

# 무선부품을 위한 ABS의 Ag도금

류충렬, 송태환, 박소연, 이종권, 류근걸, 이윤배, 이미영\*  
순천향대학교 신소재화학공학과  
순천향대학교 생명과학부\*  
numbogy@hanmail.net

## Silver plating on ABS Plastics for Electronic Parts

Chung-Ryoul Ryu, Kyu-Hun Kim, Tae-Hwan Song, So-Yeon Park, Jong-Kwon Lee, Kun-kul Ryoo, Yoon-bae Lee, Mi-Young Lee\*  
Division of Material and Chemical Engineering and Division of Life Sciences\*  
Soonchunhyang University

### 요 약

플라스틱 무선부품에서 발생하는 전자파를 차폐하기 위한 도금연구를 하였다. ABS 수지상에 습식도금법과 기상도금법을 이용하여 전기전도도가 우수한 Ag를 도금하였다. Sputtering공정시 압력, 시간, 전력이 증가함에 따라 Ag 입자가 조대화되고 증착속도가 증가되었다. 그리고 탈지 후 plasma, 탈지 후 Etching, 인가 전력 70W~110W, 증착압력 4 x 10<sup>-2</sup>torr이하, 증착시간5min~6min에서 5B의 밀착력과 100dB 이상의 차폐효과가 계산되었다. 무전해 Ag 도금의 경우 최고 0.47μm/min의 도금속도와 plasma를 이용한 도금 전처리가 깨끗한 도금표면을 나타냈고 모든 조건에서 5B의 밀착력을 나타냈으며 100dB 이상의 차폐효과가 계산되었다.

### 1. 서론

최근 전기정보통신 관련 기술의 발전과 정보화 사회의 급속한 발전에 따라 우리 주변에는 많은 전자 정보 기기들이 배치되어 있다. 전자, 통신기술의 발달로 인하여 전자파의 이용이 크게 증가하였으며 이에 따라 불요 전자파도 함께 증가시키게 되었다. 전기, 전자장치의 소형화, 경량화에 의하여 적은 에너지로도 구동이 가능한 반면, 미세한 전자파 장애에도 민감하게 반응하여 오작동을 일으킬 수 있으며, 이러한 전자파들은 인체장애의 가능성이 문제되어지고 있다. 따라서 이제 전자파 간섭(Electro-Magnetic Interference : EMI)은 더 이상 간과할 수 없는 문제로, 가전 및 통신기기에 EMI 규제가 강화되고 있다.

전자파 차폐 재료는 전기전도성이 우수한 금속재료를 전통적으로 많이 사용해 왔다. 근래에 들어 금속재료에 비해 값이 싸고, 가벼우며, 가공하기 쉬운 플라스틱 재료 및 복합재료 등이 개발되어 전자기기

의 하우징재로 기존의 금속재료를 대체해 나가고 있다. 에폭시 수지, 실리콘 분말, 은도금 유리구, 흑연 분말 등이 좋은 예이다. 최근에 전형적인 복합재료 이외에도 플라스틱 또는 망사에 금속을 도금화(분사, 증착)하는 방법들이 개발되어 차폐능의 향상과 아울러 기존의 복합재료가 사용될 수 없었던 분야(예를 들어 차폐 커튼, 차폐 의류)에 응용 범위를 넓히고 있다.[1-4]

본 연구는 ABS 수지상에 전자파를 차폐하기 위해 D.C. magnetron sputtering과 무전해 도금을 이용하여 Ag 도금을 하여 전처리 공정에 따른 도금층의 조직, 두께, 밀착력과 Schelknoff의 전자파 차폐효과 이론[5]을 이용하여 각 도금에 대한 전자파 차폐효과를 알아보았다.

### 2. 실험방법

### 2.1 무전해 Ag 도금

본 실험에서 사용한 ABS 수지는 제일 모직에서 제작된 Starex로 grade는 EG-0763D이다. A : B : C = 23 : 16 : 61로 배합하여 기존의 사출방법과 순간가열방법으로 사출하였다. ABS 무전해 Ag, 도금 전처리 공정 및 용액 조성을 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. ABS 표면 활성화를 위해 plasma를 이용하여 2회 세정처리 하였으며 수세를 제외한 모든 공정은 Jeio tech의 CW-05G 항온조를 이용하여 설정온도의  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 균일한 온도로 유지하였다.

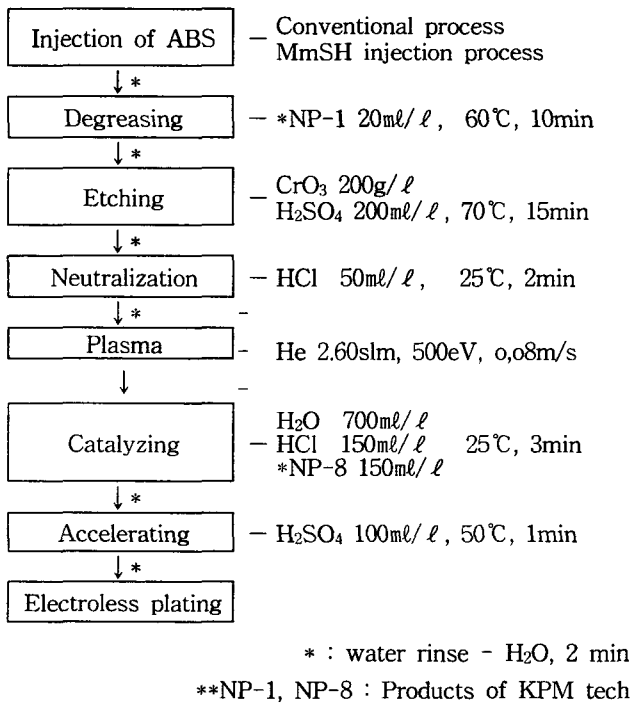


Fig 1. Process diagram of electroless Ag plating.

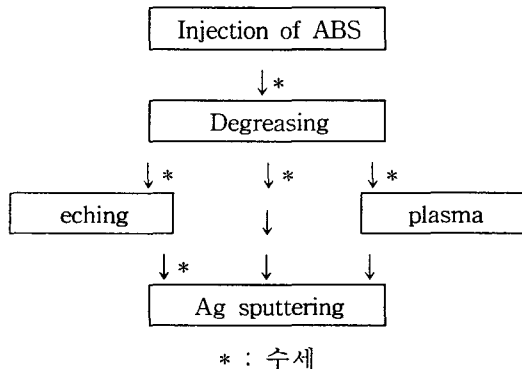


Fig. 2. Process diagram of Ag sputtering on ABS

Table 1. Compositions of electroless Ag plating bath and operating parameters.

Bath composition		
Silver sloution	AgNO <sub>3</sub>	25 g/ℓ
	NH <sub>4</sub> OH	90 ml/ℓ
	NaOH	20 g/ℓ
Reducing agent	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	40 g/ℓ
	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	45 g/ℓ
	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	100 ml/ℓ

### 2.2. D.C. magnetron Ag sputtering

Sam-han vacuum development Co.,LTD.의 SUS-3G-M D.C. magnetron sputtering 장치를 이용하여 Ag 기상도금을 하였다. 지름 3in, 높이 1/3in의 99.99% 원형 Ag bulk를 target으로 사용하였고 증착압력, 시간, 전력의 변화에 따라 증착하였다. ABS 기상도금의 전처리공정은 Fig.2에 나타내었다.

### 2.3.물성분석

박막의 두께는 X-ray를 이용한 Micro pioneer사의 XRF-2000을 사용하여 측정하였다. 도금의 밀착력은 Cross-cutting 시험법을 이용하여 ASTM D3359에 나타나있다. ABS수지 위에 형성된 도금층의 미세조직을 관찰하기 위하여 JEOL사의 FE-SEM(Scanning Electron Microscope), 15KV 전압을 사용하여 미세조직을 관찰하였다.

### 2.4. 전자파 차폐효율 계산

Schelkunoff<sup>5)</sup>의 전자파 차폐이론에 의하여 박막의 차폐효과(Shielding Effectiveness(SE))를 이론적으로 계산하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. Ag 도금의 두께

#### 3.1.1 무전해 Ag 도금

Fig. 3에 무전해 Ag 도금의 두께를 나타냈다.시간의 증가에 따라 도금속도가 증가하는 경향을 나타냈고 15분 후 도금의 두께는 소량 증가하거나 증가하지 않은 것으로 나타났다.

중화 후 플라즈마 처리한 무전해 Ag 도금 속도가 플라즈마를 사용하지 않은 ABS의 도금 속도보다 다소 빠른 것을 알 수 있었다. 이는 플라즈마 처리가 Pd-Sn의 증착 및 활성화를 도왔기 때문으로 생각된다.

### 3.1.2. Ag sputtering

전자파 차폐효과의 중요한 변수인 도금층의 두께를 조사하기 위하여 Ag target의 전력, 증착압력, 증착시간을 변화시켰다. 인가전력이 증가함에 따라, 작업진공도가 고진공이 될 수록 두께가 증가함을 알 수 있다.

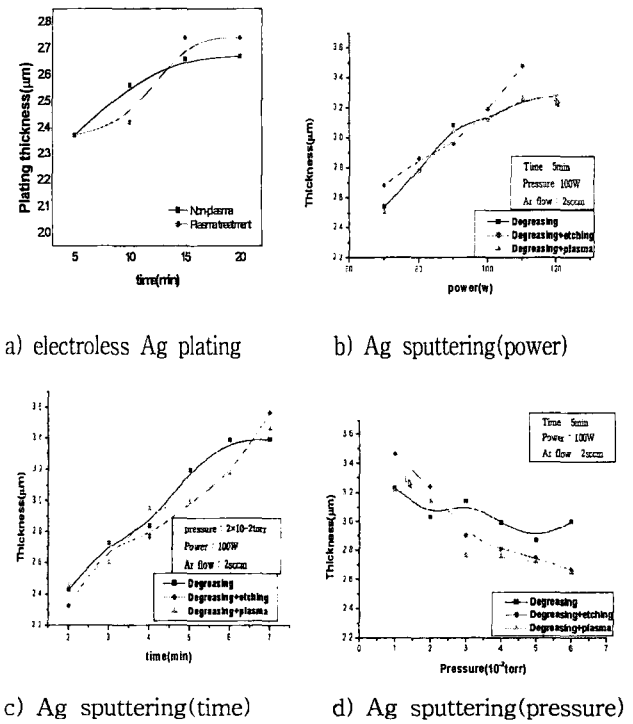


Fig. 3 Thickness of Ag on ABS

### 3.2. Ag도금층의 밀착력

Table. 2에 나타난 ASTM D3359에 의거하여 시험하였으며 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

Table 2. Classification of adhesion force

분류	5B	4B	3B	2B	1B	0B
표면						

무전해 도금의 경우, 모든 조건에서 5B이상의 밀착력을 나타냈고 sputtering의 경우 전처리 공정중 degreasing처리후 etching과 plasma 처리한 과정에서 훨씬 향상되었음을 알 수 있다.

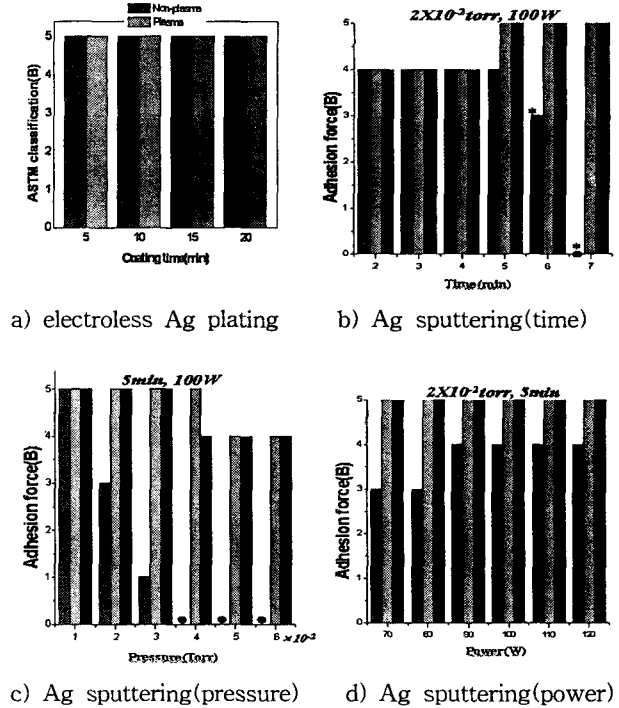


Fig. 4. Adhesion test of Ag film

### 3.4. Ag도금의 전자파 차폐 효과

Schelkunoff의 전자파 차폐이론에 의하여 단층매질에서의 차폐효과(Shielding Effectiveness(SE))는 dB 단위로 다음과 같이 흡수손실(A<sub>dB</sub>), 반사손실(R<sub>dB</sub>), 다중반사 보정항(B<sub>dB</sub>)의 합으로 표시되며[5] Fig. 5에서와 주어진 주파수(1.8GHz)에 따라 전처리 과정에 상관없이 최소한 100dB이상의 차폐효과를 보인다. 이는 99.9999%이상의 차폐효과를 보인다고 말할 수 있다. Schelkunoff의 전자파 차폐이론에 의하면 30dB이상의 EMI Shielding을 나타내면 99%이 차폐효율을 가진다. 반사손실은 δ에 비례하고 다중반사 보정항은 δ에 반비례하기 때문에 전체 차폐효과는 주파수에 따라 일정해진다. 이는 파원으로부터의 거리가 파장에 비해 매우 큰 원역장(far-field) 차폐에 국한되며, 따라서 근역장(near-field) 전계 차폐의 경우에는 차폐효과가 이보다 커질 것으로 예상된다.[6]

Ag 자체의 전기전도도가 아주 우수하기 때문에 얇은 도금층 자체만으로 아주 뛰어난 차폐효과를 가

질 수 있음을 알 수 있다. 또한 도금층의 두께에 따라 차폐효과가 향상됨을 알 수 있다.

Schelkunoff's theory :

$$EMI \text{ Shielding Effectiveness} = A_{dB} + R_{dB} + B_{dB}$$

a) Adsorption Loss

$$Frequency(f) : 1.8 \text{ GHz} \quad A_{dB} = 20 \log e^{\alpha t} \quad \alpha = \sqrt{f\mu\sigma}$$

$$Q_{Ag} = 6.80 \times 10^7 \text{ mho/m}$$

$$\delta_{Ag} = 1.44 \times 10^{-6} \text{ m}$$

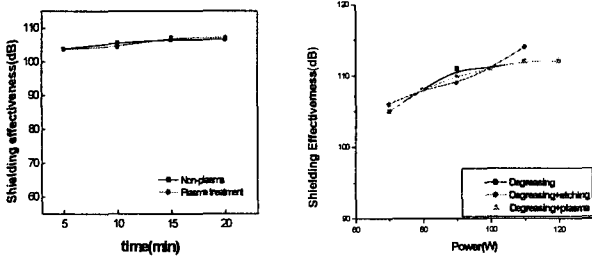
$$\mu = 1.25 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

b) Reflection Loss

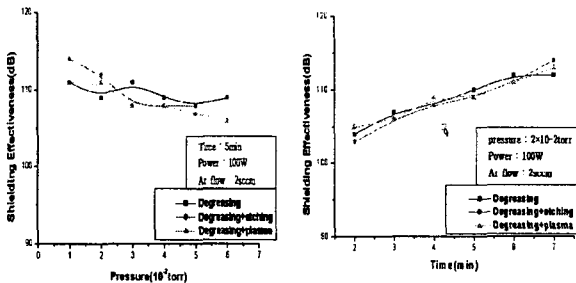
$$R_{dB} = 20 \log \left( \frac{377\sigma}{4\sqrt{2}} \right)$$

c) Multiple reflection correction

$$B_{dB} = 20 \log \left( \frac{2\sqrt{2}}{\delta} \times t \right)$$



a) electroless Ag plating      b) Ag sputtering(power)



c) Ag sputtering(pressure)      d) Ag sputtering(time)

Fig 5. Shielding effectiveness Ag on ABS

#### 4. 결론

1. 무전해 Ag 도금층의 도금속도는 최대 0.47 $\mu$ m/min 이었고 스퍼터링의 경우 인가전력, 압력, 시간에 따라 증착속도 증가와 Ag 입자가 조대해졌다.

2. 무전해 Ag 도금의 경우 모든 조건에서 5B의 밀

착력을 가졌다.

3. Ag 스퍼터링의 경우 ABS수지의 전처리 과정에 따라 탈지(cleaning)의 밀착력 가장 낮았고, 탈지 후 plasma, 탈지 후 Etching은 밀착력이 동일하게 우수하였다

4. 탈지 후 plasma, 탈지 후 Etching, 인가 전력 70W~110W, 증착압력 4 x 10<sup>-2</sup>torr이하, 증착시간 5min~6min 에서 최적의 밀착력과 차폐효과가 나타났다.

#### 참고문헌

- [1] Donald R. J. White and Michael Mardiguian, Electromagnetic Shielding. Vol. 3. (1998)
- [2] Y. Ohki and S. Yasufuku. "Third EMC Japan 1990 Held in Tiyko." IEEE Electrical Insulation Magazine, 9/10. Vol. 6, No. 5, pp. 65-66(1990)
- [3] Hun-Anm. Lim, You-Kee Lee and Jong-Wan Park, "Electrical and Optical Properties of ITO Thin Films for Automobile Heatable Windshield." Korean Journal of Material Research, Vol. 6, No. 6, pp. 618-625
- [4] Li-Jian Meng, M. P.dos Santos, "Properties of Indium Tin Oxide(ITO) Film Prepared by RF Reactive Magnetron Sputtering at Different Pressure." Thin Solid Film, Vol. 303, pp 151-155(1997)
- [5] S. A. Schelkunoff, Electromagnetic Waves. van Nostrand, New York, (1943)
- [6] John. C. C. Fan, Frank J. Bachne, "Prosperities of Sn-doper In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Films Prepared by RF sputtering." J. Electrochem. Soc., Dec, pp. 1719-1725(1975)