

## Polymerization을 이용한 FCCL Tie-coating layer 개발 Development of the FCCL Tie-coating layer using a Polymerization

황영래<sup>1\*</sup>, 윤여완<sup>2</sup>, 김상호<sup>3</sup>  
한국기술교육대학교 신소재공학과

**초 록 :** 스퍼터링법으로 제작된 FCCL은 PI필름(Polyimide film)과 Cu layer 사이에 Tie-coating layer로 Ni-Cr을 많이 사용한다. 하지만 완성된 FCCL에서 패터닝을 실시할 때 Cr 성분이 소멸되지 않고 잔존하는 현상으로 누설전류가 발생한다. 또한 Cr으로 인해 Etching액의 오염으로 재사용의 어려움도 발생된다. 이러한 원인들은 제품의 특성들을 저하시키므로 이를 개선할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 Tie-coating layer를 대체할 물질로 Acrylic acid를 이용하여 FCCL을 제작하여 표면특성 평가를 위해 Contact angle 측정과 부착력을 위한 Peel test 측정과 조직분석 및 성분분석을 위해 SEM-EDS를 측정을 통하여 Polymerization을 이용한 Tie-coating layer 개발의 가능성을 확인하였다.

**Keywords :** FCCL, Sputtering, Polymerization, Acrylic acid, Polyimide

### 1. 서 론

Printed circuit board(PCB)란 전기가 통하지 않는 표면에 전도성 재료를 코팅하여 회로를 형성한 후 회로의 각 부분에 전자 제품을 탑재하는 곳으로 rigid 기판과 flexible 기판으로 구별된다. 이중 flexible printed circuit board(FPCB)는 유연한 성질로 전자기기를 이루는 회로나 기판이고 집적화되어 지는 것에 있어서의 어려움을 해결하는 대안으로 부상하고 있다. 특히 FPCB에서의 핵심 부품인 flexible copper clad laminate(FCCL)는 polyimide(PI)에 Cu가 적층된 기판으로 기술적인 문제로 세계에서 몇몇 나라들에서만 생산하고 있는 실정이다(1~3).

요즈음 각광 받고 있는 sputtering에 의해 제조된 FCCL은 기존의 casting, laminating 공정에 비해 미세 식각과 치수 정확성이 우수하다. 하지만 기존의 Sputtering에 의해 제조된 FCCL의 Tie-coating layer에는 Ni-Cr을 증착하여 사용했다. 이 Tie-coating layer는 접착력은 우수하지만 패터닝에서 여러 문제점을 발생시켰다. FCCL 패터닝시 Cr 성분이 소멸되지 않아 패터닝 부위에 잔존하여 누설전류를 발생시켰으며 Etching의 오염으로 재사용이 어려워지는 현상도 발생되었다. 이러한 문제로 새로운 Tie-coating 개발을 위한 연구를 진행하였다.

스퍼터링법을 이용한 기존의 FCCL 생산방법에서 Tie-coating layer는 Ni-Cr을 스퍼터링을 이용하여 증착한다.

하지만 새로운 Tie-coating layer의 개발은 Polymerization 방법을 이용한 것으로 이 방법을 사용하기 위해 자체적으로 MOCVD 장비를 제작하였다. MOCVD를 이용하여 Polymer의 한 종류인 Acrylic acid 처리 후 만들어진 FCCL과 Ni-Cr을 이용한 FCCL의 부착력의 변화를 측정하였다. 또한 이를 분석하기 위해 SEM-EDS를 사용하였다. Ni-Cr layer와 Polymer layer의 기계적 특성과 조성적 특성의 변화를 비교하였다

### 2. 본 론

#### 2.1 실험방법

연구에 사용된 PI 필름은 Dupont에서 제작된 38 $\mu$ m 두께의 Kapton PI 필름을 사용하였다. PI 필름에 전처리를 하지 않은 상태에서 Polymerization을 실시하였다. Ni-Cr의 경우에는 전처리를 통해 Cr과 산소와의 높은 반응으로 인해 좋은 결과를 얻을 수 있어 전처리를 사용하였으나 Polymerization에서는 전처리를 하지 않은 것이 더 좋은 결과를 얻을 수 있어 PI를 전처리하지 않았다(4~8)

PI 필름을 MOCVD 장치에 장입하고 플라즈마를 이용하여 Acrylic acid를 코팅한다. 이때의 증착조건은 아래 표1과 같다. Substrate의 온도를 상승시키기 위해 Heating lamp를 설치하여 온도를 상승시켰다.

Acrylic acid 처리된 필름위에 Cu를 증착하였으며 사용된 증착법은 RF 마그네트론 스퍼터링법이었다. Cu층의 진공증착시 Ar 35scm을 유입하였으며, 진공도는 5.0 x 10<sup>-3</sup> torr를 유지하였다. 또한 RF-power는 100W, 증착시간은 10min을 실시하였다. 증착 두께는 500nm의 두께로 증착하였다. 진공증착된 시편의 peel 값을 측정하기 위하여 약10 $\mu$ m의 두께로 구리도금을 실시하였다.

90° peel test는 LLOYD Instruments사에서 제작된 장비를 이용하였으며, 시편의 크기는 폭 5mm로 제작 후 50.8mm/min의 속도로 부착력을 측정하였다. 그림1에서는 peel test의 개략도를 나타내고 있다.

Peel test후 표면분석을 위하여 JEOL사의 JSM-5600LV 장비를 이용하여 SEM-EDS를 측정하였다.

Table 1 Deposition conditions of MOCVD

Pressure(torr)	7.0*10 <sup>-1</sup>
RF-POWER(W)	100
Depo. time(min)	70
Substrate temp. (°C)	150

2.2

#### 실험결과

##### 2.2.1 전처리 유무에 따른 특성

PI 필름의 특성을 평가하기 위해 저압전처리를 통해 최적의 전처리 조건을 찾으려 하였다. 저압플라즈마 전처리의 조건은 Ar 70% 와 O<sub>2</sub> 30%의 비율로 진공도 160mtorr를 유지하여 10분간 전처리를 실시하면서 RF-Power에 변수를 두었다. RF-Power 20W, 50W, 100W의 변수를 두었으며 이중 우수한 특성을 보인 100W의 변수에서 10분 전처리시간과 20분전처리시간을 비교 분석하였다. 분석을 위해 접촉각 측정과 AFM측정을 실시하였다. 그에 따른 접촉각 장비는 SEO사의 SEO450을 이용하여 측정하였다. 표면의 거칠기 측정을 위해 사용된 AFM은 산화실리콘형태의 probe를 이

용하여 semi-contact 모드로 측정하였다. 그림1, 2와 같이 100W에서 전처리한 것이 보다 친수성 표면을 가지며, 표면 거칠기도 큰 것을 알 수 있었다. 100W에서 전처리를 실시한 시편과 전처리를 시행하지 않은 PI위에 Acrylic acid polymerization 과정을 통하여 Tie-coating을 한 후 Cu sputtering 및 도금과정을 거쳐 FCCL로 제작한 후 각 시편의 부착력을 비교해보았다. 그에 따른 부착력은 그림 3과 같이 전처리를 거친 시편의 경우 평균 15gf/mm가 나왔으며 전처리를 하지 않은 것의 경우 평균 35gf/mm의 수치가 나왔다. 여기서 알 수 있듯이 Ni-Cr은 전처리시 산소와의 반응에 의해 부착력이 우수해지지만 Polymerization의 경우에는 그렇지 않은 것을 알 수 있다. 따라서 이후 진행될 시편에 대해서는 전처리를 하지 않은 상태에서 실시하게 되었다.

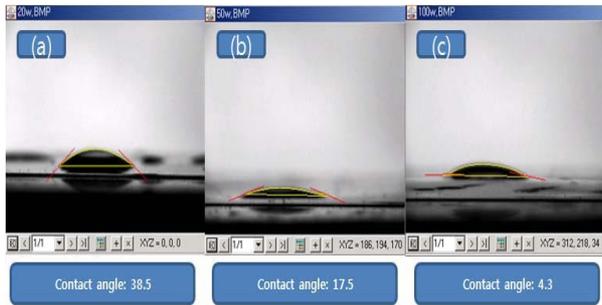


Fig. 1 Optical microscope photographs showing the contact angle of polyimide films. (a) RF-Power 20W (b) RF-Power 50W (c) RF-Power 100W [Contact angle: (a) 38.5, (b) 17.5, (c) 4.3]

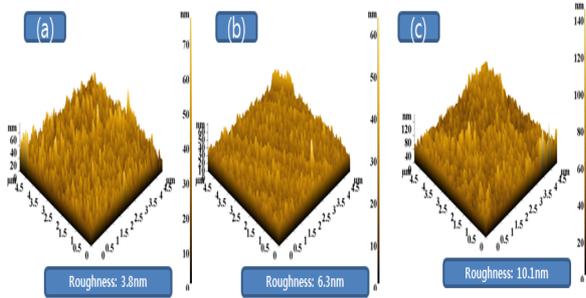


Fig. 2 AFM images of the low pressure plasma-treated PI film surfaces. (a) RF-Power 20W (b) RF-Power 50W (c) RF-Power 100W [RMS roughness (a) 3.8nm, (b) 6.3nm, (c)10.1nm]

### 2.2.2 부착력성능 연구

본 연구에서 가장 중요시하게 생각한 것은 기존의 Ni-Cr layer의 부착력과 비슷한 수준의 것을 만들어야 함에 있다. 기존의 Ni-Cr layer의 부착력은 열 시효처리 전 100~120gf/mm (Lab scale) 이 측정되었다.

Acrylic acid를 Polymerization 방법으로 처리한 본 FCCL 시편에서는 평균 60gf/mm의 부착력이 측정되었다. 이 부착력을 상승시키기 위해 Heating lamp를 설치하여 polymerization되는 기관의 온도를 (°C)로 상승시키는 방법이 사용되었다. 그로 인한 결과 그림 4와 5에 나타난 바와 같이 105gf/mm(Lab scale)의 부착력을 얻을 수 있었다. 이는 기존의 Ni-Cr Tie-coating layer를 사용한 FCCL과 비슷

한 수치로써 Acrylic acid의 Polymerization에 의한 tie-coating layer의 적용 가능성을 보여주는 것이다.

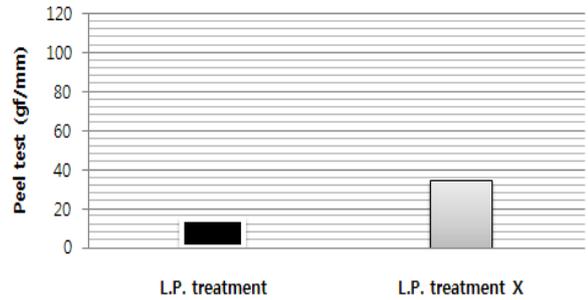


Fig. 3 Peel strength of FCCL with acrylic acid polymerized tie-coating layer deposited on the differently plasma treated PI.

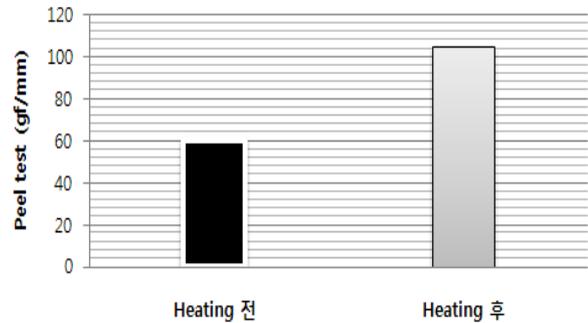


Fig. 4 Peel strength of FCCL with acrylic acid polymerized tie-coating layer before and after substrate heating

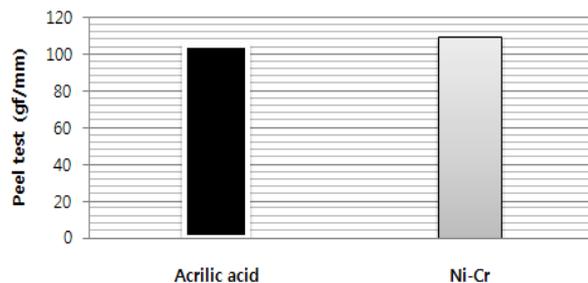


Fig. 5 Peel strength FCCL with two different tie-coating layers.

### 2.2.3 Tie-coating layer 조직사진 및 성분분석

그림 6과 7은 Ni-Cr 과 Acrylic acid tie-coating layer를 가진 FCCL을 peel test 한 후 파단된 양쪽 면을 SEM-EDS 분석으로 비교 한 것이다. Ni-Cr의 경우 PI 쪽에 뜯어짐 현상이 있는 것을 관찰할 수 있다. Acrylic acid의 경우 Acrylic acid 쪽에 뜯어짐 현상이 있는 것을 관찰할 수 있었다. Acrylic acid를 PI와 비교해 봤을 때 조직구조가 틀리며 상당히 조대한 구조를 가지고 있음을 보여 준다. 이 부분을 EDS로 분석한 결과 PI와는 다른 성분이 발견되었으며 금속적인 성분이 발견되지 않은 것을 미루어 볼때 Acrylic acid가 코팅되어 있는 것을 간접적으로 확인하였다.

## 감 사 의 글

본 연구는 산업자원부 공동핵심연구개발사업(과제번호:2006-0159)의 지원으로 이루어졌습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] "Weekly electronics information" electronics information, Vol.7, No. 4, pp. 1~22, 2004.
- [2] F. Barlow, A. Lostetter, A. Elshabini, Microelectronics reliability, Vol.42, Iss.7, pp. 1091~1099, 2002.
- [3] S.S. Jo, Y.H. Kim, J. of the microelectronics & packaging society Vol.10, No.2, pp. 39~47, 2003.
- [4] E. Kondoh, Thin Solid Films Vol. 359, Iss. 2, pp. 255~260, 2000.
- [5] H.G. Kim, B.J. Lee, J.T. Kim, Y.B. Kim, D.C. Lee, J. of the korean institute of electrical and electronic material engineers. Vol.11, No.5, pp. 340~346, 1998.
- [6] S.J. Park, K.S. Cho, S.H. Kim, HWAHAK KONGHAK. Vol.40, No.5, pp. 613~617, 2002.
- [7] Satoru, I., Takehiro, M., Shin, F., Shouhei, N., Kazufuyu, S., Nobuhiro, F., Vacuum. Vol.51, No.4, pp. 615~618, 1998.
- [8] M. Naddaf, C. Balasubramanian, P.S. Alegaonkar, V.N. Bhoraskar, A.B. Mandle, V. Ganeshan, S.V. Bhoraskar, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Vol. 222, Iss. 1~2, pp. 135~144, July 2004.

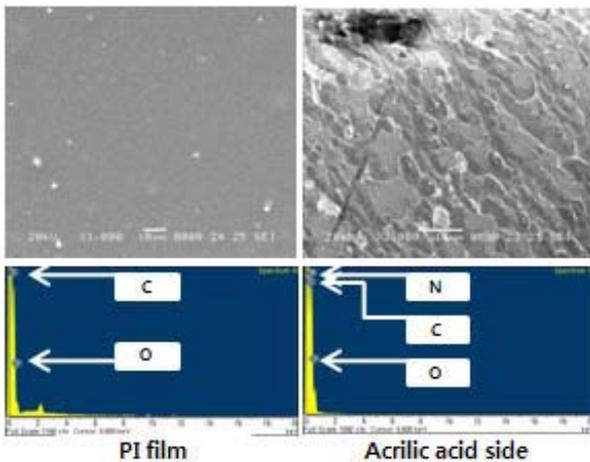


Fig. 6 SEM-EDS images of the peeled off interface between the PI and Acrylic acid layers

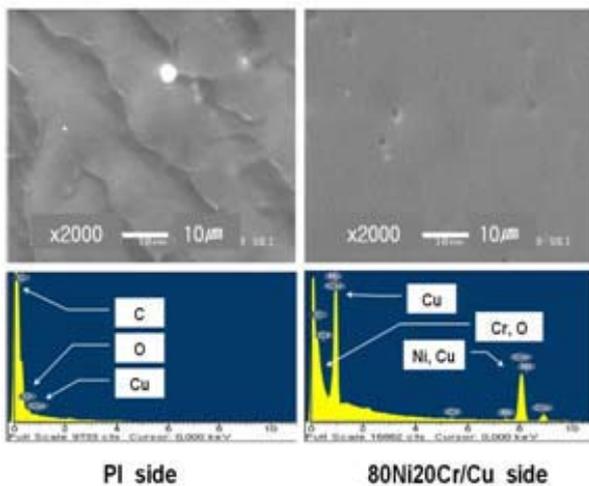


Fig. 7 SEM-EDS images of the peeled off interface between the PI and 80Ni20Cr/Cu layers

## 3. 결 론

본 연구에서는 Ni-Cr tie-coating layer를 대체 할 수 있는 Acrylic acid의 polymerization에 의한 Tie-coating layer의 가능성에 대해 연구하였다. 전처리를 실시한 시편이 접촉각 측정과 표면 거칠기 평가를 통해 부착력이 더 좋을것이라 예상했지만 Cr, Ni-Cu등의 금속 Tie-coating층을 사용하는 경우와는 달리 Acrylic acid의 polymerization에 의한 Tie-coating layer의 경우는 PI의 전처리를 거치지 않은 것이 부착력이 더 높은 것을 알 수 있었다.

또 Heating lamp를 이용하여 Substrate 온도를 높이는 것이 Acrylic acid의 polymerization에 의한 Tie-coating layer를 사용한 FCCL의 부착력 향상에 도움을 주었다. SEM-EDS 분석결과 PI필름위에 Acrylic acid가 코팅된 것을 간접적으로 확인할 수 있었으며 전체적으로 균일하게 코팅된 것 또한 확인할 수 있었다. 기존의 Tie-coating layer과 비교 시 유사한 수준의 부착력 값이 나왔으며 이는 Polymerization 이용한 FCCL Tie-coating layer 개발이 가능성이 있음을 보여주는 결과를 얻을 수 있었다.