

LED 검사장비용 탐침의 특성 규명

심희수^a, 김선경^{b*}

Characterization of Probe Pin for LED Inspection System

Hee-Soo Shim^a, Sun Kyoung Kim^{b*}^a Department of Product Design and Manufacturing Engineering, Seoul Nat'l Univ. of Sci. and Tech.,
232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea^b Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul Nat'l Univ. of Sci. and Tech.,
232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 August 2015
Revised 11 November 2015
Accepted 25 November 2015

Keywords:

LED inspection system
Probe pin
Micro-vickers hardness
Plating

ABSTRACT

A probe pin is a key component of LED inspection equipment. The probe pin makes contact with the LED electrodes and supplies an electric current. Because the mechanical and electrical homogeneity of the probe surface affects the service life and reliability, its characterization is essential. For this study, the hardness was measured using a micro-Vickers hardness test. Moreover, the thicknesses of the plating at different locations and the elemental compositions were examined using an FE-SEM. The uniformity of the plating was found to be acceptable because palladium was detected consistently throughout the tested domain. In addition, the hardness of the surface was determined to be higher than that of the typical palladium range, which is attributed to the use of undercoated nickel.

1. 서론

현재 발광다이오드(LED: light emitting diode) 검사장비 시장은 SMD(surface mount device) 형태의 BLU(black light unit) 용 패키지 검사장비를 중심으로 해외장비가 주류를 이루고 있다^[1]. 또한 LED시장은 BLU와 조명용 LED를 중심으로 규모가 확대되고 있으며, 고출력 LED의 연구개발에 따른 제품의 양산화가 진행되고 있다. 이러한 시장 규모 확대와 새로운 제품의 양산화에 맞춰 고속 및 고신뢰성 검사장비의 보급이 대두되고 있다^[2]. LED에 대한 조명 특성, 방열, 공정에 대한 연구는 꽤 많이 이루어졌으나 공정에 대한 연구는 미비한 상황이다^[3-5].

본 연구에서 특성을 규명하고자 하는 탐침(probe pin)은 탐지체

(probe block)를 구성하는 부품으로 탐지체는 절연체, 탐침, 인장 스프링으로 구성되어 있다. 탐침은 LED 소자와 접촉하여 검사장비 시스템으로부터 인가된 전압을 공급하고, 전압의 편차 값을 통해 소자의 재현성을 평가한다. 이때, 신뢰성 있는 검사를 위해서는 탐침의 기계적 및 전기적 균질도가 매우 높게 요구된다^[6].

현재까지 탐침은 구부러진 날 형상인 블레이드 방식(blade type)^[7]과 바늘형상인 니들 방식(needle type)^[8]으로 연구가 진행되어 왔으며 이 밖에도 1967년에 Holm은 전극과 탐침의 안정적인 접촉을 위해 필요한 힘에 대한 연구^[9]와 이중 로듐 도금층을 갖는 탐침을 제작하여 기계적 및 전기적 특성에 대한 연구^[10], 탐침 끝에 백금, 로듐과 같은 백금족 원소로 도금하여 내구성을 향상시키는 연구^[11] 등 탐침의 특성과 제작에 관련된 연구가 활발하게 진행되

* Corresponding author. Tel.: +82-2-970-6394

Fax: +82-2-976-5173

E-mail address: sunkkim@seoultech.ac.kr (Sun Kyoung Kim).

어 왔다.

탐침의 수명을 향상시키고, 정확한 LED 검사를 위해서는 탐침의 기계적 물성 및 표면의 균질도에 대한 신뢰성이 확보되어야 한다. 앞서 언급했듯이 탐침은 반도체 소자와 반복적으로 접촉하여 검사를 진행하기 때문에 탐침의 경도가 지나치게 크면 LED 소자의 패드가 손상될 수 있고, 경도가 낮으면 피로하중으로 인해 탐침의 수명이 짧아 질 수 있으므로 경도 측정은 중요하다^[12]. 또한 표면층인 도금층의 두께는 전기전도율과 표면 저항과 밀접한 관련이 있으므로 도금층의 적절한 두께가 확보되어야 하며, 소자와 직접 접촉하는 부위의 표면이 불균질할 경우, 전압이 소자에 불균일하게 공급되기 때문에 표면층의 균질도 평가 역시 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 베릴륨동 소재를 모재로 하여 팔라듐으로 도금한 탐침의 기계적 물성과 표면의 균질성 평가 및 도금층의 두께를 측정하여 UPH(units per hour) 즉, 시간당 생산대수가 18 K 이상의 고속 LED 검사장비에서의 사용 가능성을 판단하였다.

2. 실험

2.1 탐침제작

탐침은 베릴륨동 판재에 팔라듐으로 도금한 후 와이어컷 방전가공(wire-cut electric discharge method)을 이용하여 Fig. 1과 같은 형상을 가공한 후 열처리하는 방법으로 제작되었다. 탐침의 전

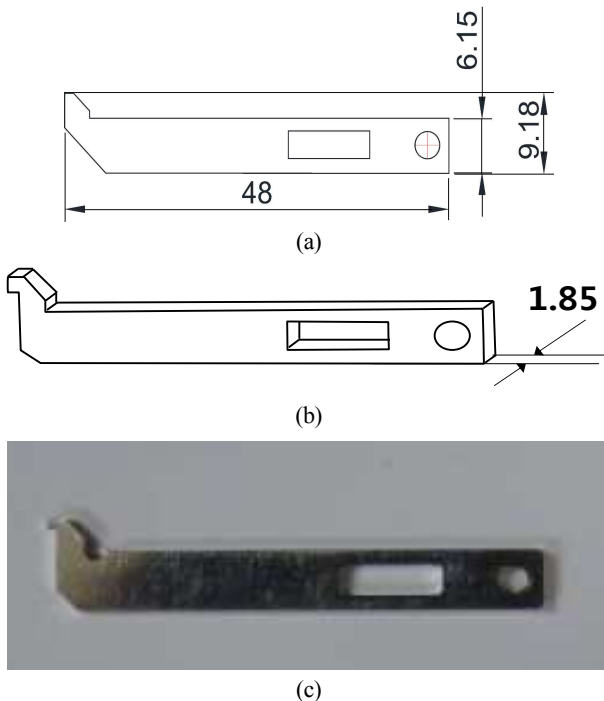


Fig. 1 Dimensions and appearance of manufactured probe pin: (a) The plane of probe pin, (b) A three-dimensional drawing of the probe pin, (c) Manufactured probe pin

체 길이는 48.00 mm, 폭 9.18 mm, 두께 1.85 mm이다. 보통 탐침은 베릴륨동 소재를 모재로 하여 표면을 텅스텐으로 도금처리 하는 방법으로 제작하나 텅스텐으로 도금할 경우 비중과 경도가 높아져 가공이 어려우며, 백금족 원소로 도금한 것에 비해 내구성이 낮아 지게 된다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 2와 같이 베릴륨동 소재를 모재로 하여 강도를 확보하고 동시에 백금족 원소인 팔라듐으로 도금 처리하였다. 팔라듐 도금은 표면의 부식과 변색을 방지하고, 마모특성을 개선한다^[13,14]. 또한 모재와 도금층의 밀착력을 증대시키기 위해 니켈을 이용하여 하지 도금을 실시하였다.

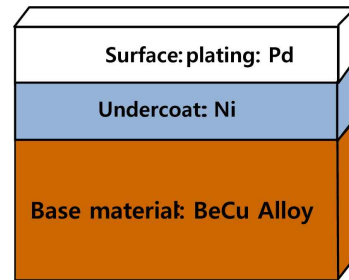
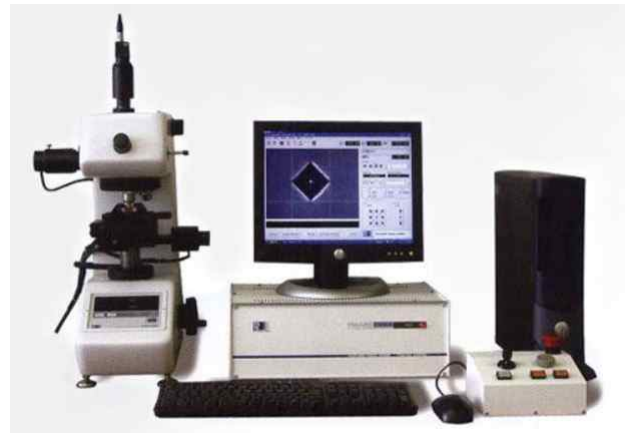


Fig. 2 Material structure of the probe pin



(a) Micro-Vickers hardness tester



(b) Field emission scanning electron microscope

Fig. 3 Experiment equipment

2.2 경도 측정

표면 내구성을 측정하기 위해 경도 측정을 진행하였다. 경도 측정에는 로크웰 경도계(rockwell hardness tester), 브리넬 경도계(brinell hardness tester), 마이크로 비커스 경도계(micro-vickers hardness tester) 등이 사용된다. 본 연구에서는 얇은 도금 층의 경도를 측정하므로 Fig. 3의 (a)와 같이 마이크로 비커스 경도계(Hitachi, HM-124)를 이용하였다.

마이크로 비커스 경도계의 경도 기호는 HV로 표현된다. HV는 대면각 136°의 피라미드형 다이아몬드 압입자가 Fig. 4와 같이 재료 표면에 오목부를 만들었을 때, 시험하중(F)와 압입된 대각선의 평균길이(d), 압입자 형상에 의존하는 상수 1.8544로부터 $HV = 1.8544F/d^2$ 를 이용하여 구한다^[15].

시험 하중은 2.94 N(300 gf)으로 ASTM E-384-05에 따라 수행하였으며^[16] 일관성을 유지하기 위해 동일 시험자가 경도값을 측정하였다. 일반적으로 마이크로 비커스 경도 측정 시, 동일한 시편에서도 그 값이 측정 위치에 따라 변동성이 존재한다^[17]. 따라서 동일한 시편으로 5회씩 측정을 진행하였으며, 가압시간(duration time)은 지정하지 않는 한 10초에서 15초로 하는 원칙에 따라 15초로 수행하였다.

2.3 표면과 단면의 관찰 및 성분분석

표면의 균질도 확인과 표면 및 단면의 성분분석을 위해 Fig. 3의 (b)와 같은 전계방사형주사현미경(JEOL Ltd. JSM-6700F, field emission scanning electron; 이하 FE-SEM)을 이용하였다. FE-SEM관찰 시 in-lens 타입의 SE(secondary electron) 디텍터를 사용하였으며, 가속 전압은 20.0 kV으로 진행하였다.

성분분석지점은 표면의 경우 Fig. 5와 같이 평탄한 지점 1과 불순물로 추정되는 지점 2에 대하여 관찰하였다. 단면의 경우 z-방향 절단 후, 최종적으로 표면을 2000번 사포로 연마를 하여 관찰 및 분석이 용이하게 표면을 준비하는 과정을 진행하였다. Fig. 6과

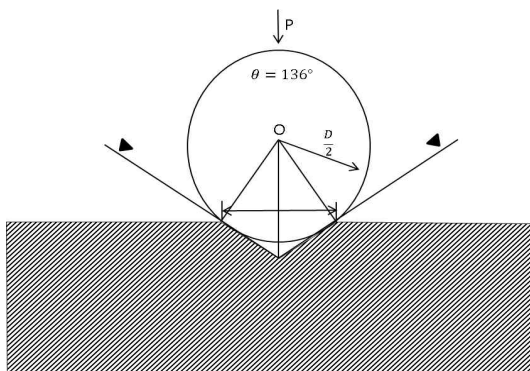


Fig. 4 A schematic diagram of Micro-Vickers hardness measurement

같이 도금층이라고 판단되는 지점 1과 하지 도금층이라고 판단되는 지점 2와 3, 모재층이라고 판단되는 지점 4에서 단면을 관찰하였다.

3. 결과

3.1 경도측정

경도 측정결과를 Table 1에 종합하였으며, Table 1의 D1과 D2는 시편에 마이크로 비커스의 다이아몬드 압자를 압입했을 때 발생한 오목부의 대각선 길이이다. 하중 2.94 N(300 gf)일 때 최소 경도값은 413.9 HV이며, 최대 경도값 431.0 HV, 5회 평균 경도값 423.28 HV로 이는 순수한 팔라듐 도금층의 경도범위 230.0 HV~360.0 HV 보다 매우 큰 경도값을 보이는 것을 알 수 있다. 또한 평균 경도값 423.28 HV는 하지 도금층인 니켈의 경도범위 400.00 HV~550.00 HV와 유사한 값으로 이는 팔라듐 도금층의 두께가 매우 얇아 니켈의 경도값을 반영한 것으로 추정된다. 팔라듐 도금의 원래 목적은 금도금에 준하는 전기적 특성을 확보하면서

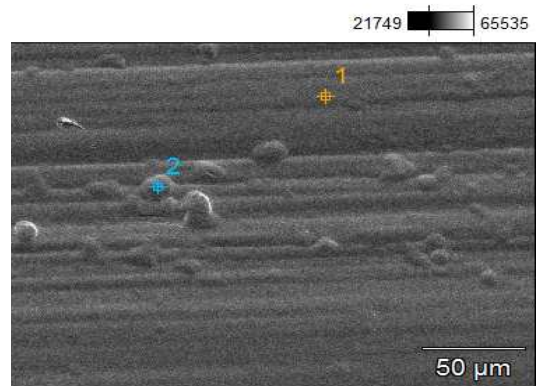


Fig. 5 Surface elemental analysis at Point 1 (a regular flat spot) and Point 2 (impurity suspected point).

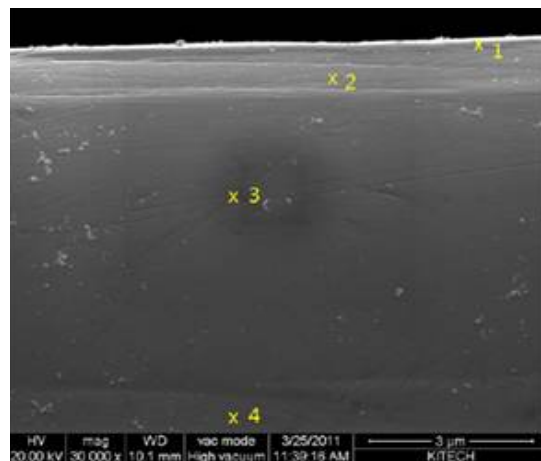


Fig. 6 Sectional elemental analysis

Table 1 The result of the hardness measurement*

Point*	D1 (μm)	D2 (μm)	Hardness (HV)	Average contrast (%)
1	36.11	35.74	431.0	1.82
2	36.47	36.11	422.4	-0.20
3	36.11	35.74	431.0	1.82
4	36.11	36.84	418.1	-1.22
5	37.21	36.11	413.9	-2.22

*The points are irrelevant to the points in the microscopic images.

도 내구성을 갖는 것이다. 우수한 내마모성을 바탕으로 하지도금의 경도를 반영하는 고경도 특성을 나타낼 수 있음을 확인하였다.

3.2 표면과 단면의 성분분석 및 관찰결과

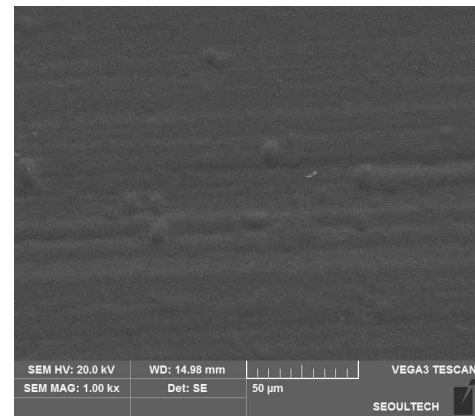
Fig. 7(a)는 Fig. 5의 지점 1과 지점2를 포함하는 영역을 1000배에서 관찰한 결과이다. Fig. 7(b)는 다른 지점의 도금상태를 추가로 관찰한 것이다. 이를 통해 도금 층의 표면이 상당히 거친 것을 볼 수 있다. 이러한 표면의 관찰 상의 거침이 표면 조성의 불균일과 관련이 있는 지 확인할 필요가 있다. 도금 균일성을 확인하기 위해 원소 성분을 분석하여 Fig. 8과 Table 2에 제시하였다. Fig. 8(a)는 Fig. 7의 Point 1에서의 각 성분 에 대한 X선 강도비(intensity ratio)이며, (b)는 Fig. 7의 Point 2에서의 강도비이다.

두 지점 모두 칼륨과 약 3%의 탄소가 검출되었으나 이는 손으로 만져도 나올 수 있는 극소량의 값이므로 무시할 수 있다. 또한 표면의 두 지점 모두 팔라듐, 니켈, 구리, 탄소 순으로 검출되는 것을 확인할 수 있다.

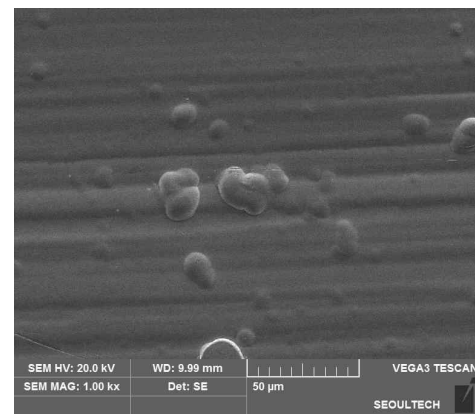
지점 2에서 62.57%로 팔라듐이 제일 많이 검출된 것으로 보아 지점 2는 도금층이다. Fig. 7(b)로 부터 도금 균질도가 충분하지 않은 것을 볼 수 있다. 도금층 표면이 비균질적인 이유로는 전해온도가 높았거나, 전류밀도의 분포가 불균일하기 때문이다.

표면에서 Be는 검출되지 않았는데, 이는 표면에 Be가 노출되지 않았기 때문으로 추정된다. 도금 층의 두께확인을 위해 총 4지점에서 성분분석을 진행하였으며 각 지점에 대한 무게비를 Table 3과 같이 정리하였다.

표면으로부터 0.087 μm 떨어진 지점 1에서는 팔라듐, 니켈, 구리 순으로 검출되는 것을 확인할 수 있다. 지점 1에서 검출되는 하지층의 니켈과 모재층의 구리원소는 팔라듐의 두께가 극히 얇기 때문에 연마과정으로 인한 오차라고 판단된다. 그밖에 팔라듐층은 0.087 μm로 접점관계의 변색방지용 0.05~0.5 μm 기준에는 부합하나 전기 접점용 0.25~0.8 μm에는 못 미치는 것을 확인할 수 있다. 표면으로부터 두께 0.777 μm인 지점 2부터는 팔라듐성분이 검출되지 않았으므로, 그 지점은 도금층이 아니다.



(a)



(b)

Fig. 7 SEM image of the plated surface: (a) Point 1, (b) Point 2

Table 2 The weight ratio of the point1, point2 in Fig. 5

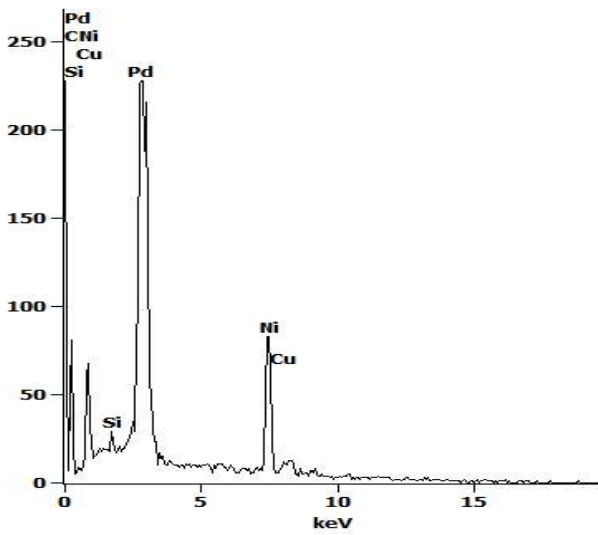
	Weight ratio (wt.%)				
	C	Si	Ni	Cu	Pd
Point1	3.91	0.75	28.27	3.83	63.24
Point2	5.98	-	27.72	3.73	62.57

Table 3 The weight ratio of the section in Fig. 6

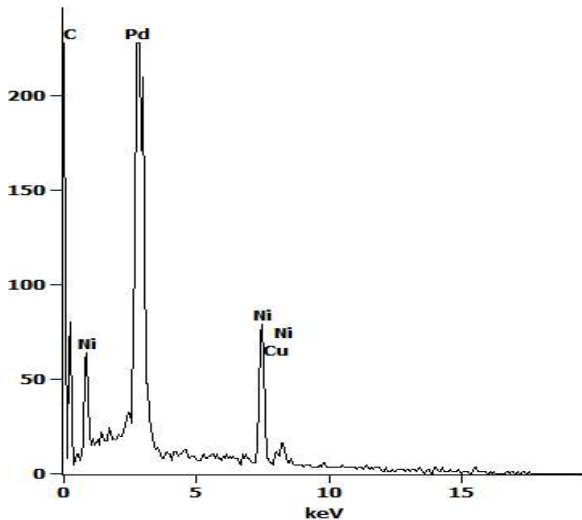
	Weight ratio (wt.%)				Thickness (μm)
	Pd	Ni	Cu	Other	
Point1*	60.0	33.67	6.33	-	0.087
Point2*	-	84.37	6.88	8.75	0.777
Point3	-	91.57	-	8.43	5.52
Point4	-	-	100	-	-

*The points where data were acquired are different from those in Table 2

하지 도금층으로 추정되는 지점 2와 지점 3에서는 니켈이 84.37 wt.%으로 가장 많은 성분을 차지하는 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 표면으로부터 두께 5.52 μm 이상인 지점 4에서는 모재인 구



(a) SEM-EDS spectrum at point 1



(b) SEM-EDS spectrum at point 2

Fig. 8 SEM-EDS spectra at points in Fig. 5

리만 검출되는 것을 알 수 있다. 이 결과를 통해 두께 방향으로 원래 설계된 대로 재료 분포가 나타나는 것을 검증하였다.

도금층은 0.087 μm 이하로 점접관계의 변색 방지용 0.05~0.5 μm 기준에는 부합하나 전기 점접용 0.25~0.8 μm 에는 못 미치는 결과이다. 따라서 전기 도전율과 표면 저항 특성 향상을 위해 도금층의 두께를 0.25 μm 이상으로 해야 할 필요가 있다.

4. 결론

본 연구에서는 UPH가 18K 이상인 고속 LED 검사장치에 사용되는 탐침의 경도 측정과 표면 및 단면의 성분을 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 경도시험 결과의 표준편차는 6.3 HV로 평균치 대비 1.5%

수준으로 상당히 고른 경도 결과를 나타내었다. 경도 측정 결과 도금 결과는 검사과정 중에 신뢰성 문제를 일으키지 않을 것으로 예상된다.

둘째, 실험의 결과를 통하여 최초 탐침의 재료구조가 설계된 대로 구현됨을 확인하였다. SEM-EDS 데이터 분석으로부터 표면에 팔라듐 도금이 적절히 이루어진 것을 확인하였다. 현미경 관찰상의 거친 표면은 원소의 조성과는 큰 관련이 없으므로 탐침의 성능 상의 문제를 일으키지는 않을 것으로 판단된다.

셋째, 실험 결과 탐침의 표면경도는 실제 수입 탐침과 유사한 수준이며, 표면에서 원소 분포가 고른 것으로 나타남에 따라 실제 사용에 문제가 없을 것으로 예상된다.

마지막으로 표면의 현미경적 관찰, 미소경도측정, SEM-EDS 데이터의 확보를 통해, 검사 장비 탐침의 신뢰성을 담보하기 위한 시험을 수행하였다. 향후 개발되는 탐침들에서도 이러한 데이터를 수집하고, 기존의 탐침 수명 데이터와 비교 분석하면 장비 신뢰성을 향상 시키는데 도움이 될 것이다.

후기

이 연구는 2012년도 산학협력력 기업 부설연구소 지원사업과 2014년도 한국 연구재단 중견연구자지원사업(NRF-2014R1A2 A1A11054451)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Lee, S. J., 2013, The Presence of Korea Display Industry and Future Prospect, A Thesis for a Master, Sungkyunkwan University, Republic of Korea.
- [2] Park, S. H., 2011, Fast Edge Detection & Feature Tracking Algorithm for Display Equipment Inspection, A Thesis for a Master, Hanyang University, Republic of Korea.
- [3] Lee, S. W., Lee, C. S., Hyun, D. H., 2013, A Study on Aspheric Optics European LED Streetlights Type for the Prevention of Light Pollution, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 22:3 420-436.
- [4] Yoo, K. S., Lee, C. S., Hyun, D. H., 2014, Investigation of the Angular Distribution of Luminous Intensity in the Symmetric Optical System of a COB LED High Bay, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 23:6 609-617.
- [5] Kim, D. W., Park, C. H., Kim, K. S., Kim, C. S., 2011, Development and Mass Production Potential of a Novel 5-side Photodiode LED Viewing Angle Measurement System, Journal of the Korean Society of

- Manufacturing Technology Engineers, 20:5 623-631.
- [6] Back, H. G., 2008, Nano-materials for Probe Tip of SPM and Improvement of Surface Hardness, A Thesis for a Master, Yonsei University, Republic of Korea.
- [7] Suh, J. Y., 2009, The study on the Development Process of Pogo Probe, A Thesis for a Master, Tongmyoung University, Republic of Korea.
- [8] Lee, S. I., Kim, W. G., Pyo, C. R., Tae, S. K., Son, Y. S., Bang, I. W., Park, G.W., Jeon, B. H., 2010, Micro Multi-layer Probe Pin manufacturing Technology by Electroforming Processes, Journal of the Korean Society for Precision Engineering 27:5 225-226
- [9] Holm, R., 1967, Electrical Contacts: Theory and Application 4th ed., Springer-Verlag, London.
- [10] Park, D. G., Park, Y. J., Lim, S. K., Kim, I., Shin, S. H., Cho, H. C., Park, S. P., Kim, D. W., 2012, Characteristics of MEMS Probe Tip with Multi-rhodium Layer, Journal of the Korean institute of surface engineering, 45:2 81-88.
- [11] Broue, A., Dhennin, J., Charvet, P. L., Courtade, F., Heeb, P., Pons, P., Plana, R., 2010, An Experimental Characterization of Au-, Ru-, Rh- and Ni- Based Micro Contacts for MEMS, Symposium on Design Test Integration and Packaging of MEMS/MOEMS(DTIP), 397-402.
- [12] Ye, G. C., Chae, Y. W., 1999, Corrosion Resistance and Hardness of Tin-Nickel Electrodeposits, 32:4 521-530.
- [13] Martin, J. L., Toben, M. P., Whitlaw, K. J., 1990, Palladium and Palladium Alloy Electrodeposits in the Electronics Industry, Metal Finishing, 88:1 39-41.
- [14] Smith, H. M., 1983, Changing Concepts in the Electroplating of Platinum Group Metals, Metal Finishing, 81:3 55-58.
- [15] Jang, G. S., 2005, Hardness Measurement Method and Understand the Principles, The Korean Fiber Society, 33:1 192-214.
- [16] ASTM, 2005, Standard Test Method for Micro indentation Hardness of Materials, ASTM E384-05, United States.
- [17] Kim, S. J., Kong, Y. S., Lee, S. Y., 2009, Weibull Statistical Analysis of Micro-Vickers Hardness using Monte-carlo Simulation, Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, 33:4 346-352.