

기판 도금 두께 측정기의 Correlation 평가 Correlation of XRF thickness measuring machine

*# 박진원, 권대현, 윤종민, 성낙윤, 심다미

** J.Park(jinwonpa.park@samsung.com), D.H.Kwon, J.M.Yoon, N.Y.Sung, D.M.Shin

삼성전기 생산기술연구소 생산기술팀

Key words : Gold plating, XRF, thickness measurement, correlation

1. 서론

PCB (Printed Circuit Board) 제작 공정 중에서 기판의 전원을 연결해주는 금속 부분의 부식을 막기 위하여 금도금을 입힌다. 그리고 금도금 공정 이전에 금도금의 부착력을 향상시키기 위하여 니켈 도금을 한다. 이러한 금도금 공정과 니켈 도금 공정은 전기 전도성 향상과 부식 방지에 도움이 되므로 많은 PCB 업체에서 수행되는 공정이다. 도금 두께는 도금의 벗겨짐, 도금 cost 등을 고려하여 적절한 두께로 도금되어야 하므로, 도금 두께 측정은 중요한 측정 공정 중의 하나가 되었다.

도금 두께 측정 방법은 도금 성분이 금속이므로 가시광으로는 측정이 어렵기 때문에 엑스선 영역의 광원을 사용하여 측정한다. 현재 널리 쓰이고 있는 도금 두께 측정 방법에는 습식 분석법, 파괴 분석법, 형광 엑스선법 등이 있다. 습식 분석법은 분석시간이 많이 소요되며, 파괴 분석법은 real time 측정이 어려우므로 비파괴적이면서 측정 시간이 상대적으로 빠른 형광 엑스선법을 많이 이용하고 있다.[1, 2]

형광 엑스선법은 엑스선이 도금층에 입사한 후 도금층에서 방출된 형광 엑스선의 강도를 측정하고, 엑스선의 강도를 두께로 환산하여 도금 두께를 측정하는 방법이다. 도금 두께 측정은 이미 알고 있는 표준 도금 두께 값을 이용하여 실제 측정된 도금의 두께를 상호 비교하여 두께 값으로 환산된다. 단일 성분의 도금 두께를 측정할 때는 측정에 문제가 없지만, 여러 층의 도금이 입혀져 있는 경우에는 도금 층 간의 상호 작용으로 정확한 측정이 어려운 점이 있다.

본 연구에서는 형광 엑스선법을 적용하여 만들어진 상용 설비들의 상관성을 알아보았다. 개발 라인에서 사용 중인 측정기들의 상관성을 검토하여 향후 양산 라인 적용 시 효과적인 장비 관리가 될 수 있는 방안을 모색하고자 한다. 측정 장비의 특성을 고려한 적절한 관리 방안을 찾기 위하여 여러 종류의 도금 두께 시편을 제작하였다. 이 시편들은 측정기의 특성을 분석할 수 있도록 도금 두께를 다양하게 설계 제작된 시편들이다. 형광 엑스선법으로 다층 도금의 두께를 측정할 때 도금 두께와 도금 층의 간격 등의 요인들에 의한 측정기기들간의 측정 값의 차이를 분석하고, 이러한 장비들간의 차이 값들을 최소화 할 수 있는 방안을 대안을 제시하였다.

2. 이론

형광 엑스선법은 도금층에 엑스선을 입사시켰을 때 도금층에서 방출되는 특성 형광 엑스선의 강도가 도금 두께가 증가할수록 커지는 원리를 이용한 측정 방법이다. 이는 측정 정확도가 높은 장점은 있으나 형광 엑스선이 방출될 때 도금층에서 흡수가 되므로 다층 도금층에서는 두께에 따라 선형적인 측정 값을 얻기가 어려운 단점이 있다.

엑스선이 기판매질 위에 두께 t 로 도금된 도금층에(그림 1 참조) 입사하여 도금층으로부터 형광 엑스선이 기판매질과 각도 θ 로 방출된다면 방출 엑스선의 강도는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. [3]

$$I(\theta) = \lambda(\sin\theta) I_0 [1 - e^{-\mu\lambda\sin(\theta)}] \quad (1)$$

여기서 $\lambda(\sin\theta) I_0$ 는 도금층이 무한히 두꺼울 때의 형광 엑스선의 포화강도로써 $I(\infty)$ 에 해당한다. 식(1)로부터 도금 두께 t 를 구하면 식(2)와 같다.

$$t = \lambda(\sin\theta) \ln [I(\infty) / (I(\infty) - I(\theta))] \quad (2)$$

기존의 상용화된 형광 엑스선법 도금 두께 측정장비는 이미 알고 있는 도금층으로부터 방출되는 형광 엑스선 강도를 측정함으로써 $\lambda(\sin\theta) I_0$ 와 $I(\infty)$ 의 값이 각각 결정되도록 설정되어 있다.

식(1)로부터 도금 두께가 적은 영역에서는 형광 엑스선이 흡수되는 양을 무시할 수 있어 형광 엑스선의 강도가 도금 두께에 선형적으로 증가한다. 하지만 도금 두께가 증가할수록 형광 엑스선의 흡수가 많아지게 되어 도금 두께가 증가하더라도 형광 엑스선의 강도는 증가하지 않으므로 두께 측정이 어려워진다.

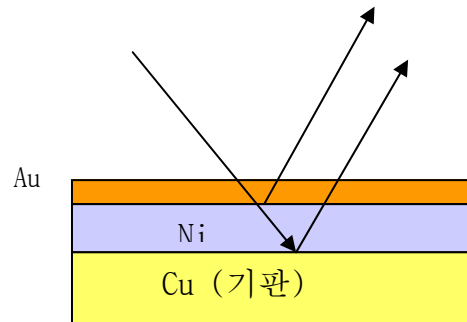


그림 1. 도금 시편

3. 도금 두께 시편 제작

도금 두께 측정기들의 상관성을 분석하기 위하여 여러 종류의 도금 두께를 제작하였다. 측정기기들간의 상관성 분석은 한 두 종류의 시편으로는 측정기의 특성을 분석하기 어려우므로 제품에 적합한 9 종류의 시편을 만들었다. 도금 시편의 도금층은 그림 1과 같이 2층 구조로 되어 있다. Cu 기판 위에 Ni 도금, Au 도금 순으로 제작하였다. 2층 구조의 도금 두께는 표 1과 같다.

Table 1 도금 두께 (단위 μm)

| Ni / Au | | |
|---------|--------|--------|
| 2/0.5 | 2/1.0 | 2/1.5 |
| 5/0.5 | 5/1.0 | 5/1.5 |
| 10/0.5 | 10/1.0 | 10/1.5 |

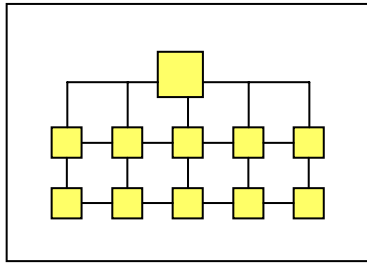


그림 2. 도금 시편 설계도

그림 2는 도금 시편을 제작하기 위한 설계 구조이다.

시편 제작 과정을 간략하게 설명하면 다음과 같다. Cu 기판 원재료를 구입하여 그림 2와 같은 구조로 사각형 형태의 Cu 시편을 설계하고, 일반적인 회로 형성 과정을 통하여 Cu 면적이 5 mm X 5 mm의 크기로 10개만 남겨 두고 나머지는 모두 에칭하여 제거한다. Cu와 Cu 사이는 전기가 도통하도록 0.5 mm 두께의 Cu line으로 연결시킨다. 이러한 방법으로 회로 형성된 Cu 기판의 표면 이물질 및 유기물 제거를 위해 Acid Cleaner (DP-320, 40°C)로 2분간 초음파로 세척하였다. 시편 제작에 사용된 도금욕은 Ni(Nickel Sulfamate type)와 Au(CN- type)으로 표 2에 도금 조건을 나타내었다. 도금장비는 DC(direct current)로 Agilent사의 E3633A를 사용하였고, 도금 셀은 500 ml 미니 셀을 사용하였다. 제작 공정은 다음과 같다.

시편 준비 → Acid Cleaner → 수세 → Ni Plating
→ 수세 → Au Plating → 수세 → 건조

Table 2 도금 조건

| | Electrolyte | 전류밀도 | 온도 |
|----|--|---------------------------|---------|
| Ni | Nickel Sulfamate Solution Nickel Chloride boric acid | 1~3 A/dm ² | 52~56°C |
| Au | Auruna 5000* Potassium Dicyanoaurate(I) | 0.4~0.6 A/dm ² | 64~66°C |

4. Correlation

제작된 9 종류의 시편을 이용하여 2대의 개발라인 장비로 각 두께 별 측정 값을 측정 비교 하였다. 그림 3은 각각의 측정기 두 대를 사용하여 측정한 결과 비교이다. 그림 3에서는 Au 도금의 두께 측정 값은 장비 별 편차가 크게 나지 않으나 Ni 도금 두께는 장비간의 편차가 2 ~ 25%의 편차를 보이고 있다. 특히 Au 도금 두께가 커질수록 Ni 측정 값의 편차도 많이 난다.

Ni 도금 두께 측정 값에 대한 상관성 평가를 하기 위하여 MiniTab의 Paired T test 법을 이용하였다. 먼저 동일 공정 내 장비들간의 상관성 평가를 한 결과 Au 두께 측정에 있어서는 모두 상관성을 보였으나, Ni 두께 측정에 있어서는 상관성이 없었다. 즉 같은 공정 내의 측정장비들도 상호 상관성을 갖지 못하였다. 물론 두 장비는 각각의 표준시편을 사용하여 daily check를 실시하고 있으며 두 장비간의 측정 결과에는 이상이 없는 것으로 관리되고 있는 상태였다. 하지만 여러 종류의 시편으로 평가해 본 결과 일정한 형태의 경향을 보이는 것으로 판명되었다.

이러한 문제의 근본 원인은 효과적인 장비 관리가 미흡한 탓이다. 이를 해결하기 위해서는 주기적인 장비 관리도 중요하겠으나 관리방법에 있어서 하나의 시편만을 사용하여 주기적인 check를 한다면 이러한 편차를 관찰할 수 없

다. 측정 주기를 늘리더라도 장비의 변동을 검출할 수 있도록 여러 개의 시편을 이용하여 다양한 두께의 시편을 주기적으로 측정 관리한다면 효과적인 관리가 될 것이다.

그리고 만약 공정 간에 다른 두 종류의 표준시편을 사용한다면 이 또한 편차의 원인이 될 것이다. 편차를 줄이기 위해서는 공정 간에 동일한 표준시편을 사용하여 검량선을 설정하여야 한다. 왜냐하면 측정장비의 검량선 설정에 있어서 표준 시편 두께 범위가 다른 흡수되는 형광 엑스선의 양에 대한 측정 값의 선형성이 달라지기 때문이다. 그러므로 각 공정 별 사용하는 표준시편이 비록 검교정 받은 시편이라고 할지라도 동일 표준시편을 사용한다면 공정 간 측정 값 편차는 줄어들 것이다.

5. 결론

기본적으로 장비관리는 장비들의 특성에 맞는 관리 방법을 적용해야 하지만 장비의 특성을 잘 이해하지 못하면 일반적인 장비 관리를 하게 되어 장비간의 편차가 발생하게 된다.

본 연구에서는 개발라인에서 사용하고 있는 동일 공정 내에서의 도금 두께 측정기들 간의 상관성을 알아보기 위하여 측정 장비의 특성을 고려한 다양한 크기의 도금 두께 시편을 만들어 검증하고 장비들간의 편차를 줄일 수 있는 방안을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 측정기 관리 방안은 최상의 방법은 아닐지라도 표준시편 관리 방법이나 장비 관리에서 유용하게 적용되리라 판단된다.

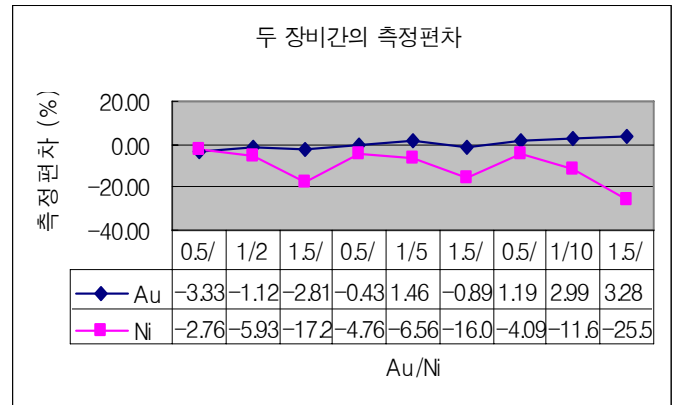


그림 3. 두 측정 장비의 측정 편차 (%)

참고문헌

1. J.A.Dunne, Advances in X-ray Analysis, Vol.6, Plenum, New York, 345, 1963
2. E.Asada and T.Adachi, Bunseki Kagaku (Jpn. Analyst), 14, 100, 1965.
3. 홍재화, 박병민, 강신환, "XRF를 이용한 GA 강판의 도금량 및 합금화도 동시 분석법 개발," RIST 연구논문 제 5 권 3 호, 310-317, 2001.