

나노선 임베드 몰드를 이용한 도금 패턴 전사방법

New transfer method of electrodeposited nano metal pattern by using nanowire embedded mold

엄현진^{a*}, 이재민^b, 이정용^b, 박인규^c, 정준호^d

^{a*}한국생산기술연구원 표면처리연구실용화그룹(E-mail:hyeonjin@kitech.re.kr), ^b한국과학기술원 EEWS 대학원,

^c한국과학기술원 기계공학과, ^d한국기계연구원 나노공정연구실

초 록: 전사 방식은 금속 패턴을 다른 기판에 전사시키는 방법으로, 대면적 디스플레이에 응용하기 위해 나노 사이즈 패턴을 반복적으로 전사하는 새로운 공정을 개발하였다. 나노선 임베드 구조체와 전해 도금 방식을 이용하여 나노선 네트워크 구조체를 반복적으로 이종 기판에 전사시키는데 성공하였으며, 기존의 전사 방식인 건식 방식에 비해 공정 속도를 높이고 전사되는 패턴의 사이즈를 효과적으로 낮추는 것을 확인하였다.

1. 서론

나노 구조체를 형성하기 위해 이용되는 나노 패터닝 기술로 포토 리소그래피(photo lithography), 나노 임프린트(nanoimrpint)와 같은 소프트 리소그래피(soft lithography), 식각 방식(etching), 그리고 전사방식(transfer method)과 같은 여러 가지 방법이 이용되고 있다. 이 중에서도 전사방식은 몰드 기판위에 형성된 패턴 구조체를 이종 기판 위에 얹고 비교적 낮은 온도 분위기에서 압력을 가해 패턴 구조체를 이종 기판 표면에 전사하는 방식으로, 열과 식각공정에 취약한 유연 기판 위에 패터닝하기에 용이한 기술이다. 현재 유연 디스플레이에 유연 전극을 형성하기 위한 연구가 주로 행해지고 있다. 하지만 기존의 전사방식은 건식 증착 방식과 임프린트 방식으로 제작한 몰드를 이용하여 공정 시간이 길고 단가가 높은 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 저온 공정 이면서도 공정 속도가 빠른 무전해 도금 방식을 이용한 새로운 전사 방식을 개발하였다.

2. 본론

본 연구에서는 전해 도금이 음극 표면에서 선택적으로 이루어지는 특성을 이용하기 위해 몰드 기판 표면에 금속 나노선 네트워크(nanowire network)를 임베드시켜 도금 몰드로 이용하였다. 전사 방식 후 금속 나노선 네트워크 구조체가 몰드 기판 재료의 강성 및 접착력 특성이 약한 경우 전사 방식 후 몰드 모재에서 떨어져 나갈 수가 있으므로 아크릴을 기판을 이용하여 몰드를 형성하였다. 은 나노선 네트워크 구조체는 polyol 방식과 스프레이 코팅 방식으로 제작하였으며, 은 나노선 네트워크 구조체 위에 아크릴 레진을 부어 경화시킴으로써 아크릴 표면에 은 네트워크 구조체를 임베드 시켰다. Fig 1 (a)는 은 나노선 네트워크 구조체를 아크릴 표면에 임베드 시킨 몰드의 광학 이미지며, 은 나노선 네트워크 구조체가 표면에 임베드 된 것을 확인 할 수 있다. 형성된 은 나노선 네트워크 구조체의 면저항은 $66.3\Omega/sq (\pm 1.2\Omega/sq)$ 내외로 측정 되었다. 이렇게 형성된 은 나노선 임베드 구조체를 음극으로 하고, 백금 전극을 양극으로, Ag/AgCl 전극을 Reference 전극으로 하여, 구리 전해 도금액에서 100초 동안 $-0.3V$ 를 가해주어 정전압 방식으로 도금하였다. 각 은 나노선 네트워크 표면 위에 선택적으로 약 369.7nm 두께로 구리 나노선 네트워크 패턴 형태로 도금 된 것을 확인 할 수 있으며 (Fig 1 (b)) 도금 후 면저항은 $1.8\Omega/sq (\pm 0.4\Omega/sq)$ 로 감소하였다.

이종 기판 위에 구리 도금 패턴을 전사하기 위해 접착성이 있는 접착제 레진을 유기용매와 섞어 PI 필름 위에 스핀코팅 방식을 이용하여 코팅하고 접착제 레진을 코팅한 면을 구리 도금 패턴 위에 얹고 Table 1과 같은 조건으로 경화시킨 후 떼었다. Fig 1(d)에서 전사 방식 후 PI 필름 표면 사진으로, PI 표면 위에 구리 도금 패턴이 전사된 것을 확인 할 수 있으며, 접착제가 코팅된 PI 필름 위에 형성된 구리 나노 패턴의 면저항은 $1.95\Omega/sq (\pm 0.7\Omega/sq)$ 로 측정되었다. 더불어 도금 몰드 이면서 전사 몰드인 은 나노선이 임베드 된 아크릴 기판은 전사 방식 후에도 저항이 조금 증가하였으나 (구리 나노선 패턴 도금 후 아크릴 몰드 표면 저항: $66.3\Omega/sq (\pm 1.2\Omega/sq) \rightarrow$ 구리 나노선 패턴을 PI 필름 위에 전사 한 후 아크릴 몰드 표면 저항: $76.7\Omega/sq (\pm 2.0\Omega/sq)$) 전기저항 측정 시 단선 되지 않는 것으로 보아, 은 나노선 네트워크 구조체는 전사 되지 않고 아크릴 몰드 표면에 임베드 형태로 금속 네트워크 구조가 유지된 것을 확인할 수 있다. (Fig 1(c)) 이로써 전해 도금과 금속 나노선 임베드 몰드 구조체를 몰드로 이용하여 이종 금속을 금속 나노선 네트워크 패턴 표면 위에 선택적으로 도금하여 이종 금속 나노 패턴을 형성하고 이종 기판에 전사하는데 성공하였으며, 더불어 나노선 임베드 몰드를 이용한 전사 방법을 이용하여 전사 반복성이 있음을 확인하였다.

Table 1. Transfer Process Parameters

공정변수	실험범위	단위
레진 코팅 속도	1000	rpm
전사 온도	80	° C
전사 시간	5	min
전사 압력	1	kg/cm ²

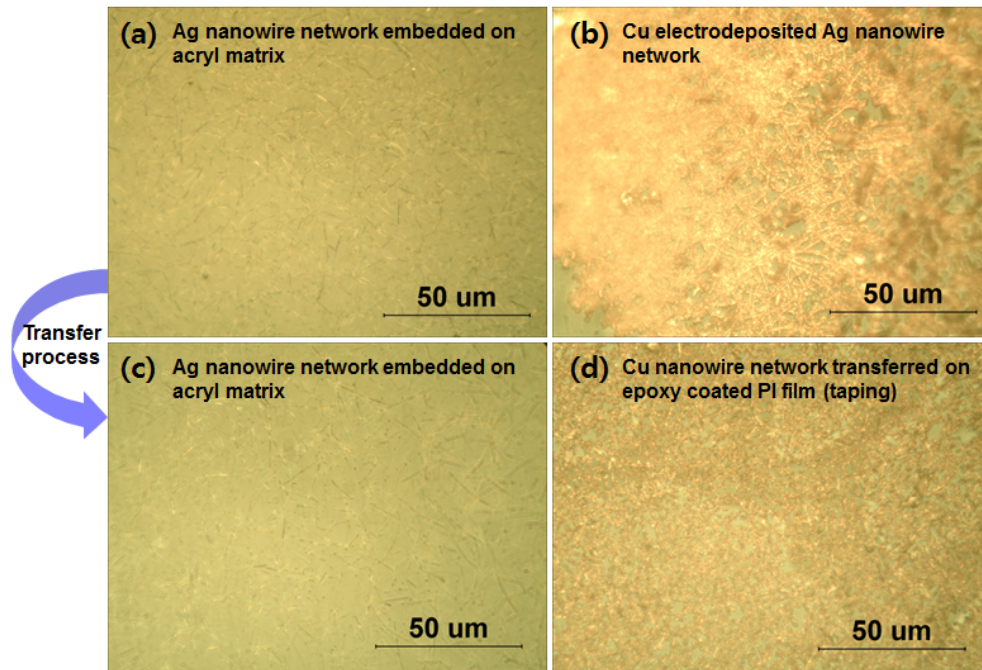


Fig. 1. (a)은 나노선 네트워크가 임베드된 아크릴 구조체, (b) 구리 도금 후 (a) 구조체, (c) 전사 진행 후 (a) 구조체, (d) 전사 진행 후 (테이프) 표면 위에 형성된 구리 나노선 네트워크 패턴 구조체

3. 결론

금속 나노선 네트워크 구조체를 임베드 시킨 폴리머 볼드 구조체를 도금 볼드와 전사 볼드로 이용하여 이중 금속을 선택적으로 패터닝 하고 이중 기판에 전사하는 방식을 개발하였다. 따라서 본 연구에서 개발한 나노선 임베드 구조체는 전사 공정 후에도 전기 저항이 낮고 기계적인 특성이 우수하여 반복적인 전사 공정이 가능하므로 대면적 디스플레이와 유연 투명전극 형성에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. X. D. Huang, L.-R. Bao, X. Cheng, L. J. Guo, S. W. Pang, A. F. Yee, J. Vac. Sci. Technol. B., 20 (2002) 2872.
2. Myung-Gyu Kang, L. Jay Guo, J. Vac. Sci. Technol. B., 25 (2007) 2637.
3. 박인규, 엄현진, 이재민, 이정용, 정준호, 이용숙, 국내특허, 출원번호 10-2014-0032129 (2014).