

## Dip 추출에서 유체 표면의 영향을 고려한 친환경 포토레지스트 박리공정

김준현<sup>a</sup>, 김승현<sup>b</sup>, 정병현<sup>c</sup>, 주기태<sup>b</sup>, 김용성<sup>b\*</sup>Green Photoresist Stripping Process with the Influence of  
Free Surface from Dip WithdrawalJoon Hyun Kim<sup>a</sup>, Seung Hyun Kim<sup>b</sup>, Byung Hyun Jeong<sup>c</sup>, Gi-Tae Joo<sup>b</sup>, Young Sung Kim<sup>b\*</sup><sup>a</sup> Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science & Technology,  
232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea<sup>b</sup> Graduate School of NID Fusing Technology, Seoul National University of Science & Technology,  
232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea<sup>c</sup> Eotech, 311 Dimec, The 4th Gumi National Industrial Complex,  
17, Cheomdangieop1-ro, Sandong-myeon, Gumi, Gyeongbuk-do, 39171, Korea

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received	12	November	2015
Revised	1	January	2016
Accepted	26	January	2016

## Keywords:

Dip coatings  
Formulation  
ITO Glass  
Photoresist  
Stripping process

## ABSTRACT

This paper describes a green stripping process to effectively strip the remaining DFR layer on a non-alkali-based ITO glass surface after an etching process. A stripper, water-soluble amine compound, is used to investigate the characteristics of stripping ability and to suggest a valid method for the green process. Increasing the composition (5-30% concentration) of the ethanol amine-based stripper was found to greatly reduce the stripping time applied in the dipping method. The composition (30%) achieved an excellent stripping effect and free-residue impurities. Additionally, it was possible to obtain the effect of stripping in a way to sustain the release before generating DFR sludge from the ITO glass surface by using dipping condition (stripping time) in the composition. An Additional stripping process (buffering) out of dipping can realize productivity improvement and cost reduction because of the higher proportion of re-use of the stripping solution used in the DFR removal step.

## 1. 서론

현재 반도체 및 디스플레이 산업은 연구 및 개발의 투자비용이 막대하게 요구되는 자본 집약산업이며 또한 고도의 생산기술 자체도 첨예하게 경쟁되는 기술집약적 산업이다.

반도체는 실리콘(Si) 웨이퍼(wafer)상에 반도체를 구현하는 것이고, TFT-LCD는 글라스에 반도체(thin flim transistor)를 올리

는 것인데, 특히 대형화되는 디스플레이 산업에서 세계 시장의 선도를 위한 신 공정 개발의 주축은 이러한 공정상에 사용되는 소재 부분에서 각 제조공정의 최적화에 맞는 기술을 적용하기 위해 집중되어 개발되고 있다.

특히 소재분야는 초기 설비 분야에 집중되는 장비분야와는 달리 생산라인의 특성이나 설계에 매우 민감한 편이다. 그 중에서도 공정정소재(process chemical)는 Fig. 1처럼 포토레지스트 도포(PR:

\* Corresponding author. Tel.: +82-2-970-6804

Fax: +82-2-970-6011

E-mail address: youngsk@seoultech.ac.kr (Young Sung Kim).

coating with photoresist)에서 PR 박리(stripping)까지 이어지는 순환 반복 공정에 집중되고 있다.

디스플레이 제조과정 중 미세 전극 및 회로를 형성하기 위해서는 사진 식각(photo-Lithography) 공정이 주로 이용되며 일부 제조과정 중 전극을 형성하기 위해서는 글라스위에 ITO 또는 금속(알루미늄(Al) 및 구리(Cu))을 도포하고 PR을 코팅한 후 노광마스크에 자외선(UV)을 조사하여 원하는 모양대로 PR을 분해/경화시키는 과정을 거치게 된다.

그러나 최근에는 공정소재의 수요가 반도체 분야보다 대형화가 이루어지는 디스플레이 분야 쪽에서 박리액 사용량이 급격히 증가되고 있다. 따라서 박리액의 배합(formulation), 첨가제 응용기술과 정제(purification)기술개발에 비중이 높아지고 있다.

이와 동시에 PR 박리 능력을 강화하기 위해 환경에 매우 유해한 성분이 다수 포함되는 유기계 박리액 사용에 대한 환경 규제가 강화되고 있어, 수계 박리액 적용의 친환경 공정기술 및 폐액 감소를 위한 재생기술(recycle)이 검토되고 있다<sup>1,2)</sup>.

이와 같이 제조과정에서는 유해성 화학물질의 사용을 억제하거나 재활용 가능한 장치를 구성하여 폐액 (waste stripper)발생 감소 등의 과정을 통해 환경성 공정개선을 시도하고 있다. 특히 박리공정에서 발생하는 폐액은 비활성 성분(resist 등), 저 비등점 성분(물) 그리고 고 비등점 성분 등이 박리액 성분과 혼재되어 있다<sup>3)</sup>.

딤(dip), 분사 노즐(spray nozzle), 스펀(spin) 등으로 이루어지는 액상의 도포 및 제거방식에서 사용되는 양만큼 발생하는 폐액들을 다시 분리하여 재활용하는 장치를 추가하거나 친환경인 수계 성분의 수용성 기반의 용제를 개발하여 대응하기에는 비용 상승과 박리 능력의 저하와 같은 문제가 존재하게 된다.

따라서 본 연구에서는 디스플레이 패널 제조 공정에서 가장 많은 생산 제조 공정이 반복되는 PR 형성 및 제거 공정에서 사용되는 PR 박리 공정을 검토한다. 이를 위해 친환경 수계용제를 적용하고 공정상 사용을 최소화하여 폐액 발생의 비율을 낮추고 이로 인해 발생 되는 박리 공정 시간의 증가되는 문제를 해결하고자 한다.

## 2. 실험 구성 및 결과

### 2.1 Dipping 박리 특성 실험

Fig. 2에서 보이는 전극 패턴은 크기가 370×470 mm인 비알칼리계 글라스 기판에 ITO 박막을 증착한 후, 주발광소자의 전극형성을 위해 40 μm 두께의 파란색 감광성 필름(DFR: dry film photoresist)로 패턴닝을 하여 전극을 제외한 ITO층을 에칭하여 남은 형태로 DFR 층을 수계 박리액을 사용하여 제거할 때 ITO전극이 형성되게 된다. 기초 특성 실험은 이때 박리단계에서 교반작용이 없는 dipping 방법에 의한 여러 변수들과 적절한 수준수 등의 최적조건을 분석하고 이를 토대로 친환경 공정 기법을 제시하고자 한다.

사용되는 수계 박리액은 PR 4031로써 에탄올아민과 물 그리고 기타 성분의 함유량을 가진다<sup>4)</sup>. 해당 박리액을 증류수와의 혼합비율에 의해 다양한 조성 농도비율에 따라 준비된 액상에 dipping 방식으로 1차적으로 노출시키고 액상에서 물리적으로 토출시켜 시료에 점착된 잔량의 박리액으로 2차적으로 화학적 박리 과정을 진행시킨다.

최종 박리과정과 세정과정을 거친 후 ITO 전극표면에서 PR의 박리 시간은 1분 이내, 박리 후 면저항은 10 ohm/sq 이내, 광투과율은 85% ( $\lambda = 550 \text{ nm}$ ) 이상을 유지함을 목표로 한다.

박리액의 기본 성능의 특성 파악을 위해 증류수와의 혼합으로 조성 비율 5%에서 30%까지 5%의 간격으로 조성을 조절하였다. 적용 박리액의 사용온도는 상온에서 50°C까지 10°C 간격으로 조절하여 박리공정을 확인했다. 박리 시간은 최초 ITO전극 표면으로부터 DFR 필름의 박리가 시작되어 박리가 완료되는데 걸린 시간으로 결정하였다.

실험의 신뢰성을 위해 Fig. 2의 DFR 패턴된 샘플을 4등분하여 동일 크기의 샘플로 제작하고, 같은 용량의 6개의 비커에 각각 5%에서 30%까지 조절된 수계 박리용액에 이 샘플들을 동시에

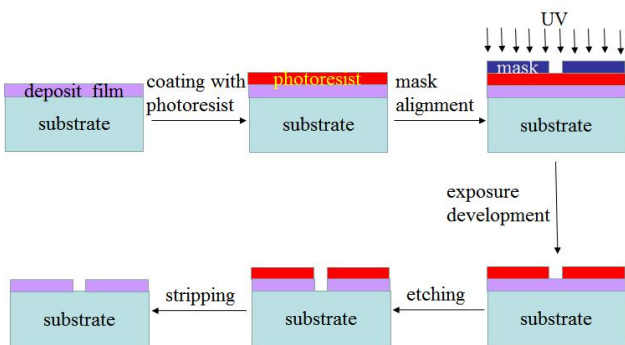


Fig. 1 Photoresist process

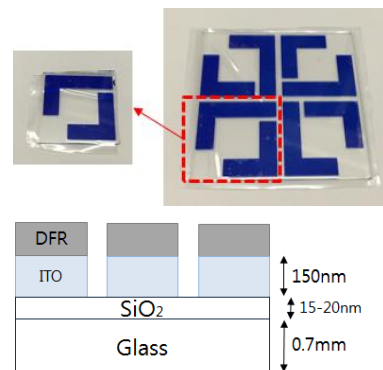


Fig. 2 ITO electrode patterned on the non-alkali glass and their specific layers

dipping하여 캡코드 영상으로 박리현상과 박리시간을 기록하였다.

박리종료 후 육안으로 확인이 안 되는 ITO 표면에 대한 DFR 필름의 잔사 여부를 위해 세정을 거친 뒤 UV-visible로 투과율과 Hall effect 측정 장비로 저항값을 측정하였다.

Fig. 3은 증류수와 희석한 6개의 조성 비율(5, 10, 15, 20, 25, 30%)에 따라 동시에 박리가 진행되는 과정 중 53초에서 획득된 이미지이다. 박리액은 핫플레이드로 동일하게 30°C까지 온도를 상승 시킨 후 동시에 6개의 DFR로 패터닝된 ITO전극 글라스를 dipping시켜 박리공정을 진행시켰다. 육안 상으로도 박리액의 농도가 높을수록 박리가 시작되는 시간이 빠르게 진행되는 것을 알 수 있었다.

Fig. 4는 구체적으로 박리액의 사용 온도별로 그리고 박리원액과 증류수와의 희석비율에 따라 진행되는 박리과정을 캡코드 영상을 통하여 dipping 상태에서 ITO 글라스 표면으로부터 DFR의 박리시작과 종료가 되는 시간을 확인하였다.

사용 온도별로 6개의 조성 비율에 따른 DFR 글라스 표면으로부터 진행 시간에 따라 나타난 박리 상태를 보면 Fig. 4(a)에서 실온에서는 박리가 완전히 끝나는 시간이 조성 비율이 30%에서도 60초가 소요되었으나 40°C 사용온도에서는 조성 비율이 15%에서도 60초 이내에 박리과정이 완료되었다. 그리고 50°C 사용온도에서는 조성 비율이 5%에서도 60초 이내 박리가 가능하였다.

추가적으로 정밀하게 잔사의 여부를 확인하기 위해 UV-visible 측정된 결과 Fig. 5와 같이 사용 박리액이 30°C와 30% 조건인 경우 550 nm 기준 88.85% 투과율을 보이고 있다. 이는 요구되는 85% 기준을 넘어 89%에 접근하는 수준이다.

이와 같이 아민(amine)계를 기본으로 글리콜(glycol) 고리형 알콜과 H<sub>2</sub>O을 포함하는 수계용제에 의한 40 μm 두께의 DFR을 박리하는 능력도 유기계에 못지않게 짧은 시간으로 대응 가능함을 알 수 있다.

반면에 평판디스플레이 모듈과 같이 대형기판에서의 공정에 따른 박리액 사용량의 증가와 함께 폐액 처리와 같은 환경적인 측면과 비용 상승의 상대적인 부분이 증가하고 있다. 이를 보완하는 방식으로 재생, 재이용(recycling)하는 형태의 사용 조건을 찾고

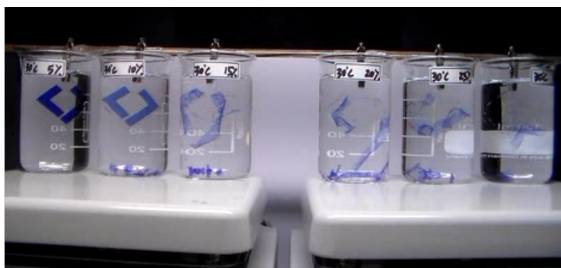
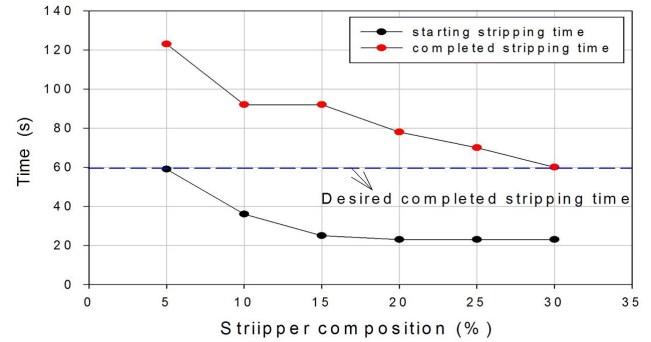


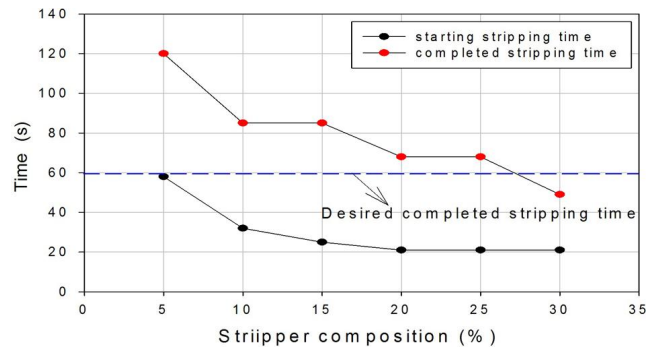
Fig. 3 A stripping test image for six different compositions of the stripper by using the dipping method

있다<sup>[1]</sup>.

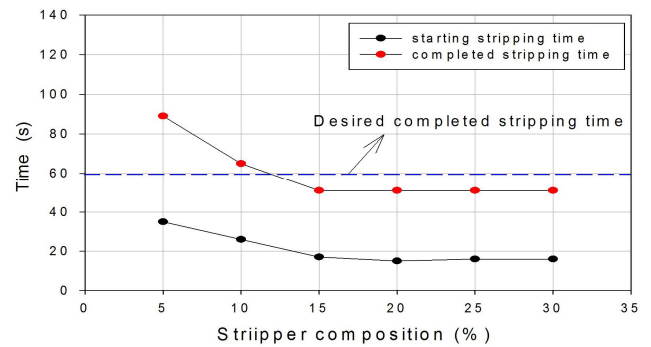
따라서 증류수와의 희석률을 높여 대량으로 사용하고 이를 회수 재생하는 기존 공정에 반해, 박리액의 원액 사용 비율을 높여 박리



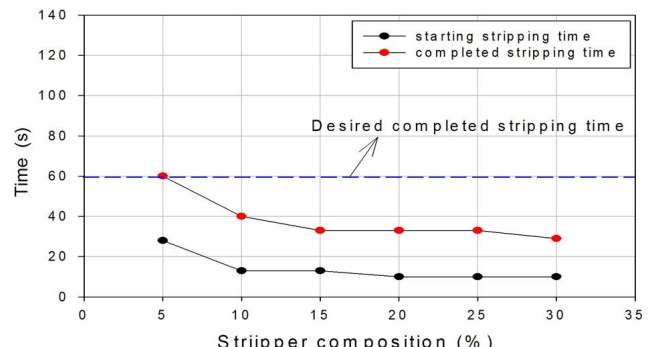
(a) room temperature



(b) 30°C



(c) 40°C



(d) 50°C

Fig. 4 Dip stripping results with various temperatures and compositions

효과를 높이는 대신 공정 시 사용량을 줄이는 방식으로 재사용률을 향상시키는 방법으로 검토하였다.

### 2.2 Dipping 후 추출 박리 실험

Fig. 4와 같이 박리액의 조성 비율에 따라 박리가 시작되는 시간과 종료되는 시간의 추이를 토대로 Fig. 6과 같이 dipping되어 활성 박리가 발생하는 시간의 추이를 일반화 할 수 있다. 이를 기준으로 본격적으로 박리가 활성화되기 전인 dipping 시간만을 적용하고 추출할 때 DFR 글라스 표면에 접촉되어 같이 추출되어 나오는 소량의 박리액 만으로 추가 박리를 진행시켜 잔사가 남지 않는 사용 조건을 제시하고자 한다.

추출 박리 실험 조건은 Fig. 4의 기본 박리 특성 실험에서 확인된 정보를 바탕으로 Table 1과 같이 기능성과 경제성을 고려한 dipping 관련 수준의 범위를 정하여 사용 박리액은 40°C 기준에서 조성 비율을 20-30%로 하였다. 추출을 위한 각도는 30, 60 및 90도를 적용하였다.

실험의 절차는 박리원액을 증류수에 희석시켜 각각 사용농도로 만든 후 80 mL 비커에 담고, ITO투명전극 위 DFR로 패터닝된 글라스를 동시에 비커에 담근 후 DFR이 박리되기 전의 시간(17초)을 적용하여 각도별로 천천히 추출하였다.

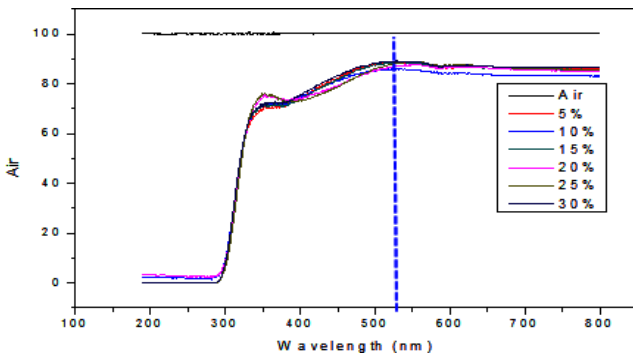
용액 밖으로 추출된 샘플은 대기 중에서 240초 동안 추가적으로 표면의 잔여 점착 용액으로 박리작용을 지속시켰다. 최종 세정을

거쳐 육안 검사, UV-visible 및 Hall effect 검사를 실시하였다. 육안 상으로 확인되는 박리 정도를 정밀 검증하기 위하여 UV-visible 측정으로 기준치인 85%의 이상의 투과도를 검사하였다.

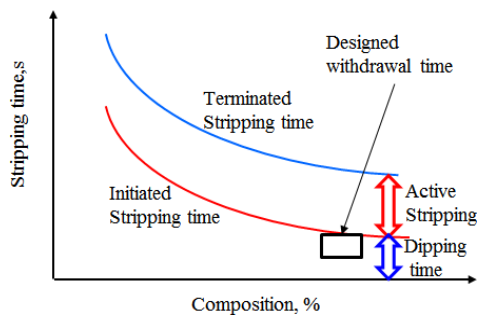
Fig. 7(a)는 ITO 글라스를 추출 각도와 조성 비율을 달리하면서 비교 측정 한 결과이다. 파장 길이가 550 nm를 기준으로 볼 때 Fig. 7(b)에서처럼 적용한 모든 사용 조건에서 85%를 넘어서고

**Table 1** Withdrawal stripping test design for applying the restricted dipping time and exposed stripping time

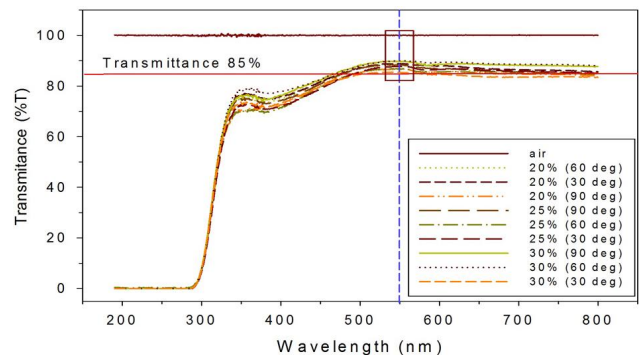
Composition (%)	Withdrawal angle (deg)	Dipping time (s)	Exposure time (s)
20	30	17	240
	60	17	240
	90	17	240
25	30	17	240
	60	17	240
	90	17	240
30	30	17	240
	60	17	240
	90	17	240



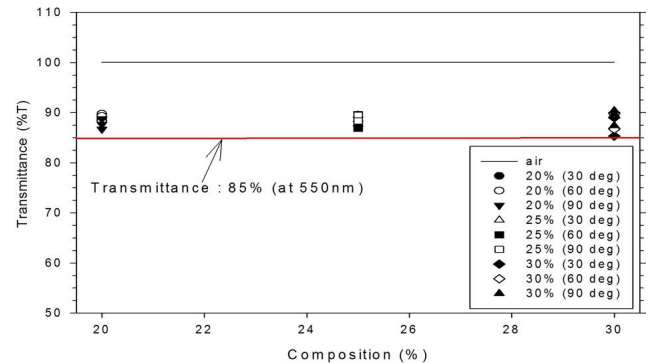
**Fig. 5** UV visible transmittance at dip stripping with 30°C and 30% composition



**Fig. 6** Condition of selection for determining a withdrawal time



**(a)** Transmittance with various wavelength on ITO electrode



**(b)** Transmittance at  $\lambda=550$  nm with various withdrawal angles and compositions

**Fig. 7** UV visible transmittance on the ITO electrode with different stripper compositions at 40°C

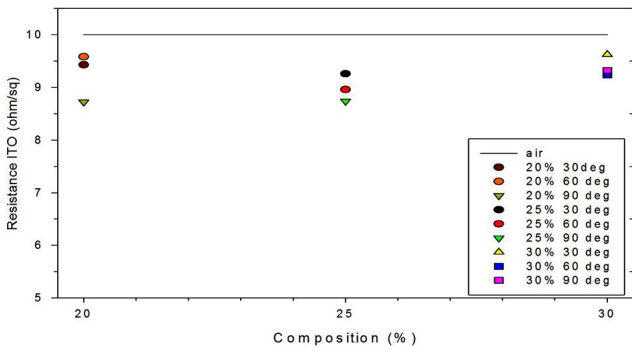


Fig. 8 Hall resistance (ITO)  $\leq 10$  ohm/sq with different stripper compositions

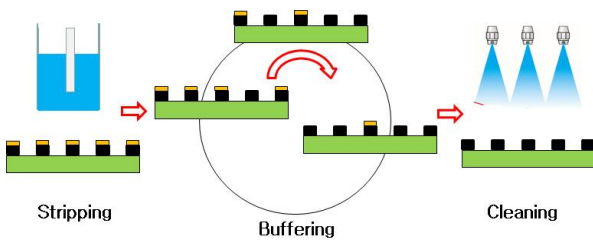


Fig. 9 Conceptual diagram for buffering process for additional stripping between the stripping and the cleaning processes

있다. 특히 미세하지만 조성 비율이 높아질수록 그리고 추출각이 수직에 가까워질수록 박리의 상태가 양호한 것으로 나타났다.

또한 박리 정도를 간접적으로 판단하기 위해 제거된 DFR 패턴 아래 투명 전극 ITO 박막의 면저항 측정결과 10 ohm/sq 기준 이내로 나타났다. 결과적으로 40  $\mu\text{m}$  두께 수준의 DFR의 박리공정은 40°C 사용온도와 30% 정도로 희석된 수계 박리액을 사용한다면 실제 충분히 적용 가능한 것으로 판단된다.

그러나 실 공정에서 연속 작업이 필요로 하는 최소로 요구되는 공정 시간을 고려할 때, 이 부분은 Fig. 9와 같이 버퍼링 공정을 두어 연속 작업을 기할 수 있다. 이미 전술한대로 본 연구에서 사용된 ITO 글라스 크기와 사양에 해당되는 DFR 박리의 경우는 180-240초 정도의 추가 박리 시간이 필요하기 때문에 17초가 소요되는 dipping과 추출하는 단계를 반복하여 연속적인 버퍼링 과정을 두면 된다.

이와 같은 공정 방법은 폐액 발생비율이 현격히 낮아지므로 사용 박리액의 교체 및 재생 비용을 낮추며 지속성을 상승 시킬 수 있다.

### 3. 추출 시 점착되는 부분의 수계면 영향

앞서 제기한 dipping 후 추출 과정을 거치는 공정에서 중요한 부분은 추출 시 ITO 글라스 표면에 점착되어 나오는 유량의 양적인 부분을 극대화하는 것이 중요하다. 이를 확인하기 위해 유체역학적인 이론으로 접근하여 고찰한다.

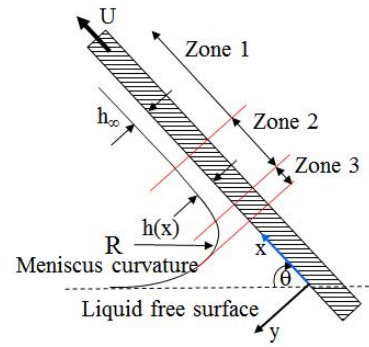


Fig. 10 Analogy for a withdrawal glass plate with surface tension force

물체가 수면 아래에서 추출되는 동안 일정 두께의 유체를 이끌어 내는 이론적 접근은 이미 Landau-Levich 문제로서 많은 연구자에 의해 표면장력에 의한 물체 벽에 형성되는 곡선인 계면의 영향을 다루어 오고 있다<sup>[5,6]</sup>.

낮은 레이놀즈( $Re < 1$ )수의 조건으로 추출되는 물체의 벽에 점착되어 형성되는 유체의 두께는 점성에 따라 달라지며 부분적으로 표면장력에 의해서도 영향을 받게 된다. 그러나 최종적으로 완전히 추출되어 형성되는 두께는 유체의 점성이나 추출속도, 추출각에 의해 조금씩 차이를 보일 수가 있다. 일부는 이미 Fig. 7과 8에서 실험적 결과로 언급되었다.

ITO 글라스 양면 또는 한 면에 패턴된 DFR은 Fig. 10과 같이 dipping 후 일정시간 경과 후 일정속도로 박리액으로 부터 추출된다. 추출되는 과정에서 추출 경사각에 따라 양쪽 수면으로부터 글라스 표면에 수면의 곡률 반경 ( $R$ )을 유지하면서 추출 물체의 벽면에 흡착된 박리 용액은 두께에 영향을 주는 표면 장력이 형성된다. Fig. 10은 접촉각( $\theta$ )에 따라 좌측으로 기울어진 상태로 추출되는 형태이다.

여기서,  $U$ 는 추출속도,  $h$ 는 벽면에 흡착되는 유체 두께이다. 박리용액의 저장소로부터 매우 저속으로 추출되기 때문에  $Re < 1.0$ 에 한정하고 중류수와 희석되는 혼합 박리용액은 비압축성이며 뉴턴 유체이다. 그리고 추출 시 충분히 글라스 표면에 젖는 것으로 가정한다.

수면으로부터 글라스 표면에 접촉되는 유체의 곡률반경  $R$ 은 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{1}{R} = - \frac{\frac{d^2h}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dh}{dx}\right)^2\right]^{1.5}} \quad (1)$$

표면장력이 작용하는 표면에 형성되는 압력( $p$ )은  $(\pi R)\sigma = \pi R^2(p - p_0)$  부터 구할 수 있다. 여기서  $\sigma$ 는 표면장력값이며  $p_0$ 는

대기압이다. 실제 버블이나 액적 상태보다는 표면적이 작기 때문에 액적 경우보다 반을 적용한다. 따라서 다음의 관계식을 적용한다.

$$p = -\sigma \frac{d^2h}{dx^2} \quad (2)$$

추출되는 물체의 표면에 점성과 젖음의 이끄림에 의해 형성되는 유동 형상은 특성상 Landau-Levich 문제처럼 Fig. 10과 같이 3영역으로 구분한다.

첫째 영역(zone 1)은 유막 두께가  $h_\infty$ 로 일정하게 형성된다. 여기선 표면장력의 영향은 없다.

두 번째 영역(zone 2)은 추출 표면으로부터 거리에 따라 유막 두께가 미세하게 감소하나 표면장력의 효과가 여전히 존재한다.

세 번째 영역(zone 3)은 표면장력의 효과만 존재하게 된다. 이 부분에서는 식 (1)을 적용하고, 계면의 곡선으로 이루어지는 부분의 정압은 무게중심을 고려하면 다음의 식으로 표현된다.

$$-\frac{\frac{d^2h}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dh}{dx}\right)^2\right]^{1.5}} = \frac{\rho g x}{\sigma} (1 - \sin\theta) \quad (3)$$

관심의 영역인 지역 2와 지역 3의 표면장력 효과를 설명하기 위해 지역 2와 지역 1의 일치되는 조건을 얻어야 한다. 물리적인 의미로 연속적인 표면을 형성하기 위해서 두 지역이 만나는 지점 ( $h \rightarrow h_\infty$ )에서 식 (1)에  $(dh/dx) \rightarrow 0$ 을 적용하면 곡률 반경이 같아야 한다.

$$\left(\frac{d^2h}{dx^2}\right)_{h_2=h_\infty} = \left(\frac{d^2h}{dx^2}\right)_{h_1=h_\infty} \quad (4)$$

따라서 지역 3을 대변하는 식 (3)을  $dh/dx$ 에 대하여 적분을 취하면 다음과 같다.

$$\frac{\frac{dh}{dx}}{\left[1 + \left(\frac{dh}{dx}\right)^2\right]^{0.5}} = \frac{\rho g x^2}{2\sigma} (1 - \sin\theta) - 1 \quad (5)$$

식 (5)에서  $h \rightarrow h_\infty$ 가 되면  $(dh/dx)'' \rightarrow 0$ 이 되기 때문에 균일 유막 두께가 형성되는 지점까지의  $x$ 축 상 거리는 다음과 같다.

$$x \rightarrow \sqrt{2} \left(\frac{\sigma}{\rho g (1 - \sin\theta)}\right)^{0.5} \quad (6)$$

식 (6)에서 균일하게 유막 두께가 형성되는 시작점의 글라스 표면에서의 거리( $x$ )는 표면장력( $\sigma$ ), 밀도( $\rho$ ) 그리고 추출각( $\theta$ )에 의해 결정된다. 높은 추출각과 사용 박리액의 표면장력이 클수록 그

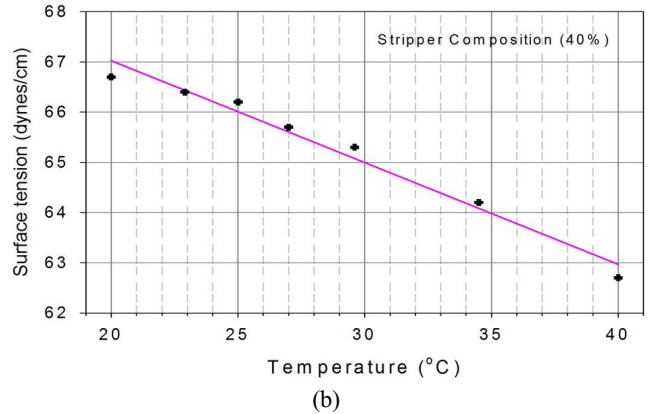
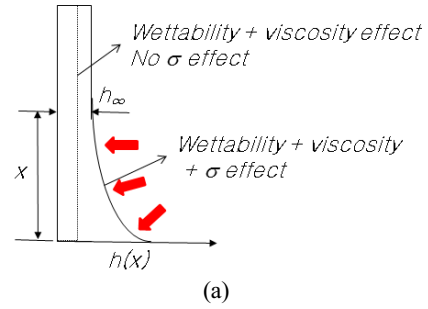


Fig. 11 (a) Analogy for the film thickness w/o surface tension effect, (b) temperature dependency of the surface tension ( $\sigma$ ) of the stripper (30% composition)

리고 밀도는 낮을수록 지역 1과 2가 만나는 지점까지의 거리(Fig. 11(a)에서  $x$ )는 기하학적으로 길어진다.

이는 그만큼 길어지는 영역만큼 글라스가 dipping 상태에서 추출될 때 점성에 의해 이끄림으로 표면에 형성되는 유막층 외에 여기에 표면 장력이 수면과 글라스 표면에 걸쳐 계면에 추가 작용하여 표면에 점착되는 유막의 두께를 더 두텁게 하는 것으로 물리적 해석을 해볼 수 있다.

추가적으로 Fig. 11(b)의 측정 결과처럼 온도가 높아질 때 표면장력은 비례적으로 낮아지는 경향을 가지나 밀도 또한 낮아지기 때문에 물리적으로는 추출각의 영향력에 따라 유막의 일정 두께를 결정한다고 볼 수 있다.

이와 같은 해석으로 소형 ITO 글라스 같은 경우는 표면에 점착되는 박리용액의 양의 차이가 미소하지만 존재할 것으로 보인다. 이러한 부분은 Fig. 7의 30% 조성에서 3 가지 추출각에 의한 박리 성능결과에서도 미세하지만 투과성 차이로 나타나는 점을 확인할 수 있기 때문에 그것의 영향을 추론해볼 수 있다.

#### 4. 결론

2세대용 디스플레이용 비알칼리 글라스 위에 코팅된 ITO 박막 위에 전극형성을 위해 40  $\mu\text{m}$  두께의 DFR로 전극 패터닝을 하여

ITO층을 에칭하였다. 이때 ITO 전극 위에 형성된 DFR층을 친환 경 수계 박리액을 사용하여 최적 공정변수를 검토한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

(1) 고성능 포토레지스트(DFR용) 에탄올 아민계 스트리퍼 조성 물 (5-30%, 조성 기준)에 관하여 dipping 방식으로 적용 시 20% 조성 이상, 온도는 40°C, 박리시간 60초 이내의 조건에서 박리효과가 최적화됨을 확인하였다.

(2) 조성물별로 dipping 상태에서 표면으로 부터 DFR 슬러지가 본격 발생되기 전인 박리조건을 이용하여 추출하는 공정으로 박리를 검토한 결과 추출 각도가 저각에서 고각으로 갈수록 박리효과가 효율적임을 확인하였다.

(3) 공정 중 박리용액의 절감을 확대하기 위해서, 기존 dipping 공정에서 PR박리 직전의 시간에서 추출을 진행하여 대기 중에서 추가적인 완충 공정(buffering)을 보완하면 공정 라인 자체가 단순화됨으로써 생산성 향상 및 원가절감을 이룰 수 있다.

즉, DFR 제거 공정에 사용되는 박리액의 재이용 비율이 높기 때문에 폐액을 직접 재생하는 기존 박리공정과는 달리 박리용액의 획기적인 절감이 기대된다.

## 후 기

이 연구는 2015년 청정생산기반전문기술개발사업 과제번호 10052250의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## References

- [1] Lee, H. K., Lee, I. G., Park, M.-J., Koo, K. K., Cho, Y. J., Cho, B. G., 2013, Technical Trend on the Recycling Technologies for Stripping Process Waste Solution by the Patent and Paper Analysis, Journal of the Korean Institute of Resources Recycling, 22:4 81-90.
- [2] Kentish, S. E., Stevens, G. W., 2001, Innovations in Separations Technology for the Recycling and Re-use of Liquid Waste Streams, Chemical Engineering Journal, 84:2 249-159.
- [3] Moon, S. H., Chai, S. H., 2009, A Study on Recycling Technology of EC for Semiconductor and LCD PR Stripping Process, Journal of the Institute of Electronics and Information Engineer, 46:10 25-30.
- [4] Eotech, viewed 18 August 2015, <<http://www.eotechkorea.com>>.
- [5] Wilson, S. D. R., 1982, The Drag-out Problem in Film Coating Theory, Journal of Engineering Mathematics, 16:3 209-221.
- [6] Maleki, M., Reyssatb, M., Restagnoc, I., Quéréb, D., Clanetd, C., 2011, Landau-levich Menisci, Journal of Colloid and Interface Science, 354:1 209-221.