

광택기 제조를 목적으로 한 스퍼터링을 이용한 Mo 증착과 불산 습식 식각 특성 연구

김도형* · 이호덕* · 권상직** · 조의식***

*에스에스디에이티 주식회사, **가천대학교 전자공학과

A Study on the Mo Sputtering and HF Wet Etching for the Fabrication of Polisher

Do-Hyoung Kim^{*}, Ho-Deok Lee^{*}, Sang-Jik Kwon^{**} and Eou-Sik Cho^{***†}

^{*}SSADT Corporation, Pohang, 37673, Korea

^{***†}Department of Electronics Engineering Gachon University, Seongnam 13120, Korea

ABSTRACT

For the economical and environmental-friendly fabrication of polisher, Mo mask layer were sputtered on glass substrate instead of Cr mask material. Mo mask layers were sputtered by pulsed-DC sputtering and Photoresist patterns were formed on Mo mask layer for different develop times and optimized. After Mo mask layer were patterned and exposed glass was wet etched by HF solution for different etching times, the remaining Mo mask was stripped by using Al etchant. Develop time of 30 sec and HF wet etching time of 3 min were selected as optimized process condition and applied to the fabrication of polisher.

Key Words : Polisher, Mo Mask, Sputtering, HF Etching

1. 서 론

최근 미용에 대한 관심이 높아지면서 손톱과 발톱의 미용에 대한 관심 역시 높아지고 있고, 가정에서도 손쉽게 네일케어 또는 페디큐어를 할 수 있도록 손톱과 발톱을 손질하기 위한 다양한 미용기구 및 화장품과 메니큐어 등이 사용되고 있다. 이러한 제품들은 건강에 알게 모르게 영향을 미치고 있으며, 최근 들어 메니큐어에 사용되는 물질의 유해성에 대한 우려가 높아지고 있다.

일반적으로 손톱이나 발톱을 손질하기 위해서는 메탈로 된 제품 또는 슛돌 형태의 다양한 제품을 사용하고 있으며, 이러한 제품은 손톱이나 발톱의 외곽라인을 가다듬는데 국한되어 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 개인이 쉽게 손톱이나

발톱에 광을 낼 수 있는 네일 광택기가 출현하게 되었는데, 현재 글라스 형태의 네일 광택기는 매우 고가에 판매되고 있으며, 일부 사람들만 사용하는 제한적인 제품으로 알려져 있다.

절삭과 광택을 동시에 해결하기 위해 출현한 기존 기술의 경우, 글라스의 표면에 금속(크롬)코팅층과 감광막 코팅층을 연속으로 형성하고 패턴을 형성한 다음, 금속 식각 공정과 글라스 에칭 공정[1-3] 및 포토레지스트층을 제거하는 공정을 거쳐서 네일 광택기를 제조한다[4]. 하지만, 이 경우는 패턴이 형성된 글라스의 표면에 코팅된 금속(Cr)이 식각 과정을 거치더라도 제거되지 않기 때문에 최종 제품에서 Cr이라는 중금속이 그대로 잔류하고, 이 부분이 손톱과 발톱을 직접 연마하여 손톱이나 발톱의 표면에 광택을 내게 되어 결국 사용자의 인체에 유해한 영향을 끼치게 된다는 문제가 있다. 또한 Cr 박막을 습식 식각 공정으로 제거한다고 해도 과염소산 및 세륨암모늄

[†]E-mail: es.cho@gachon.ac.kr

혼합 에천트를 사용하는 Cr 습식 식각 공정은 상당한 시간이 소요되어서 실제 양산 공정에 적용하는데 어려움이 있다.

본 실험에서는 손톱이나 발톱의 절삭과 광택 기능을 동시에 할 수 있고, 제조과정에서 광택기의 표면에 Cr 대신 상대적으로 빠른 식각 및 양산성에 적합한 몰리브덴을 코팅하고 습식식각 과정을 거쳐 중금속이 완전히 제거되어 인체에 전혀 해를 끼치지 않는 광택기를 제작하고자 하였고, 이를 위하여 관련 공정 및 형성되는 패턴 조건을 최적화 하였다. Fig. 1은 전반적인 몰리브덴(Mo) 마스크를 사용한 광택기 제조 공정과정을 보여주고 있다.

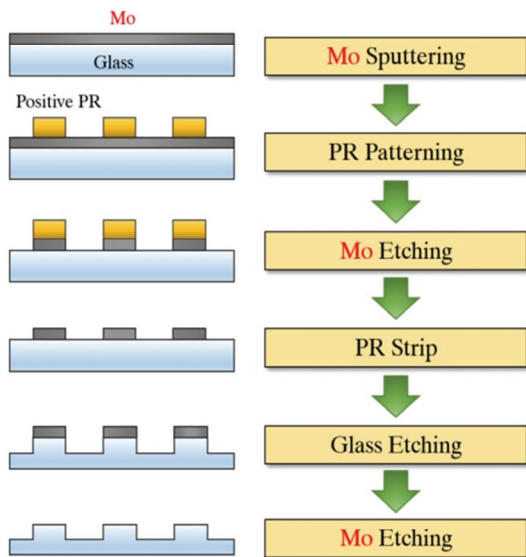


Fig. 1. Process sequence of polisher with Mo mask and HF wet etching of glass substrate.

2. 실험 방법

2.1 Mo 박막의 pulsed-DC 스퍼터링 공정

몰리브덴(Mo) 박막을 스퍼터링으로 형성하기 위해 2세대급 (370 mm × 470 mm) 크기와 1.1 mm의 두께를 가지는 soda-lime glass가 기판으로 사용되었다. Cleaning이 완료된 soda-lime glass를 Fig. 2와 같은 2세대 크기의 기판 적용이 가능한 마그네트론 인라인 스퍼터에 장착하였다. Load-lock chamber에서 process chamber로 기판을 이송한 후 1.5×10^5 torr 까지 진공도를 떨어뜨린 후 Table 1과 같은 공정조건에서 스퍼터링 공정을 진행하였다.

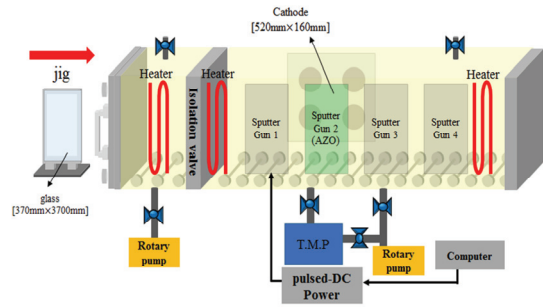


Fig. 2. Schematic of in-line sputtering system.

Table 1. Sputtering conditions of Mo thin film with various pressure

Sputtering Parameter	Value
Power	Pulsed DC 3 kW
base vacuum	$\sim 1.5 \times 10^5$ torr
process vacuum	$\approx 2.5 \times 10^3$ torr
Temperature	R.T.
Thickness	≈ 2000 Å
Ar gas flow	30 sccm
Mo deposition time	3min
Pressure	13mtorr

2.2 Mo 증착된 glass의 photolithography

증착된 Mo 박막과 감광막의 부착력을 좋게 하기 위하여 hexamethyldisilazane(HMDS) coating을 500 rpm/ 10 sec → 3,000 rpm/ 30 sec → 500 rpm/ 10 sec 순으로 진행하였고, 이후 감광막 coating (AZ-HKT 501)은 500 rpm/ 10 sec → 3,000 rpm/ 30 sec → 500 rpm/ 10 sec 순으로 진행하였다. 감광막에 잔류하는 solvent 성분을 증발시키는 soft Baking은 Hot plate를 이용하여 100°C에서 1분간 진행하였다. 제작된 mask를 이용하여 Hard contact mode에서 50 mJ의 에너지로 노광한 후 AZ-300 MIF를 사용하여 시간을 다르게 하여 30, 60, 90 sec로 develop 공정을 진행한다. 이후 hot plate를 이용하여 120°C에서 1분간 hard baking 한다.

2.3 HF를 이용한 glass etching

감광막이 잔류하지 않는 patterning된 곳의 Mo를 습식식각 하기 위해 Al etchant(APAL-1)를 사용한다. 이후 Mo이 제거된 부분의 glass를 etching하기 위해 39% 불산(HF) 용액을 초순수(deionized water: DI. water)를 이용해 10% HF로 희석하여 사용한다. HF로 glass를 습식 식각한 후 glass에 남아 있

는 Mo을 제거하기 위해 패턴 위 잔류 감광막을 PR strip하고 Al etchant용액으로 제거한다. HF의 습식 식각 시간에 따른 glass의 변화를 전자현미경(SEM) 단면 분석을 통하여 확인한다.

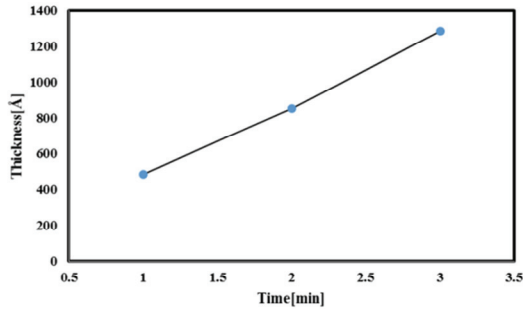


Fig. 3. The thickness of Mo thin film with sputtering time.

3. 실험 결과

스퍼터링시 스퍼터링 시간에 따른 Mo 박막의 두께 변화의 결과를 Fig 3과 같이 확인할 수 있었다. 1 min에서 3 min으로 시간이 증가함에 따라 Mo박막의 두께가 486 Å부터 1286 Å까지 점점 증가하는 것을 확인하였다.

Fig 4(a), (b), (c)는 마스크를 이용한 노광 후 develop 시간이 각각 30, 60, 90 sec로 증가함에 따른 광택기 형성을 위한 감광막 패턴의 critical dimension(C/D) check를 위한 광학 현미경 결과이다. 노광 효과로 마스크 패턴 가장자리가 원형 형태로 형성된 감광막 패턴의 지름은 develop 시간이 증가함에 따라 각각 146.65 μm, 125.86 μm, 73.36 μm으로 감소하였으며, 패턴 사이의 거리는 각각 79.41 μm, 114.53 μm, 146.62 μm으로 증가하였다. 실험 결과로부터, 최적 develop 조건을 30 sec로 설정하고 이 조건하에서 glass 습식 식각 및 잔류 감광막의 PR strip을 진행하였다.

Fig 5는 Fig 4의 감광막 패턴이 형성된 상태에서 Mo을 Al etchant로 습식 식각하고 이후 glass를 HF를 사용하여 습식 식각했을 때 식각 시간에 따른 SEM image이다. 광택기 패턴의 어레이 및 그 중 하나의 확대된 부분, 또한 45도 각도로 기울인 단면 구조 분석을 통하여 식각 시간에 따른 광택기 패턴 두께를 확인하였다. 식각 시간 1min, 3min, 5min으로 증가할 때, 식각된 패턴의 높이는 각각 6.51 μm, 14.43 μm, 19.04 μm로 시간에 따라 증가하는 경향을 보였다. 또한 식각 시간이 길어짐에 따라 광택기 패턴의 상부 엷지 부분이 추가로 식각되면서 완만한 테이퍼가 형성되는 것을 단면 SEM 사진으로부터 확인할 수 있었다. 최종적으로 만들고자 하는 네일 광택기는 평단면의 형상이 직

경 100~200μm의 원형이고 높이는 10~30μm인 원기둥 형상이며, 패턴 사이의 간격은 직경의 50~80%로 형성하는 것이 바람직하다. 결국 사진식각공정에서 develop 시간을 30 sec, glass의 HF 습식 식각 시간을 3 min으로 하여 최종 광택기 제품을 제작하였다.

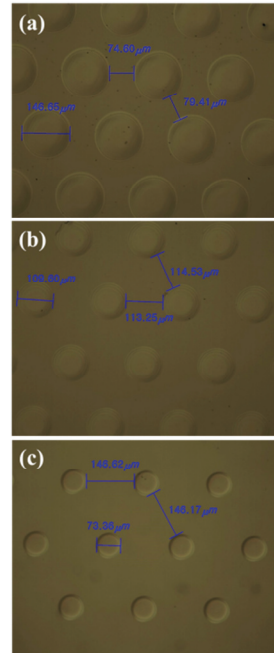


Fig. 4. Optical microscope images of polisher patterns for different develop times of (a) 30 sec, (b) 60 sec, and (c) 90 sec.

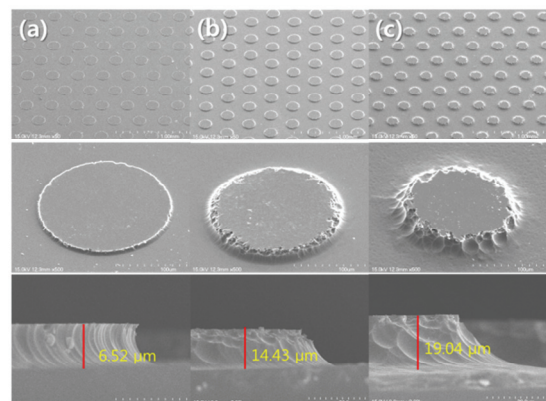


Fig. 5. Plane view, extended plane view, and its cross-sectional view of SEM images of polisher patterns for different HF wet etching times of (a) 1 min, (b) 3 min, and (c) 5 min.

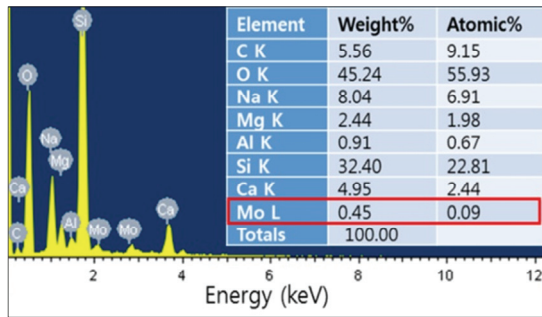


Fig. 6. EDAX elemental analysis diagram of the polisher structure after the removal of remaining Mo mask layer.

Fig 6은 Al etchant로 광택기 패턴 상단의 잔류 Mo를 제거한 후 glass패턴만 최종적으로 남아있을 때 energy dispersive X-ray spectroscopy (EDAX)로 성분 분석을 한 결과이다. 그림으로부터 Mo는 Weight %로는 0.45, Atomic %로는 0.09% 정도로 극히 극미량이 검출되는 것을 확인하여 거의 모든 Mo이 잘 제거되었음을 확인하였다.

Fig 7은 모든 공정이 끝난 후 최종 제작된 광택기를 보여주고 있다. 불투명하게 보이는 곳이 HF에 의해 습식 식각된 부분이고, Fig 1의 전 공정이 스퍼터링 등의 진공 프로세스와 사진 식각 공정을 포함하여 3~4시간 내로 완료할 수 있었다.

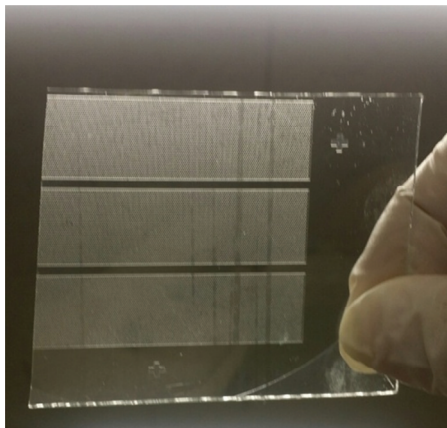


Fig. 7. Optical image of the fabricated 3 polishers.

4. 결 론

본 연구에서는 2세대급 in-line sputter 장비를 사용하여 기존에 많이 사용되는 Cr박막 대신 Mo를 박막으로 사용하여 Cr폐기물로 인해 발생할 수 있는 환경적인 문제점을 개선하였으며, 상대적으로 빠른 시간에 식각하여 높은 생산성을 구현할 수 있게 하였다. 사진공정에서 develop 시간에 따라 광택기 감광막 패턴의 변화를 확인할 수 있었고, SEM image로 분석한 결과 HF를 이용한 glass 습식 식각 시간이 증가함에 따라 광택기 패턴 높이의 증가 및 테이퍼가 완만하기 변화함을 확인하였다. 사진 공정에서 develop 시간을 30 sec 그리고 HF 습식 식각 시간을 3min으로 하여 공정을 최적화, 광택기를 제작하였다.

감사의 글

본 논문은 산업통상자원부 디스플레이 장비부품 전문 인력양성사업(N0001415)으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. LV Zogheib, AD Bona, et al. "Effect of Hydrofluoric Acid Etching Duration on the Roughness and Flexural Strength of a Lithium Disilicate-Based Glass Ceramic." *Brazilian Dental Journal*, 22.1 (2011): 45-50.
2. C Iliescu, J Jing, et al. "Characterization of masking layers for deep wet etching of glass in an improved HF/HCl solution" *Surface & Coatings Technology*, 198.1-3 (2005): 314-318.
3. M Kolli, M Hamidouche, et al. "HF etching effect on sandblasted soda-lime glass properties" *Journal of the European Ceramic Society*, 29.13 (2009): 2697-2704.
4. CJ Jeong, Method for manufacturing fingernail/toenail polishing beauty apparatus capable of achieving simultaneous cutting and polishing and fingernail/toenail polishing beauty apparatus manufactured by method therefor, KR Patent, 10-2015-0002132 (2015).

접수일: 2017년 11월 14일, 심사일: 2017년 12월 19일, 게재확정일: 2017년 12월 21일