

Semi-additive 방법을 이용한 폴리이미드 필름 상의 미세 구리배선 제작 시 도금액의 영향

변성섭 · 이재호*
홍익대학교 신소재공학과

The Effects of Copper Electroplating Bath on Fabrication of Fine Copper Lines on Polyimide Film Using Semi-additive Method

Sung-Sup Byun and Jae-Ho Lee*

Dept. of Materials Science and Engineering, Hongik University 72-1 Sangsu-dong,
Mapo-gu, Seoul 121-791 Korea

초 록: COF에 사용되는 구리배선은 폴리이미드 필름에 subtractive 방법을 이용하여 만들어지고 있으나 선폭이 작아짐에 따라 subtractive 방법은 폭방향으로 에칭 현상으로 인하여 사용에 제한이 되고 있다. Semi-additive 방법은 리소그래피 공정과 전기도금법을 사용하여 구리배선을 만드는 방법으로 10-40 μm 의 좁은 선폭에 대한 연구를 하였다. AZ4620과 PMER900의 두꺼운 PR을 사용하였으며 전기도금법을 이용하여 구리 배선을 형성하였다. 기존의 용액은 높은 잔류응력으로 인하여 구리도금층에 crack이 발생하였으며 via filling에 사용된 도금액을 사용한 경우 잔류응력이 낮아서 crack이 없는 구리배선을 얻을 수 있었다. 기지층의 에칭시 배선의 폭방향으로의 에칭 현상은 관찰되지 않았다.

Abstract: The copper lines in COF are usually fabricated by subtractive method. As the width of lines are smaller, the subtractive method has a lateral etching problems. In semi-additive method, copper lines are fabricated by lithographic technique followed by electroplating method. Fine line patterns of 10~40 μm were used for this study. Two different types of thick photoresist, AZ4620 and PMER900, were employed for PR mold. Copper lines were fabricated by electroplating method. The crack were found in fine copper lines due to high residual stress when normal copper electroplating bath were used. The via filling copper electroplating bath were replaced the normal electroplating bath and then cracks were not found in the fine copper lines. During substrate etching, the lateral etching of copper lines were not occurred.

Keywords: semi-additive, subtractive, COF, copper electroplating, lithography

1. 서 론

최근 들어 LCD나 FPD와 같은 디스플레이의 대면적 고해상화에 대한 사회의 요구가 높아지고 있으며 이에 따라 구동 driver IC의 집적도가 높아지고 따라서 패드의 미세화가 진행되고 있으며 COF (Chip On Film)의 inner lead pitch가 좁아지고 있다.

COF에 회로를 형성하는 방법으로는 이때까지 필름 위에 구리박막을 입힌 후 패턴을 형성하고 에칭해 내는 공정이 주로 사용되어 왔다. 이러한 방법은 subtractive 방법이라고 불리우며 저렴하면서 가장 간단한 방법이다. 그러나 이러한 회로 형성 방법은 에칭으로 구리 회로를 형성하는 경우 에칭이 두께 방향으로 진행 될 뿐만 아니라 폭방향 (lat-

*Corresponding author
E-mail: jhlee@hongik.ac.kr

eral direction)으로 진행되므로 구리 회로가 사다리꼴 (trapezoidal)을 형성하게 되며 공정이 끝난 후 에칭 resist 폭과 실제 패턴의 폭이 차이가 난다. 이와 같은 사다리꼴 구리 회로는 실장면적이 좁아지면서 실장 시 신뢰성이 떨어지고 접합 불량 등의 원인이 되고 있다. 여러 연구자의 문헌 등에 의하면 이와 같은 에칭 공법을 이용한 subtractive 방법은 한계가 있으며 회로 간의 거리가 40 μm 보다 좁아지는 경우 subtractive 방법을 사용하기 어렵다고 보고되고 있다^{1,2)}. 이와 같은 에칭방법을 이용한 공법의 문제점을 해결하기 위하여 패턴 후 구리를 도금하여 회로를 형성하는 semi-additive 방법이 많이 연구되고 있다^{3,4)}. Semi-additive 방법은 연성 재료위에 스퍼터 법을 이용하여 구리를 도포한 후 그 위에 감광제를 바르고 마스크를 이용한 리소공정을 통하여 패턴을 만든 후 패턴 안에 구리를 전기도금법으로 채우고 감광제 제거 후 구리를 식각하여 구리배선을 얻는 공정이다. Fig. 1은 subtractive 방법을 이용한 구리회로의 형성과 semi-additive 방법을 이용하여 형성된 구리 회로를 비교한 그림이다. 그림에서 보듯이 구리의 회로 폭이 좁아질수록 에칭공법을 이용한 구리 회로가 문제점을 발생하게 된다. 향후 회로의 폭과 간격이 20 μm로 좁아질 전망이다므로 이 경우 에칭공법인 subtractive 방법은 사용하기가 불가능하며 semi-additive 공법을 이용한 배선 형성이 주종을 이룰 것이다. 본 연구에서는 polyimide film 위에 패턴 형성 후 구리를 도금하여 회로를 형성하는 semi additive 방법의 패턴 형성에 대하여 연구하였다.

2. 실험 방법

스퍼터링 방법을 이용하여 전도성 구리층을 형성한 PI film을 기지층으로 사용하였다. 전도성 구리층과 PI와의 계면 접착력을 높이기 위하여 크롬을 스퍼터링한 방법을 이용하여 PI 표면위에 구리층을 형성하였다. 크롬과 구리의 두께는 각각 300과 2000Å이다.

마스크로는 lithography 공정의 최적화를 위하여 라인패턴 마스크와 실제 사용되는 마스크 두 가지를 사용하였다. 라인 패턴 마스크의 경우 10, 20, 30, 40 μm의 다른 크기의 라인 패턴을 사용하였으며 라인과 간격을 일정하게 하여 사용하였다.

패턴 형성은 전형적인 lithography 공정을 이용하여 형성하였다. 구리 배선의 두께가 10 μm이므로 감광제(PR, photo resist)로는 한번에 15 μm 이상 두께를 만들 수 있는 AZ electronics의 AZ4620과 TOK의 PMER900를 사용하였다. 패턴닝된 PR 몰드 사이에 구리도금을 하여 구리 배선을 형성하였다. 구리 도금액은 젤라틴을 첨가제로 사용하는 일반적인 도금액과 via filling에 쓰이는 첨가제 혼합 구리도금액을 사용하였다. 표 1에 본 연구에 쓰인 도금액의 조성을 표시하였다. 도금은 모두 상온에서 진행되었으며 용액의 교반은 일반적으로 쓰이는 자석교반기를 사용하였다. Fig. 2는 semi-additive방법을 이용한 배선 형성의 flow chart이다. 배선에 발생하는 열의 영향을 알아보기 위하여 도금층을 열처리한 후 잔류응력을 측정하였

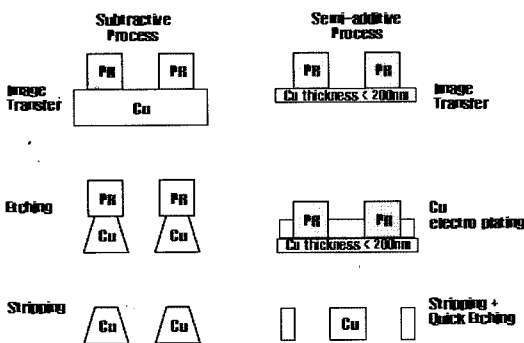


Fig. 1. Comparison of subtractive and semi-additive method

Table 1. Bath condition of copper electroplating solution

Component	Concentration
Normal Plating	
Cupric sulfate	0.5M
Sulfuric acid	1M
Gelatin	0.5 g/l
Via Filling	
CuSO ₄ 5H ₂ O	0.25M
H ₂ SO ₄	1M
CuCl ₂	1mM
PEG	300ppm
MPSA	0-10ppm

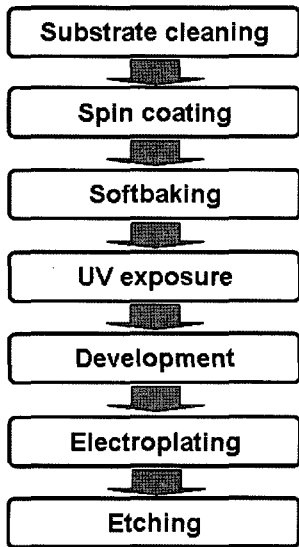


Fig. 2. Flow chart of semi-additive process

다. PR 몰드와 구리 패턴의 형상은 SEM을 사용하여 관찰하였으며 구리도금층의 잔류응력은 Specialty Testing & Development사에서 제작된 잔류응력 측정기를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

라인패턴 마스크를 제작하고 lithography 공정을 이용하여 PR 몰드를 형성하였다. 라인패턴 마스크를 이용하여 패턴을 형성하는 경우 스핀 코팅의 시간을 고정하고 노광시간과 현상시간을 변수로 하여 패턴을 형성하였다. Fig. 3은 각 라인 크기에 따른 PR 패턴을 나타낸 그림이다. PR 몰드는 수직성이 잘 유지가 되었으나 패턴의 폭이 작아질수록 패턴이 수직을 이루다가 위의 부분이 넓어지는 현상이 관찰되었다. 패턴은 바닥에서부터 위까지 사다리꼴을 형성하는 것이 아니라 몰드의 바닥부분에서는 수직성을 유지하다가 위의 부분에서 패턴의 폭이 넓어지므로 패턴의 두께를 20 μm 로 만든 후 이중 수직성을 유지하고 있는 10 μm 의 패턴 두께까지만 도금하는 방법을 택하였다. AZ4620보다는 PMER900이 두꺼운 PR을 형성하므로 PMER900을 PR로 정하여 실제 실험에 사용하였다. 최적 PR 몰드 패턴을 만드는 조건에서 구리 전기 도금을 실시하였다. Fig. 4는 최적 패턴에서의

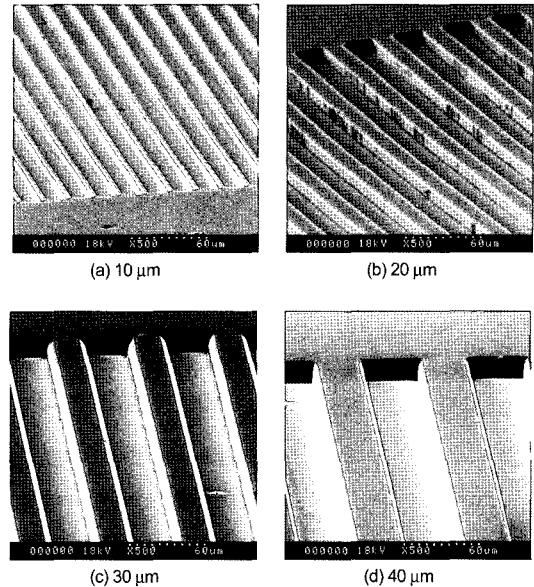


Fig. 3. SEM micrographs of PR molds at different line width (a) 10 μm (b) 20 μm (c) 30 μm (d) 40 μm

구리 도금 사진이며 패턴 크기에 관계없이 구리 배선 형성이 잘 되어 있음을 알 수 있다. PR 몰드는 노광시간을 110초로 일정하게 맞추어 실험하였다.

라인 패턴 마스크를 이용하여 얻은 최적 조건을 실제 사용되는 마스크에 적용하여 배선을 형성하였다. 라인패턴과는 달리 실제 사용되는 패턴은 면적의 변화가 크며 형상이 복잡한 구조를 가지고 있다. 구리 전기 도금 시 형상이 변하는 구역에서 crack이 발생됨이 관찰되었다. Fig. 5는 crack이 발생한 구리 배선을 나타낸 사진이다. 도금액은 라인패턴에서 사용된 동일한 도금액을 사용하였으나 이러한 현상은 라인패턴에서는 관찰되지 않았다. Crack의 형태로 도금층에 응력이 걸림을 알 수 있으며 이는 치수 변화가 생기는 구역에서 발생함으로써 stress relief를 하는 과정에서 생성된 것으로 추정되었다. 일반도금액에 첨가된 gelatin의 양에 따른 잔류응력의 변화를 관찰하였다. Gelatin 양 증가에 따라 잔류응력이 증가함을 알 수 있다. 그러므로 gelatin 최소 양을 사용하는 것이 최적이나 첨가제의 양을 변화시키는 대신 via filling 등에 쓰이는 새로운 도금액을 사용하여 잔류응력을 측정해본 결과 잔류응력이 매우 낮음을 알 수 있었다. Fig. 6은 gelatin 변화 양에 따른 잔류응력의 변

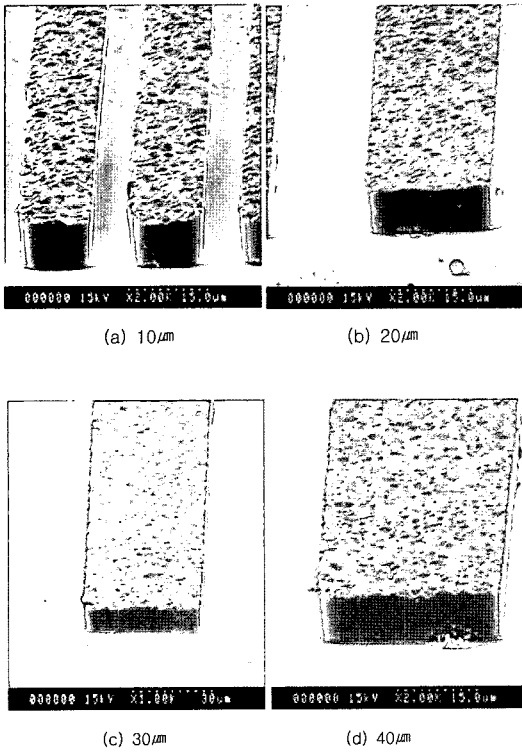


Fig. 4. SEM micrographs of copper lines for different size of line patterns (a) 10 μm (b) 20 μm (c) 30 μm (d) 40 μm

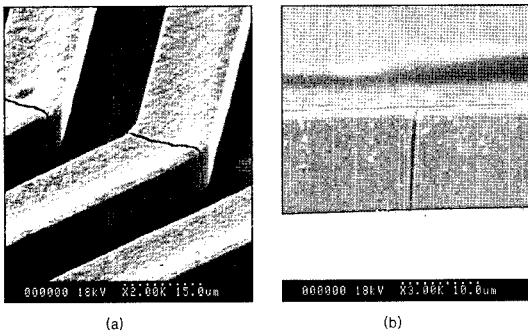


Fig. 5. Cracks in the copper line (a) top view (b) side view

화를 나타낸 그림이다. Fig. 6에서 200°C 1시간 열처리 후의 잔류응력의 변화를 나타내었다. 구리 배선은 실제로 열처리 하지 않으나 실제 배선을 사용 시 열이 발생하여 어닐링의 역할을 할 수 있다. 열처리 후 배선의 잔류응력은 낮아짐을 알 수 있다. Via filling에 사용되는 도금용액을 이용하여

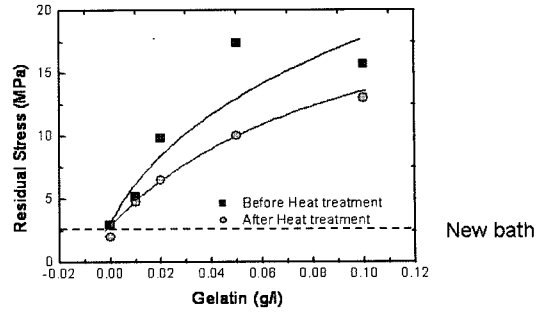


Fig. 6. Variation of residual stress with gelatin concentration

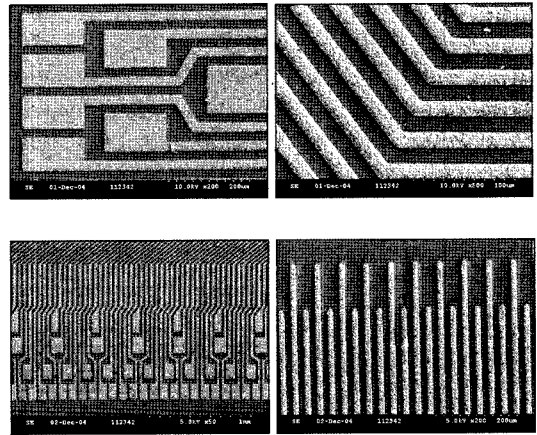


Fig. 7. SEM morphology of copper line with new copper plating solution.

실제 패턴의 구리 전기도금을 실시하였다. Fig. 7은 via filling 도금액을 사용한 구리 도금 배선 사진이다. 도금된 구리배선에는 crack이 관찰되지 않았다.

도금된 후에는 polyimide위의 seed layer와 adhesion layer를 에칭으로 제거하였다. 에칭 시간을 20-30초 사이에 결정되었다. 에칭 시간이 짧을 경우 불균일 에칭이 일어날 수 있으며 에칭 시간이 길어지면 구리 도금층이 손상될 수 있다. Fig. 8는 에칭 후의 도금 패턴 형상을 나타낸 그림으로 seed layer가 완전히 제거되고 폭방향 (lateral direction)으로 에칭이 관찰되지 않았다.

4. 결 론

Thick PR을 이용한 semi additive 방법을 이용하

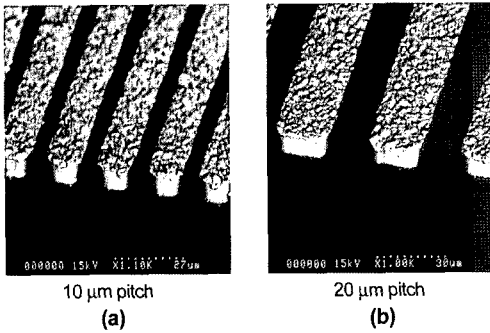


Fig. 8. Backscattered SEM image after etching (a) 10 μm
(b) 20 μm

여 선폭이 좁은 구리배선 형성을 하였다. PMER 900의 경우 20 μm 의 두꺼운 PR 몰드를 형성할 수 있었으며 구리 도금법을 이용하여 구리 배선을 형성할 수 있었다. 기존에 많이 쓰이는 gelatin을 첨가제로 사용하는 도금액은 잔류응력이 크므로 라인배선에 적합하지 않았다. Via filling에 사용되는 도금액을 사용하여 crack이 없는 구리 배선을 얻을 수 있었다. 에칭을 20-30초 사이에서 하였을 경

우 폭방향으로 에칭 없는 구리 배선을 얻을 수 있었다. 선폭이 좁은 구리배선의 형성 시 기존의 subtractive 방법을 semi additive 방법으로 대체할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 전자패키지재료연구센터(우수연구센터) 지원으로 수행되었음. (해당세부과제번호, R11-2000-085-08004-0)

참고문헌

1. 조영호, MEMS 기술의 배경 현황 및 전망, 대한전기학회 MEMS 논문집, (1995) 43
2. R. Blankenhorn, A semi-additive electroless Ni/Au process offers a low-cost wafer bumps, Chip Scale July (2001)
3. S. Paunovic. "Modern Electroplating", John Wiley & Son, (2000) 645-646
4. D. Pletcher, F. C. Walsh, "Industrial Electrochemistry", Blackie Academic & Professional (1993) 424-430