed.

3. Lithography experiment

전기장 해석을 바탕으로 패드 간격이 120㎛에 대하여 Micro Bump Probing에 대한 설계 및 제작을 수행하였다. Micro Bump Probing 패턴은 Maskless Lithography의 Pixel 크기(12.7㎛)를 고려하여 설계하였으며, pitch 간격에 따른 제작 특성을 분석하기 위해 Fig.2와 같이 패턴 이미지를 생성하였다.

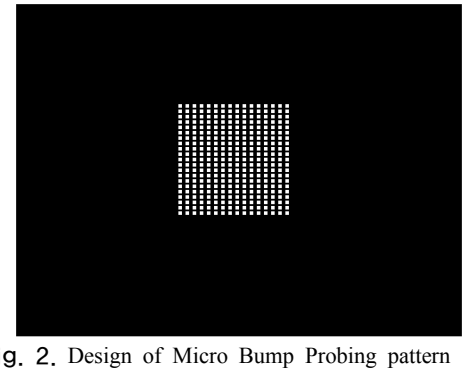


Fig. 2. Design of Micro Bump Probing pattern

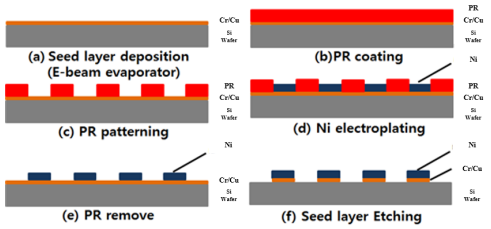


Fig. 3. Micro bump fabrication process

노광 공정을 이용한 micro bump 제작 공정은 Fig.3과 같이 일련의 과정을 통하여 제작된다. 먼저 PR(Photo Resist)을 spincoater를 이용하여 대상이 되는 Si wafer에 균일하게 코팅 한다. 이후 용도에 따른 노광 이미지 생성 및 노광 공정을 통하여 PR patterning을 진행한 후 니켈을 도금 공정을 통하여 bump로 제작하게 된다. bump의 높이가 일정 높이가 되게 되면 PR을 제거하여 micro bump를 제작하게 된다. 보다 높은 정밀도 및 품질을 갖는 micro bump를 제작하기 위해서는 그림에서와 같이 seed later 공정이 추가된다. 본 논문에서는 maskless lithography 시스템을 통한 micro bump를 제작하기 위하여 정밀 패턴 생성이 가능한 AZ4620(AZ Electronic Materials, France)을 사용하였는데 기판과의 접착력을 증가시키기 위해 HMDS를 이용하여 표면 처리 후 Photoresist를 20㎛의 두께로 Spin Coating하여 노광 및 현상 공정을 진행하였다. Fig.4는 PR 패터닝 공정에 사용된 Maskless Lithography 시스템을 나타내고 있다.

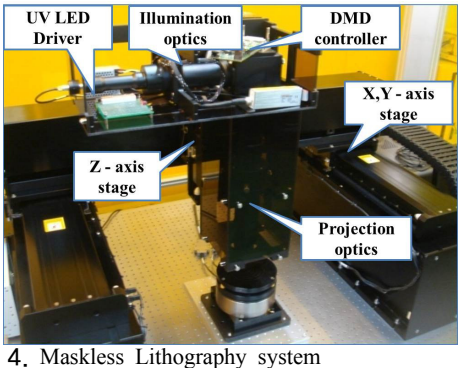


Fig. 4. Maskless Lithography system

미세 패턴 제작을 위해 개발된 LDI 장비의 주요 구성으로는 DMD, DMD Controller, 광 조사 광학계, 프로젝션 광학계로 되어 있으며, 노광을 위한 광원으로 355±5nm 영역의 UV 레이저를 사용하였다.

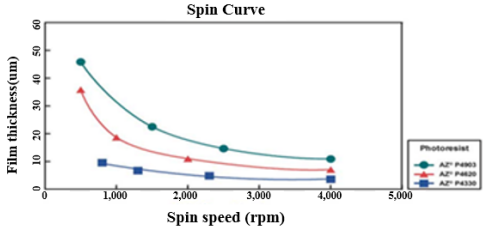
일반적인 레이저 빔 프로파일은 가우시안 분포의 균일하지 않은 에너지 밀도를 가지기 때문에 광축 방향에서의 빛의 강도는 강하고 광축에서 멀어질수록 빛의 강도가 감소하고 Photoresist 상에 조사 시 노광면의 위치에 따라 상이한 패턴을 형성하게 되므로 Flat-top 형상과 같은 균일한 에너지 밀도를 유지시킬 필요가 있다. 광 조사 광학계는 Fly-eye lens를 이용하여 가우시안 분포의 에너지 밀도를 균일한 에너지 밀도를 유지시켜주는 기능을 수행한다.

DMD(Digital Micromirror Device)는 LDI 노광 시스템의 핵심이 되는 부품으로 하나의 피치 간격이 13.68㎛인 1024×768개의 미세 거울로 구성된 Texas Instrument 사의 DLP(Digital Light Processing) Chip을 사용하였고, DLP Chip의 제어를 위해 DLI 사의 Discovery 1100/3000 모델 및 독일 Vialux 사의 ALP 보드를 통합한 Controller를 사용하였다.

프로젝션 광학계는 DMD에서 반사된 이미지 패턴을 갖는 분할된 미세한 광원이 직진 광이 되어 노광 면에 조사 될 수 있도록 광원의 왜곡을 방지하기 위해 텔레센트릭(Telecentric) 구조로 설계되어 있고, 여러 개의 렌즈를 사용하여 각 렌즈의 수차 특성을 서로 상쇄시켜 원하는 형태의 상을 만들도록 하였다.

Micro Bump Probing 제작을 위한 기초 단계로 노광 및 현상 공정의 최적화에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구에서 사용된 AZ4620의 spin coating 속도에 따른 Coating 두께는 Fig.5. 와 같이 형성되며 본 논문에서는 코팅 두께 10㎛ 수준을 위하여 코팅 속도를 3000rpm으로 설정하였다.

(a) Spin coater

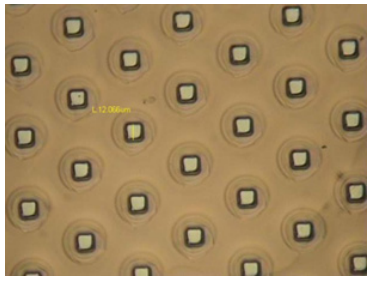


(b) Film Thickness

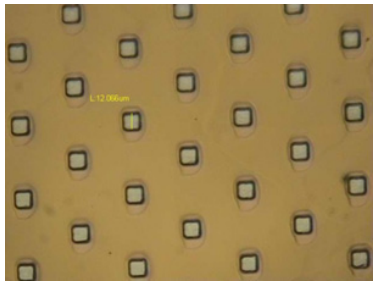
Fig. 5. Film thickness by rotation speed

최적의 노광 조건 선정을 위해 노광 에너지에 따른 패턴 형성에 대한 분석을 수행하였다. Table 1.은 노광 에너지에 따른 패턴 형성 실험 조건이며 Fig.6. 는 노광 에너지에 따라 생성된 패턴이다. 1000mJ/cm2과 1250mJ/cm2의 경우 Photoresist의 노광 에너지 부족으로 인해 패턴이 완전히 형성되지 않았으나 1500mJ/cm2의 경우 정밀 패턴이 생성됨을 알 수 있다. 그러나 2000mJ/cm2의 경우 노광 에너지의 과다로 인해 설계된 패턴보다 폭이 증가되었고 패턴 균일도 또한 저하됨을 알 수 있다. 따라서 최적의 노광 에너지 조건으로 1500mJ/cm2로 선정하여 Bump 패턴 제작을 수행하였다.

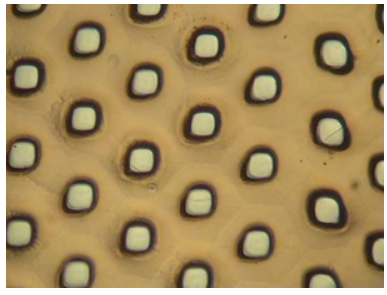
선정된 노광 에너지 조건을 이용하여 현상 시간에 따른 패턴 생성 특성을 분석하였다. Table 2.는 현상 시간에 따른 패턴 형성 실험 조건이며 Fig.7. 은 현상 시간에 따라 생성된 패턴이다. 1min의 경우 현상이 완벽하게 되지 않아 노광된 패턴의 바닥면에 Photoresist가 남아 있게 되는데 이는 도금 공정을 방해하는 요인으로 작용한다. 3min의 경우 정밀한 패턴이 형성됨을 확인하였고 5min 이상이 되면 Over develop으로 인해 패턴의 크기가 증가하고 균일도 또한 저하됨을 알 수 있다. 따라서 Micro Bump Probing 제작을 위해 3min을 최적의 현상 시간으로 선정하였다.



(b) 1250mJ/cm2



(c) 1500mJ/cm2

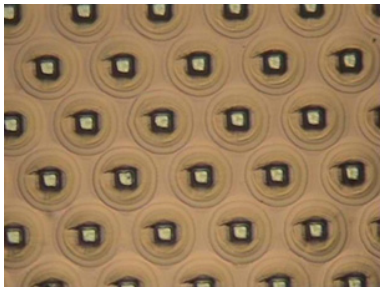


(d) 2000mJ/cm2

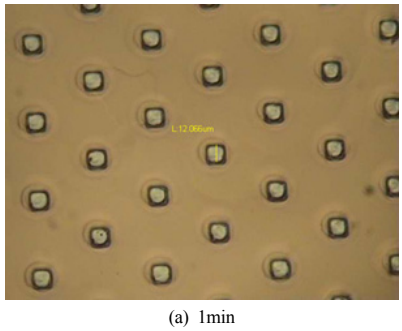
Fig. 6. Pattern by lithography energy

Table 1. Experiment by lithography enegey

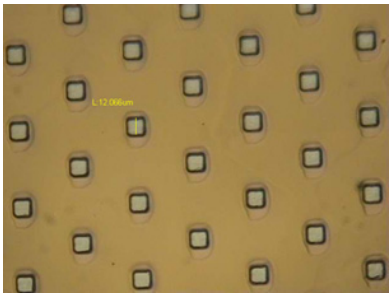
Energy[mJ/cm2]	1000, 1250, 1500, 2000
Developer	AZ-400K
Temperature	25°
Time	3min



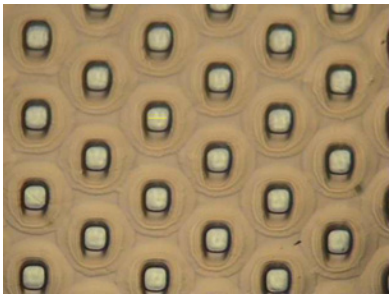
(a) 1000mJ/cm2



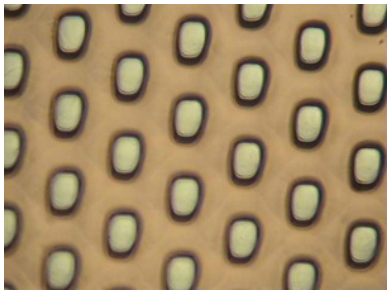
(a) 1min



(b) 3min



(c) 5min



(d) 7min

Fig. 7. Pattern by developing time

Table 2. Experiment by developing time

Energy [mJ/cm2]	1500
Developer	AZ-400K
Temperature	25°
Time	1, 3, 5, 7min

4. Electro-plating experiment

전기도금은 도금을 하는 금속을 양극에 위치하고, 도금이 되어 지는 대상을 음극에 위치하여 산화, 환원 반응을 통하여 대상물 표면에 해당 금속을 코팅하는 것을 의미한다. 고밀도 전해도금을 통해 증착되는 금속은 기계적 강도가 우수하고 내부식성이 뛰어난 Nickel을 선정하였다. Nickel의 증착을 위한 전해용액은 Table 3.와 같고 증착되는 Nickel의 잔류응력을 개선시키기 위해 Saccharin을 첨가하였고 미세 전류 제어를 통해 고정밀 전해도금 가공 조건을 분석하였다. Fig.8. 은 Nickel 전해도금의 개략도를 나타낸다.

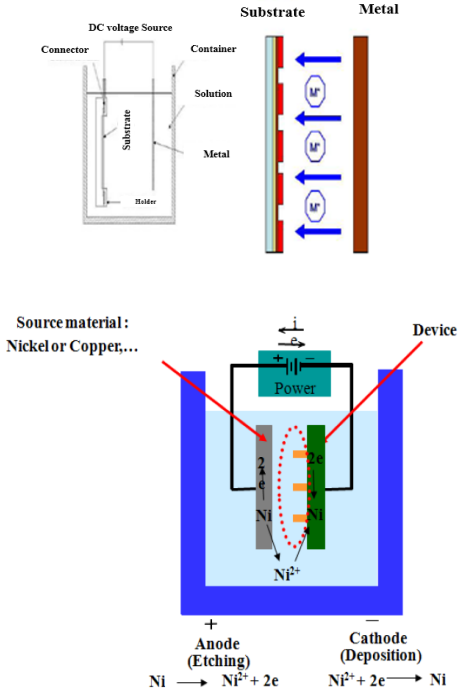


Fig. 8. Electro-plating of Nickel

Table 3. Composition of Ni electroplating solution

Material	Weight
Nickel Sulfate ($NiSO_4 6H_2O$)	200g
Nickel Chloride ($NiCl_2 6H_2O$)	5g
Boric Acid (H_3BO_3)	25g
Saccharin	3g
DI H_2O	1000ml

다수의 Nickel Micro Bump 간 높이의 균일성을 위해 전해도금 시 Sample을 시간에 따라 회전하여 전류를 공급하였고 이를 통해 전체 도금 영역에 대해 균일한 전류를 인가하였다. Fig.10. 는 전해도금 시간에 따른 Micro Bump Probing 증착 높이를 측정한 결과와 프로파일 측정 결과이다. 그림에서 보이듯이 전기도금 시간에 따라 약 0.088um/min의 비율로 선형적으로 bump의 높이가 증가하는 것을 확인할 수 있으며 이를 통하여 micro bump 제작 시 높이 제어에 대한 가능성을 확인할 수 있었다.

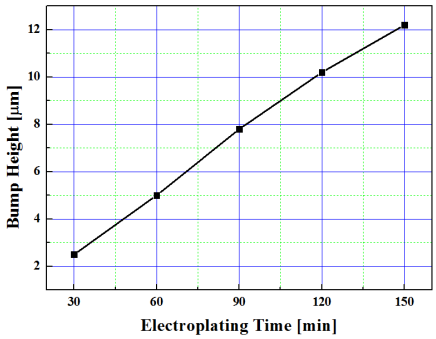


Fig. 9. Electro-plating height by time

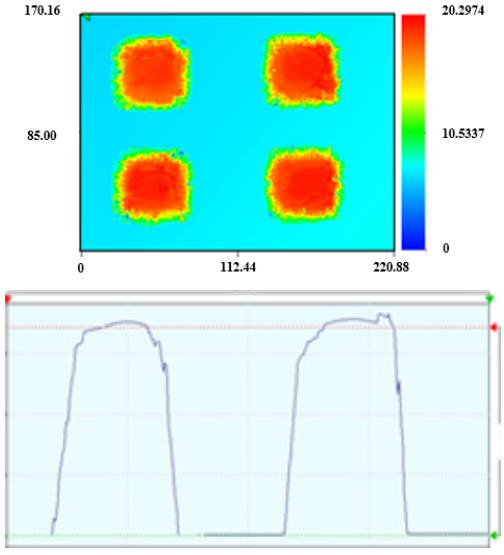


Fig. 10. Result of Micro Bump height(150min)

그림.10에서 보이듯이 PR높이에 해당하는 10㎛ 까지는 micro bump의 형상이 유지 되나 이후 에는 불규칙한 모습을 보이게 된다. 이는 10㎛까지는 PR이 도금공정에서 마스크 역할을 수행할 수 있으나 그 이후에는 불규칙 하게 도금이 되는 형상을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 maskless lithography 시스템을 이용하여 TSP probing 검사에 사용되는 micro bump 제작에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 micro bump의 pitch에 따른 전기장 시뮬레이션을 진행하였고 전기장의 간섭을 고려하여 micro bump pitch를 120㎛로 하여 lithography 공정에 사용되는 패턴 이미지를 생성하였다. Maskless lithography 시스템을 이용하여 micro bump 제작을 위한 기초 실험으로 노광 에너지에 따른 패턴닝 특성을 분석하여 최적 노광 에너지를 1500mJ/cm2 로 설정하였다. 또한 현상 시간에 따른 패터닝 특성을 분석하여 최적 패터닝 시간으로 3min을 설정하여 패터닝 공정을 수행하였다. 이후 시간에 따른 electro-plating 실험을 통하여 micro bump의 높이와 시간의 선형적인 상관관계를 확인하였으며 3차원 형상측정기를 이용하여 micro bump를 측정하여 그 형태를 확인하였다.

이를 통하여 maskless lithography 시스템을 이용하여 TSP 검사용 micro bump 제작 가능성을 확인하였다. 이후 TSP 검사를 위해 제작된 micro bump에 대한 전기적 특성에 대한 분석 및 실제 측정을 통한 타당성 검증이 필요하다.

References

[1] Y. K. Cho, T. H. Han, S. J. Ha, J. W. Lee, J. S. Kim, S. M. Kim, M. W. Cho, “Fabrication of Passive Micromixer using a Digital Micromirror Device-based Maskless Lithography System”, International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing, Vol. 15, No. 7, pp. 1417-1422, July, 2014.
DOI: https://doi.org/10.1007/s12541-014-0485-8

[2] S. W. Yoon, K. T. Kang, W. K. Choi, H. T. Lee, “3D TSV Micro Cu Column Chip-to-Substrate/Chip Assembly/Packaging Technology”, International Wafer Level Packaging Conference, Nov. 2012.

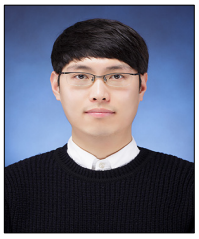
[3] N. Xiang, H. Yi, K. Chen, S. Wang, Z. Ni, “Investigation of the maskless lithography technique for the rapid and cost-effective prototyping of microfluidic devices in laboratories”, Journal Of Micromechanics And Microengineering, Vol. 23, 2013.

[4] M. Seo, H. Kim, M Park, “Maskless Lithographic Pattern Generation System upon Micromirrors”, Computer-Aided Design & Applications, Vol. 3, No. 1-4, pp. 185-192, 2006.
DOI: https://doi.org/10.1080/16864360.2006.10738455

[5] J. K. Luo, M. Pritschow, A. J. Flewitt, S. M. Spearing, N. A. Fleck, W. I. Milne, “Effects of Process Conditions on Properties of Electroplated Ni Thin Films for Microsystem Applications”, Journal of The Electrochemical Society, Vol. 153, No. 10, pp. 155-161, 2006.
DOI: https://doi.org/10.1149/1.2223302

[6] M. Manna, M Dutta, “Effect of prior electro or electroless Ni plating layer in galvanizing and galvannealing behavior of high strength steel sheet”, SURFACE & COATING TECHNOLOGY, vol. 316, pp. 48-58, 2016
DOI: https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.12.067

김 기 범(Ki-Beom Kim) **[정회원]**



- 2013년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 통합과정

<관심분야>
생산 자동화, 정밀 가공, 노광 공정

한 유 진(Yu-Jin Han) **[정회원]**

- 2017년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 박사과정

<관심분야>
마이크로 생산 시스템, 연삭

한 봉 석(Bong-Seok Han) **[정회원]**

- 2017년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 박사과정

<관심분야>
생산 자동화, 정밀 가공

강 동 성(Dong-Seong Kang) **[정회원]**

- 2015년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>
연마, 마이크로 생산 시스템

양 지 경(Ji-Kyung Yang) **[정회원]**

- 2010년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 박사과정

<관심분야>
연삭, 정밀가공, 금형부품

이 인 철(In-Cheol Lee) **[정회원]**

- 2009년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 박사과정

<관심분야>
가공, 자동화 생산 시스템