

Microwave 및 Sonication에 의한 LCD용 액정 Mask의 세정효과

이 민상*, 이 유기**, 이 영기**

Cleaning Effect of LCD Mask by Additional Microwave and Sonication

Min-Sang Lee*, You-Kee Lee**, Young-Ki Lee**

요 약

알루미나(Al_2O_3)로 제조된 LCD용 mask는 일반적으로 mask 표면에 코팅된 각종 코팅물질을 제거한 후 재사용하고 있다. 그러나 기존의 산/알칼리 세정 방법은 각종 코팅물질을 제거하는데 장시간이 소요될 뿐만 아니라 mask의 부식 및 침식현상으로 mask의 수명 저하를 초래한다. 본 연구에서는 산/알칼리 수용액중에 LCD용 mask를 장입한 후, sonication 혹은 microwave를 부가적으로 이용하여 세정효과의 극대화를 도모할 수 있는 효율적인 LCD mask용 세정 기술을 개발하고자 하였다. sonication과 microwave 방법에 의한 mask 표면의 세정 효과는 기존 방법에 비해 매우 효율적이었고, 또한 2가지 방법 중 microwave를 이용한 세정방법이 sonication 방법보다 효과적인 액정용 mask 세정 방법이었다.

Abstract

Masks for LCDs manufactured using alumina(Al_2O_3) are generally reused after removing various coating materials coated on the surface of the mask. However, the existing acid/alkali cleaning method not only takes a long time to remove various coating materials, but also reduces the life of the mask due to corrosion and erosion of the mask. This study aims to develop an effective cleaning technology for LCD masks that can maximize the cleaning effect by adding sonication or microwave after charging a LCD mask in acid/alkali aqueous solution. The cleaning effect of the mask surface by sonication and microwave method was very efficient compared to the existing method, and the cleaning method using microwave was more effective than the sonication method.

I. 서 론

반도체와 같이 차세대 수출유망품목으로 크게 기대되고 있는 LCD산업의 경쟁력 강화를 위해서는 LCD 설계 및 공정 기술에 대한 지속적인 연구 개발을 통하여 고부가가치의

* (주)피엘티 기술연구소 (Technical Research Center, PLT Co. Ltd)

** 워터대학교 신재생에너지공학과 (Department of Renewable Energy Engineering, Uiduk University)

핵심기술 확보로 원가절감 및 품질향상에 기여해야만 한다. 그러나 액정화면 크기를 제어하는 액정용 mask(모재)는 주로 일본 및 미국 등에서의 수입에 의존하고 있으며, 또한 이러한 액정용 mask의 세정 방법 및 기술 역시 외국 기술을 기본으로 하여 산업 현장에 사용하고 있는 형편이다.

일반적으로 LCD 제작 공정은 액정 셀을 제작한 후, 구동회로를 부착하여 구동이 가능한 액정 셀의 형태로 제작하는 공정으로, 전체적인 제작 공정은 크게 액정 분자 배향을 위한 배향막 형성 공정, 셀 갭(gap) 형성 공정, 액정 주입 및 편광 필름 부착 공정 등의 4단계로 구분할 수 있다[1]. 각각의 공정은 공정 특성상 각기 서로 다른 공정들로 되어 있으므로, 폭 넓은 분야의 지식과 기술이 요구되며, 특히 세정(cleaning) 기술은 공정 중에 각 재료들의 표면 오염물들을 공정 전에 제거함으로써 불량 발생을 최소화하는 기본적인 의미 외에 코팅 박막의 부착력 향상과 LCD 특성 향상을 주된 목적을 내포하고 있다. 따라서 넓은 의미의 etching공정은 mask 사용 후의 감광막 제거까지도 포함하는 주요한 공정이다.

LCD용 mask 모재의 장수명화 및 생산성 향상을 도모할 수 있는 mask 보호용 세정 기술, 특히 고가 장비가 필수적이고 대면적 세정이 어려운 건식세정 방법보다는 습식세정 방법에 초점을 맞춰 제품 적용을 위한 기반 기술을 확립하고자 하며, 이러한 세정방법들은 크게 brush scrubbing, jet spray, ultrasonic cavitation, megasonic(1 Mhz) 등과 같은 기술들이 검토되어 왔다[2-6]. 본 연구에서는 이러한 세정기술 중, 특히 sonication과 microwave에 의한 방법을 이용하여 LCD용 알루미늄(Al_2O_3)가 용사코팅된 모재(mask)의 장수명화와 생산성 향상을 위한 액정 mask 보호용 세정 기술을 개발하고자 한다.

II. 연구 방법 및 고찰

기존의 산/알카리 액정용 mask 세정 기술은 mask의 부식 및 침식현상으로 mask의 수명 저하를 초래한다. 따라서 모재 보호(장수명화)를 위한 새롭고 안정적인 세정기술이 필요하며, 이를 위해 고가 장비가 필수적이고 대면적 세정이 어려운 건식세정 방법보다는 습식세정 방법에 초점을 맞춰 sonication 및 microwave 실험을 통하여 최적 조건을 도출하고자 하였다.

LCD는 크게 액정 분자 배향을 위한 배향막 형성 공정, 셀 갭(gap) 형성 공정, 액정 주입 및 편광 필름 부착 공정 등의 4단계에 의하여 제작된다. 이러한 각 공정들 중에서 액정 패널의 선택적인 부분에만 ITO(Indium Tin Oxide), Al, Mo, Cr등의 각종 박막들을 증착시키기 위해서는 알루미늄(Al_2O_3)로 제조된 mask를 필요로 하며, 이와 같은 mask는 산/알카리 액정 mask 세정 기술에 의하여 mask 표면에 코팅된 각종 코팅 물질을 제거한 후 재사용한다. 따라서 본 연구에서는 박막 증착 공정중에 mask 위에 코팅된 각종 박막들의 sonication 및 microwave에 의한 세정 효과를 조사하였다.

그림 1은 알루미늄(Al_2O_3)로 제조된 액정용 mask를 LCD 제조공정에 사용하여 알루미

늄(Al)이 코팅된 $2 \times 2 \text{mm}^2$ 크기의 사각추 형태로 구성된 mask의 표면상태를 각각 저배율($\times 15$) 및 고배율($\times 100$)의 주사전자현미경(SEM) 사진을 나타낸 것이다. mask의 전체적인 형태를 나타낸 저배율 사진에서와 같이 다량의 Al이 mask의 표면에 전체적으로 코팅되어 있음을 알 수 있다. 그리고 저배율의 사진에서 1, 2, 3으로 표시된 mask의 각 부위를 고배율로 관찰한 사진에서와 같이 mask의 모든 부위에서 다층의 Al이 증착되어 있으나, 특히 사각추와 사각추 사이의 골부위에서 다량의 Al이 증착되어 있을 뿐만 아니라, Al의 코팅층상에 균열(crack) 및 공극(void)이 분포하고 있음을 알 수 있다. 이러한 Al 코팅층상의 균열 및 공극은 mask 세정중에 산 또는 알카리의 수용액이 침투하기 쉽기 때문에 습식공정에 의한 세정효과가 클 것으로 판단된다.

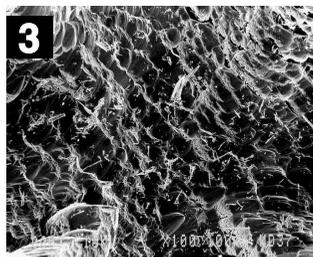
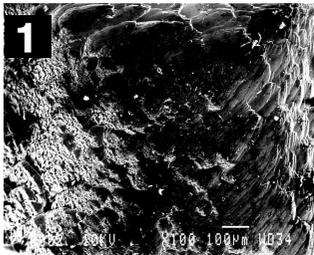
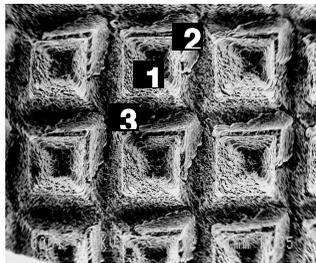


그림 1. LCD 제조공정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask 표면상태의 저배율($\times 15$) 및 고배율($\times 100$)의 주사전자현미경(SEM) 사진.

그림 2는 LCD 제조공정중에 크롬(Cr)을 사용한 mask의 표면상태를 그림 1과 동일한 배율($\times 15$, $\times 100$)로 관찰한 주사전자현미경(SEM) 사진이다. mask의 전체적인 형태를 보여주는 저배율 사진에서와 같이 둥그런 돌기형태의 Cr 입자들이 그림 1의 Al과는 다르게

Microwave 및 Sonication에 의한 LCD용 액정 Mask의 세정효과

mask의 표면 전체에 균일하게 분포하고 있음을 알 수 있고, 또한 저배율의 사진에서 1, 2, 3으로 표시된 mask의 각 부위를 고배율로 관찰한 사진에서와 같이 mask의 모든 부위에서 동그런 돌기형태의 Cr 입자들이 증착되어 있음을 알 수 있다. 그러나 Cr 코팅층은 그림 1의 Al 코팅층과는 상이하게 코팅층상에 균열(crack) 및 공극(void) 등이 존재하지 않는 비교적 치밀한 형태를 보이고 있다. 따라서 mask 세정중에 산 또는 알카리의 수용액이 침투하기 어려워 습식공정에 의한 세정효과가 저하될 것으로 예측된다.

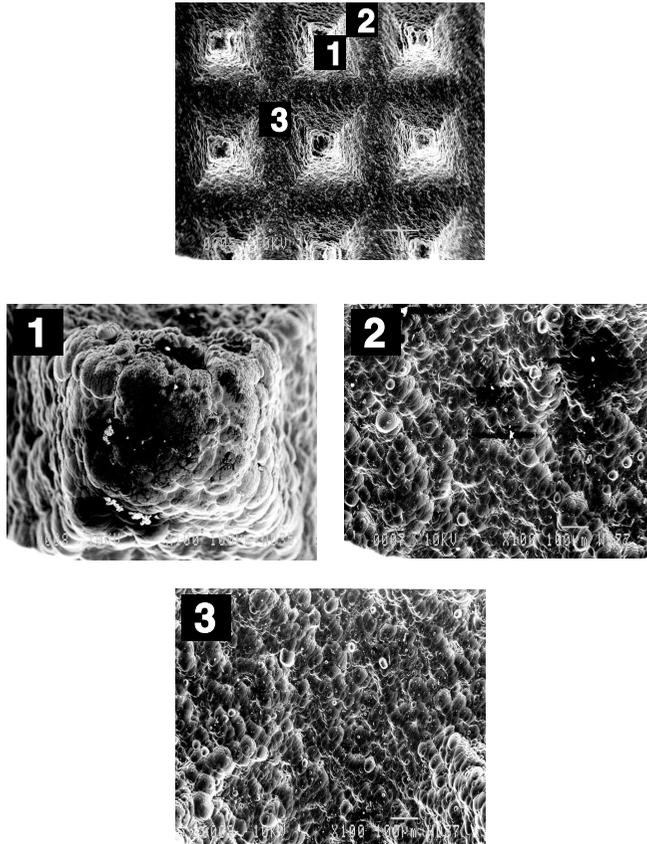


그림 2. LCD 제조공정중에 크롬(Cr)이 코팅된 mask의 표면 상태를 저배율($\times 15$) 및 고배율($\times 100$)로 관찰한 주사전자현미경(SEM) 사진.

그림 3은 LCD 제조공정중에 몰리브덴(Mo)이 코팅된 mask의 표면상태를 그림 1과 동일한 배율($\times 15$, $\times 100$)로 관찰한 주사전자현미경(SEM) 사진을 나타낸 것이다. 그림 3의 저배율 사진에서와 같이 비교적 균일하게 Mo 입자들이 mask의 전체 표면에 코팅되어 있음을 알 수 있고, 또한 저배율의 사진에서 1, 2, 3으로 표시된 mask의 각 부위를 고배율로 관찰한 사진에서와 같이 mask의 모든 부위에서 매우 미세한 Mo 입자들이 성장됨으로써 매우 평탄한 표면상태를 나타내었다. 그러나 Mo 코팅층은 그림 1의 Cr 코팅층과는 매우

상이하게 코팅층상에 매우 조대한 ($\sim 10\mu\text{m}$ 정도) 균열이 관찰되었다. 따라서 이러한 Mo 코팅층상의 균열은 mask 세정 공정중에 산 또는 알카리의 수용액이 침투하기 쉽기 때문에 특히 습식공정 기술에 대하여 매우 효과적일 것으로 생각된다.

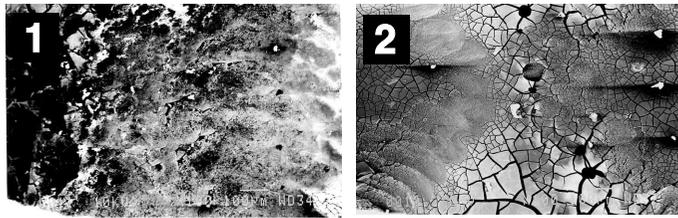
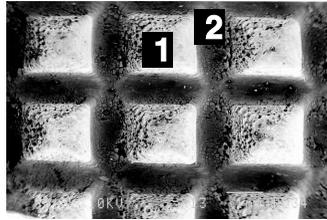


그림 3. LCD 제조공정중에 몰리브덴(Mo)이 코팅된 mask 표면상태의 저배율($\times 15$) 및 고배율($\times 100$)로 관찰한 주사전자 현미경(SEM) 사진.

이상의 그림 1~3에서 알 수 있는 바와 같이 액정용 mask 상에 코팅된 증착물질의 종류에 따라 코팅층의 표면형상이 현저하게 변화되었음을 알 수 있다. 따라서 액정 mask 세정의 방법 및 조건이 달라져야 할 것으로 생각된다. 그리고 또한 코팅층상에 균열(crack) 및 공극(void) 등이 존재하지 않는 치밀한 구조의 Cr등과 같은 물질의 완전한 제거는 기존의 산/알카리 수용액만을 이용한 세정 기술로는 불충분할 것으로 사료되며, 특히 산 및 알카리의 수용액에 모재를 장시간 유지시킴으로써 mask 모재의 수명저하를 초래할 수 있으므로 보다 효율적인 기술이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 산/알카리 수용액중에 액정용 mask를 장입한 후, sonication 혹은 microwave를 부가 이용함으로써 세정효과를 극대화할 수 있는 액정 mask 보호용 세정 기술을 개발하고자 하였다.

그림 4는 본 연구에서 중점적으로 검토된 세정기술 중, sonication과 microwave 방법에 따른 mask 표면의 세정 효과를 조사하기 위한 XPS(X-ray Photo-electron Spectroscopy)의 wide scan spectra 결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 mask 표면의 잔존 불순물에 의한 산소(O), 탄소(C), 질소(N)등의 peak들과 함께 LCD 제조 공정중에 알루미늄(Al) 코팅층의 존재에 따른 알루미늄(Al)의 peak가 관찰되었다. 따라서 sonication과 microwave 방법 모두 알루미늄 코팅층이 완전히 제거되지 않았다고 생각되나, 알루미늄(Al) peak의 강도(intensity)를 고려하였을 때 아주 미량의 용사코팅층이 존재하고 있을 것으로 판단되므로 sonication과 microwave 방법 모두 mask 표면의 세정 방법으로 매우 유효한 수단이라고 생각된다. 그리고 sonication 방법과 microwave 방법을 상호 비교하였을

때, microwave 방법이 sonication법보다 알루미늄 코팅층 제거 및 세정효과가 우수함을 알 수 있었다.

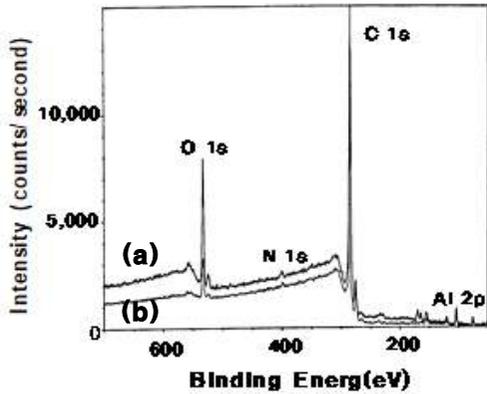


그림 4. LCD 제조공정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask의 sonication (a)와 microwave (b) 방법으로 세정 처리된 시료들의 전형적인 XPS wide scan 스펙트럼.

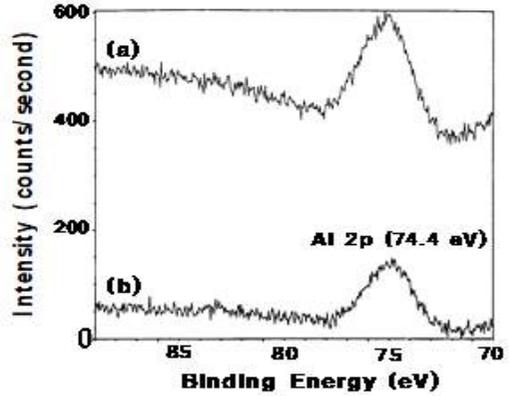


그림 5. LCD 제조공정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask의 sonication (a)과 microwave (b) 방법으로 세정 처리된 시료들의 전형적인 XPS Al 2p (74.4 eV) 스펙트럼.

그림 5는 sonication과 microwave 방법에 따른 mask 표면의 알루미늄 코팅층의 세정 효과와 sonication 및 microwave 방법에 따른 특성 차이를 검토하기 위하여 측정된 전형적인 XPS Al 2p spectra를 각각 나타내었다. 그림에서와 같이 본 연구에서 검토된 두 가지 방법 모두 알루미늄의 존재를 나타내는 74.4 eV의 binding energy 위치에서 뚜렷한 peak가 관찰되었다. 그러나 알루미늄 peak 강도(intensity)를 상호 비교하였을 때, sonication 방법이 microwave 방법보다 강한 알루미늄 peak 강도를 나타내었다. 이와 같은 결과는 sonication과 microwave 방법 모두 알루미늄합금의 용사코팅층이 완전히 제거되지 않았다고는 할지라도, microwave에 의한 세정 방법이 sonication 방법보다 우수한 세정 효과를 나타낸 것으로 판단할 수 있다. 이러한 XPS에 의한 결과를 확인하기 위하여 주사전자현미경(SEM)에 의한 관찰을 실시하였다.

그림 6(a), (b)는 본 연구에서 검토된 세정기술 중 sonication 방법에 따른 mask 표면의 세정 효과를 조사하기 위하여 그림 1의 LCD 제조 공정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask를 관찰한 주사전자현미경(SEM) 사진으로, 그림 6(a)는 mask의 위에서 관찰한 사진이고, (b)는 사각추의 측면에서의 세정효과 정도를 보다 효율적으로 관찰하기 위하여 시료의 평면을 기준으로 60°tilting하여 관찰한 사진이다. sonication 방법으로 세정처리된 시료의 그림 6(a)와 세정처리전의 그림 1을 상호 비교하였을 때, 거의 대부분의 알루미늄 코팅층이 제거되었음을 알 수 있었다. 또한 동일한 세정처리 시간동안에 산 및 알카리의 수용액만을 사용하는 기존의 처리방법은 본 연구의 sonication 방법에 비하여 다량의 Al이 검출되었다. 이러한 결과는 sonication 처리방법이 산 및 알카리의 수용액만을 사용한 기존의 방법보다

액정용 mask의 세정에 매우 효율적인 방법임을 의미한다. 그러나 사각추의 측면에서 관찰한 그림 6(b)에서와 같이 모든 사각추의 끝부분(그림에서 화살표로 표시된 부분)에서 단차를 관찰할 수 있는데, 이는 Al의 불완전 제거에 따른 잔류물로 생각되며, 이를 확인하기 위하여 하나의 사각추에 대하여 고배율로 관찰하였다.

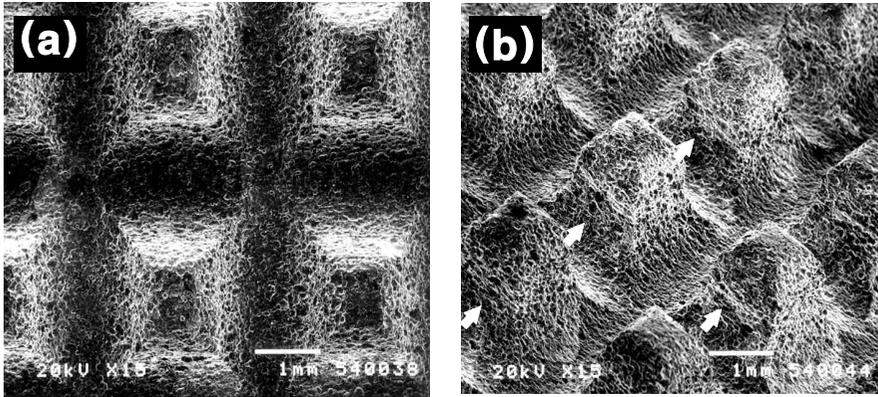


그림 6. LCD 제조과정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask의 sonication 방법에 의한 표면 세정 효과를 조사하기 위한 저배율($\times 15$)의 주사전자현미경 (SEM) 사진. (a)는 mask의 위에서 관찰한 사진이고, (b)는 사각추의 측면에서의 세정 효과 정도를 보다 효율적으로 관찰하기 위하여 시료의 평면을 기준으로 60° tilting하여 관찰한 사진이다. 그림에서 화살표는 Al의 불완전 제거에 따른 Al 잔류물을 나타낸다.

그림 7은 그림 6에 있어서 하나의 사각추에 대하여 고배율($\times 500$)로 관찰한 주사전자현미경 사진이다. 그림 7의 (2)~(4)에서와 같이 사각추의 거의 모든 부위에서 Al의 불완전 제거에 따른 잔류물이 존재하지 않았으나, 사각추의 윗부분을 관찰한 그림 7(1)에서는 다른 부위에 비해 상대적으로 다량의 Al 잔류물(그림에서 화살표로 표시한 부분)이 관찰되었다. 이와 같은 sonication을 이용한 세정 처리방법은 산 및 알카리의 수용액만을 사용한 기존의 방법보다 액정용 mask의 세정에 효율적인 방법이지만, 코팅층중의 Al이 불완전하게 제거된다는 것을 의미한다.

그림 8(a), (b)는 본 연구에서 중점적으로 검토된 세정기술 중 microwave 방법에 따른 mask 표면의 세정 효과를 조사하기 위하여 그림 1의 LCD 제조 공정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask를 관찰한 주사전자현미경(SEM) 사진으로, 그림 8(a)는 mask의 위에서 관찰한 사진이고, (b)는 사각추의 측면에서의 세정효과 정도를 보다 효율적으로 관찰하기 위하여 시료를 60° 기울여서(tilting) 관찰한 사진이다. microwave 방법으로 세정처리된 시료의 그림 8(a)와 세정처리전의 그림 1을 상호 비교하였을 때, 거의 대부분의 알루미늄 코팅층이 완전하게 제거되었음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 microwave 처리방법이 액정용 mask의 세정에 매우 효율적인 방법임을 의미한다. 또한 사각추의 측면에서 관찰한 그림 8(b)에서와 같이 액정용 mask의 원래 형태와 같은 모든 사각추의 끝부분이 완전한 형태를 이루고 있음을 관찰할 수 있는데, 이는 LCD 공정중에 형성된 Al의 코팅층이 완전히 제거

Microwave 및 Sonication에 의한 LCD용 액정 Mask의 세정효과

되었음을 의미한다. 이를 확인하기 위하여 하나의 사각추에 대하여 고배율로 관찰하였다.

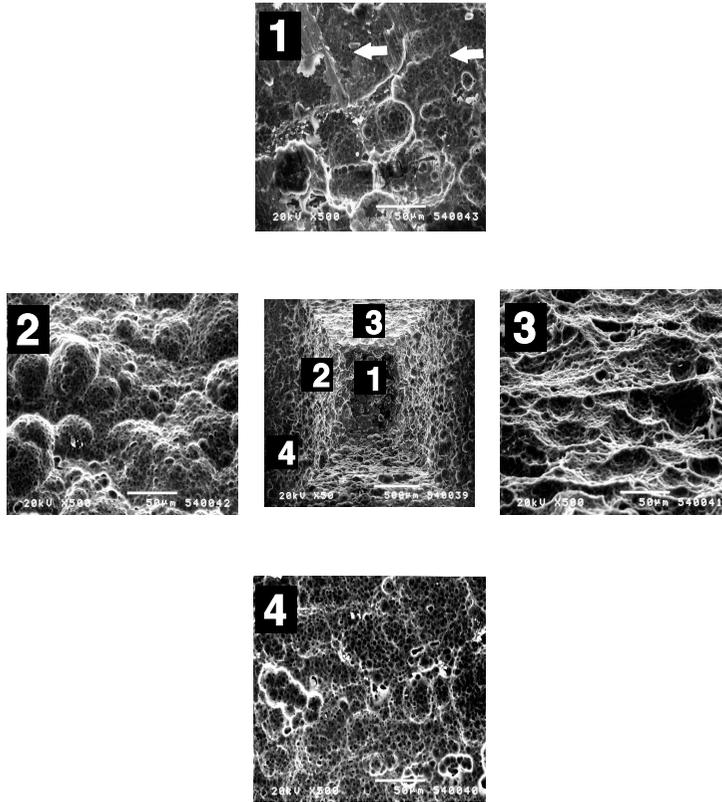


그림 7. LCD 제조과정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask의 sonication 방법에 의한 표면 세정 효과를 조사하기 위한 고배율($\times 500$)의 주사전자현미경(SEM) 사진. 그림에서 화살표는 Al의 불완전 제거에 따른 Al 잔류물을 나타낸다.

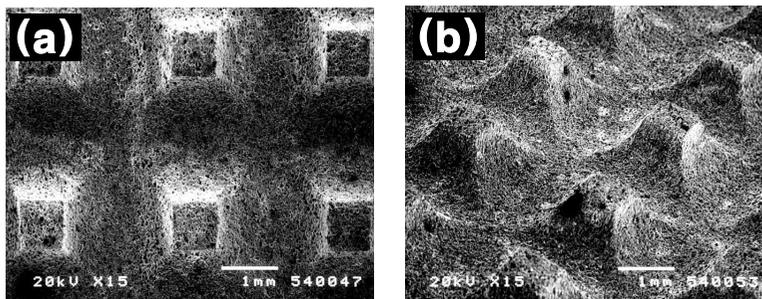


그림 8. LCD 제조과정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask의 microwave 방법에 의한 표면 세정 효과를 조사하기 위한 저배율($\times 15$)의 주사전자현미경(SEM) 사진. (a)는 mask의 위에서 관찰한 사진이고, (b)는 사각추의 측면에서의 세정효과를 보다 효율적으로 관찰하기 위하여 시료의 평면을 기준으로 60° tilting하여 관찰한 사진이다.

그림 9는 그림 8에 있어서 하나의 사각추에 대하여 고배율($\times 500$)로 관찰한 주사전자현미경 사진이다. 그림 9의 (2)~(4)에서와 같이 사각추의 거의 모든 부위에서 Al의 불완전 제거에 따른 잔류물이 존재하지 않았으나, sonication을 이용한 세정 처리방법과 거의 유사하게 그림 9(1)에서와 같이 사각추의 윗부분에서 다른 부위에 비해 상대적으로 다량의 Al 잔류물(그림에서 화살표로 표시한 부분)이 관찰되었다. 그러나 microwave 방법을 이용한 그림 9(1)과 sonication을 이용한 그림 7(1)을 상호 비교하였을 때, microwave를 이용한 세정 처리방법이 sonication을 이용한 처리방법보다 매우 효율적인 액정용 mask 세정 방법임을 알 수 있다. 그리고 본 보고서에는 나타나 있지 않지만 microwave 및 sonication을 이용한 처리방법은 ITO(Indium Tin Oxide), Mo등과 같은 코팅층의 세정에도 매우 우수할 뿐만 아니라, 특히 코팅층상에 균열(crack) 및 공극(void)이 존재하지 않는 치밀한 구조의 Cr등과 같은 물질의 완전한 제거는 기존의 산/알칼리 수용액만을 이용한 세정 기술로는 불충분하였으나 이러한 물질에도 매우 효과적인 방법이었다.

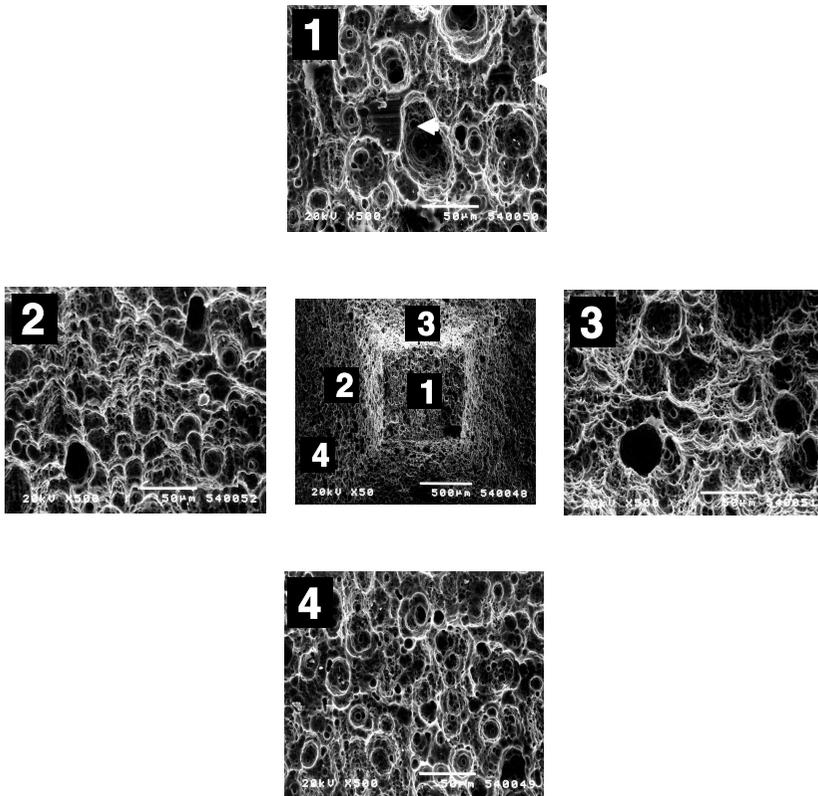


그림 9. LCD 제조공정중에 알루미늄(Al)이 코팅된 mask의 microwave 방법에 의한 표면 세정 효과를 조사하기 위한 고배율($\times 500$)의 주사전자현미경(SEM) 사진. 그림에서 화살표는 Al의 불완전 제거에 따른 Al 잔류물을 나타낸다.

III. 결론

LCD는 액정 분자의 배향을 위한 배향막 형성 공정과 cell gap 형성 공정, 그리고 액정 주입 및 편광 박막 증착 공정 등에 의하여 제작된다. 이러한 각 공정들 중에서 액정판넬의 선택적인 부분에만 ITO(Indium Tin Oxide), Al, Mo, Cr등의 각종 박막들을 증착시키기 위해서는 알루미늄(Al_2O_3)로 제조된 mask를 필요로 하며, 이와 같은 mask는 산/알카리 액정 mask 세정 기술에 의하여 mask 표면에 코팅된 각종 코팅 물질을 제거한 후 재 사용한다. 그러나 정기적인 산/알카리 세정에 의한 기존의 방법은 mask 표면에 코팅된 각종 코팅물질을 제거하는데 장시간이 소요될 뿐만 아니라 mask의 부식 및 침식현상이 현저하여 전량 수입에 의존하고 있는 액정용 mask의 수명 저하를 초래한다. 따라서 본 연구에서는 산/알카리 수용액중에 액정용 mask를 장입한 후, sonication 혹은 microwave를 부가적으로 이용함으로써 세정효과의 극대화를 꾀할 수 있는 LCD mask용 세정 기술 개발을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 액정용 mask 상에 코팅된 증착물질의 종류에 따라 코팅층의 표면형상 -균열(crack) 및 공극(void)등- 이 현저하게 변화되므로 세정의 방법 및 조건이 달라져야한다. 그리고 특히 코팅층상에 균열 및 공극이 존재하지 않는 치밀한 구조의 Cr등과 같은 물질의 완전한 제거는 기존의 산/알카리 수용액만을 이용한 세정 기술로는 불충분하다.

2) 본 연구에서 중점적으로 검토된 세정기술 중, sonication과 microwave 방법에 따른 mask 표면의 세정 효과는 동일한 세정처리 시간동안에 산 및 알카리의 수용액만을 사용하는 기존의 처리방법에 비해 매우 효율적인 방법이다.

3) microwave 방법과 sonication 방법을 상호 비교하였을 때, microwave를 이용한 세정 처리방법이 sonication을 이용한 처리방법보다 효율적인 액정용 mask 세정 방법이다.

4) 본 연구의 microwave 및 sonication을 이용한 처리방법은 ITO, Al, Mo등과 같은 코팅층의 세정에도 매우 우수할 뿐만 아니라, 특히 코팅층상에 균열 및 공극이 존재하지 않는 치밀한 구조의 Cr등과 같은 물질의 완전한 제거는 기존의 산/알카리 수용액만을 이용한 세정 기술로는 불충분하였으나 이러한 물질에도 매우 효과적인 방법이었다.

참고문헌

- [1] LCD 제조공정과 장비, 김원식 외1, 내하출판사
- [2] 전기통신학회지, Vol. 48, No. 11
- [3] 표면기술학회지, Vol. 42, No. 4
- [4] 정밀공학회지, Vol. 54, No. 10
- [5] 웨이퍼 세정기술 Wafer Cleaning Technology, 장인배 역, CIR(씨아이알)
- [6] Ultrasonic Cavitation Treatment of Metallic Alloys, Iakovos Tzanakis, MDPIAG