



Compliance with New IPC-4552A Requirements for Measurement of Thin Au Plating Thickness in ENIG Coatings on Printed Circuit Boards

As electronic devices have become more prevalent and important to almost everything we do, PCB manufacturers are constantly working to improve the quality and reliability of their products. Devices are becoming smaller, so the PCBs must follow suit. High speed data transfer is now the norm and no longer a luxury. Computers control basically everything around us, and reliability is paramount. PCB manufacturers must adhere to strict guidelines when carrying out quality assurance practices to ensure the electronics will not prematurely fail.

Surface finishes on PCBs are critical to prevent oxidation of the conductive copper layer as well as provide a solderable finish to allow components to be mounted to the board. One of the most popular surface finish involves a process referred to as ENIG. ENIG is a two-layer metallic coating of thin Au over electroless Ni. The IPC Association, which provides guidelines for the electronics industry, has set specific thickness ranges for Au and electroless Ni to achieve peak performance for ENIG coatings. A recent amendment (A) to the ENIG spec IPC-4552 states that the coating layers for rigid PCBs must fall within the following ranges:

- Au: 0.04-0.1um (1.58-3.94uin) with a +/- 3 sigma standard deviation applied
- Ni: 3-6um (118.1-236.2uin)

This recently published amendment, which applies an upper limit to the Au thickness, presents a new challenge for testing methods. XRF is the approved method of testing for ENIG coating thickness, so every company working with ENIG coatings likely already has an XRF instrument in their lab for quality assurance. Many older instruments have technology that simply cannot achieve the measurement precision required to guarantee that the Au layer falls within specification. In those cases where the instrument is incapable of performing, it must be either serviced or replaced.

The IPC has defined a measurement method for determining whether an XRF instrument has the capability of meeting the new specification limits. The method involves performing a Type 1 Gage R&R study using a reference standard that falls within the specified thickness ranges for Au and Ni. Below is an excerpt from the new IPC-4552A publication:



The purpose of performing this study is a test of Gage Capability with respect to repeatability and mean of measurement values for a given tolerance. It is preferred that this study is performed with a calibrated reference standard, with its reference value approximately in the middle of the tolerance field. Without a calibrated reference standard, the Type 1 Gage study only measures repeatability. Bias, a measure of accuracy, becomes invalid.

At defined measurement points the reference standard is to be measured with $n \geq 30$ times under repeatability conditions.

- For measurement criteria with Upper and Lower Specification Limits (USL and LSL);
 $T = USL - LSL$.
- For measurement criteria with only a one-sided specification limit (USL or LSL);
 T is non-existent.

In this case the allowable measurement value lies below $USL - 4s$ or above $LSL + 4s$. The value of the reference standard should be within $\pm 10\%$ of the USL or LSL.

If Gage Capability Indexes are to be calculated, use the following formulas:

The instrument capability is checked thru the C_g and C_{gk} values which are defined as Gage Capability:

$$\text{➤ } C_g = \frac{0.2 \cdot T}{6 \cdot s} \qquad \text{➤ } C_{gk} = \frac{0.1 \cdot T - |\bar{x} - x_m|}{3 \cdot s}$$

T = tolerance, s = standard deviation, x_m = mean of standard, x = mean value measurement
A gage index is considered capable if $C_g \geq 1.33$ and $C_{gk} \geq 1.33$.

For the IPC-4552 Specification: Au_{min} 1.6 μm - max 3.94 μm (0.040-0.100 μm)

$T = 0.060 \mu m$

s needs to be = 1.5 nm to meet C_g of 1.33 = 3.75% COV @ 0.040 μm , 2.1 % COV in middle of Spec @ 0.070 μm . 3 % would be reasonable for a target of 0.050 μm

Failure to meet these target limits may be addressed by taking one or more of the following actions:

- 1) The XRF unit may need to be serviced or in some instances replaced with a more capable unit.
- 2) Verification and recreation of the ENIG calibration file may improve the accuracy of the measurement but will not impact the COV

Bowman offers a variety of XRF instruments that are all fully capable of meeting and exceeding the new IPC specifications. The combination of optimized hardware geometry along with the latest in detector technology provides the full capability of top level performance at relatively short testing times.



인쇄 회로 기판상의 ENIG 코팅에서

얇은 Au 도금 두께 측정을 위한 **새로운 IPC-4552A** 요구 사항 준수

전자 기기가 거의 모든 분야에서 보편화되고 중요 해짐에 따라 PCB 제조업체는 제품의 품질과 신뢰성을 향상시키기 위해 끊임없이 노력하고 있습니다. 장치가 더 작아지고 있으므로 PCB 또한 이를 따라가야 합니다. 고속 데이터 전송은 이제 표준이며 더 이상 사치가 아닙니다. 컴퓨터는 기본적으로 우리 주변의 모든 것을 제어하며 안정성이 가장 중요합니다. PCB 제조업체는 전자 제품이 조기에 고장 나지 않도록 품질 보증을 시행 할 때 엄격한 지침을 준수해야 합니다.

PCB의 표면 처리는 도전성 구리 층의 산화를 방지하고 부품을 보드에 장착 할 수 있도록 납땜 가능한 마감재를 제공하는 데 중요합니다. 가장 보편적 인 표면 처리 중 하나는 ENIG라고 하는 프로세스를 포함합니다. ENIG는 무 전해 Ni 위에 얇은 Au를 2 층으로 코팅 한 금속 코팅입니다. 전자 산업에 대한 지침을 제공하는 IPC 협회는 ENIG 코팅의 최고 성능을 달성하기 위해 Au 및 무 전해 니켈의 특정 두께 범위를 설정했습니다. ENIG 규격 IPC-4552에 대한 최근 개정안 (A)에 따르면 경질 PCB 도금 층은 다음 범위 내에 있어야 한다고 나와 있습니다:

> Au: 0.04-0.1um (1.58-3.94uin) with a +/- 3 sigma standard deviation applied

> Ni: 3-6um (118.1-236.2uin)

Au 두께에 상한선을 적용한 이 최근 개정안은 테스트 방법에 새로운 도전 과제를 제시합니다. XRF는 ENIG 코팅 두께에 대한 승인 된 테스트 방법이므로 ENIG 코팅 작업을 하는 모든 회사는 이미 품질 보증을 위해 실험실에 XRF 장비를 보유하고 있을 가능성이 큼니다. 많은 구형 측정기는 Au 층이 규격 내에 있음을 보장하는 데 필요한 측정 정밀도를 단순히 달성 할 수 없는 기술을 가지고 있습니다. 측정기가 수행 할 수 없는 경우 서비스 또는 교체해야 합니다.

IPC는 XRF 측정기가 새로운 사양 한계를 충족시킬 수 있는지 여부를 결정하기 위한 측정 방법을 정의했습니다. 이 방법은 Au 및 Ni에 대해 지정된 두께 범위 내에 있는 참조 표준을 사용하여 유형 1 게이지 R & R 연구를 수행하는 것을 포함합니다. 다음은 새로운 IPC-4552A 출판물에서 발췌 한 내용입니다.

이 연구를 수행하는 목적은 주어진 허용 오차에 대한 측정 값의 반복성 및 평균과 관련하여 게이지 기능을 테스트하는 것입니다. 이 연구는 교정 된 참조 표준을 사용하여 수행하는 것이 바람직하며 그 기준 값은 대략 공차 필드의 중간에 있습니다. 보정 된 참조 표준이 없다면 Type 1 Gage 연구는 반복성 만 측정합니다. 정확성의 척도 인 Bias(치우침)는 유효하지 않게 됩니다.

표준 시편의 정의 된 측정 지점을 반복성 조건 하에서 반복 측정합니다. (n≥30)

> *Upper and Lower Specification Limits (USL 및 LSL)이 있는 측정 기준의 경우;*

$$T = USL - LSL.$$

> *한쪽의 사양 한도 (USL 또는 LSL) 만 있는 측정 기준의 경우;*

T는 존재하지 않습니다.

이 경우 허용되는 측정 값은 USL의 -4s 이하이거나 LSL의 + 4s 이상입니다. 참조 표준의 값은 USL 또는 LSL의 ± 10 % 이내 여야 합니다.

Gage Capability Indexes를 계산하려면 다음 공식을 사용하십시오:

측정기 성능은 *Cage Capability*로 정의된 C_g 및 C_{gk} 값을 통해 확인됩니다:

$$\rightarrow C_g = \frac{0.2 \cdot T}{6 \cdot s} \qquad \rightarrow C_{gk} = \frac{0.1 \cdot T - |\bar{x} - x_m|}{3 \cdot s}$$

$T = \text{tolerance}$, $s = \text{표준 편차}$, $x_m = \text{표준의 평균}$, $x = \text{평균 측정값}$
만약 $C_g \geq 1.33$ 이고 $C_{gk} \geq 1.33$ 이면, *Gage Index*는 성능을 가졌다고 여겨집니다.

IPC-4552 사양: Au 최소 1.6 μin - 최대 3.94 μin (0.040-0.100 μm)

$T = 0.060 \mu\text{m}$

C_g 가 1.33 이려면, 표준편차(s)는 1.5nm이고 3.75% COV @ 0.040 μm , 2.1% COV @ 0.070um(Spec의 중간)입니다. .050um의 목표에 대해서는 3%가 적당합니다.

이러한 목표 제한을 충족시키지 못하면 다음 조치 중 하나 이상을 취하여 해결할 수 있습니다:

- 1) XRF 측정기를 수리해야 하거나 경우에 따라 더 우수한 장치로 교체해야 할 수도 있습니다.
- 2) ENIG 교정 파일의 검증 및 재생성은 측정의 정확도를 향상시킬 수 있지만 COV에 영향을 미치지 않습니다.

보우만 (Bowman)은 새로운 IPC 사양을 모두 충족하고 초과 할 수 있는 다양한 XRF 장비를 제공합니다. 최적화 된 하드웨어의 기하학적 디자인과 최신 검출기 기술의 결합은 비교적 짧은 테스트 시간에 최상위 성능의 완벽한 기능을 제공합니다.

=====

추가사항:

- 내용의 3.1.1.3에서는 측정기 사양 중 Collimator의 크기를 0.3mm~0.6mm(Ø)로 규정하고 있으며, 측정 시간은 30초 이상으로 측정하여야 한다고 규정하고 있습니다.
- Thickness of the nickel and gold layers shall be measured using X-ray Fluorescence with a mechanical collimator 0.3 mm to 0.6 mm in diameter.
 - The measurement time is dictated by the need to meet passing C_g/C_{gk} values and will be influenced by the type of XRF system and the collimator diameter being used.
 - Measurement times in the 30 seconds or less range have been shown not to be capable of meeting the required specification values regardless of the system being used.

APPENDIX 3는 도금두께측정기의 권장 사양과 제한 사양을 설명하고 있습니다.

내용 중에 PIN 혹은 SDD 검출기의 사용을 권장하며, Proportional Counter Detector(비례 계수 검출기)의 사용을 제한하고 있습니다.

- The minimum measurable thickness for proportional counter detectors is limited due to the strong influence of the PCB base material (Br) and Cu-thicknesses (background signal and peak overlap).

또한, 100 nm 미만의 얇은 도금과 0.2mm 이하의 작은 포인트를 측정할 때에는 Poly-capillary Optics 사양이 필요하다고 명시하고 있습니다.

- For samples with thin coatings (< 100 nm) and small structures (< 0.2 - 0.3 mm) an XRF instrument with semiconductor detector and special X-ray optics (poly-capillary) is required to achieve sufficiently high intensities.