https://doi.org/10.7735/ksmte.2018.27.2.154

J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.
ISSN 2508-5107(Online)

환경친화형 수계 박리액의 박리공정특성 및 청정성 평가 연구

이기성[a], 전진우[b], 손지영[c], 김준현[b], 주기태[a], 정병현[d], 이대원[e], 김용성[a*]

Characteristics and Cleanliness of Strip Process of Environment-Friendly Aqueous Stripper

Ki-Seong Lee[a], Jin Woo Jeon[b], Ji Young Son[c], Joon Hyun Kim[b], Gi-Tae Joo[a], Byung Hyun Jeong[d], Dae Won Lee[e], Young Sung Kim[a*]

[a] *Graduate School of NID Fusing Technology, Seoul National University of Science & Technology 232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea*
[b] *Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science & Technology 232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea*
[c] *Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science & Technology 232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811, Korea*
[d] *Eotech, 311 GERI, 567, Bongsan-ri, Sandong-myeon, Gumi, Gyeongbuk-do, 39171, Korea*
[e] *DS Techopia, 39, Pungsesandan2-ro, Pungse-myeon, Cheonan, Chungnam-do, 31217, Korea*

ARTICLE INFO

Article history:
Received 3 March 2018
Accepted 9 April 2018

Keywords:
Aqueous stripper
ITO-Glass
Dipping
Photoresist
Stripping process
Swelling

ABSTRACT

In this research, we studied the cleanliness of a developed aqueous stripper with optimized mixing ratio of the water and solute components. The stripping properties of an organic stripper were compared with those of the aqueous stripper, and the electrical and optical properties of the stripped specimen with a coated ITO film layer on glass were evaluated. From the result of the PR stripping process of the aqueous stripper with optimized water content and organic stripper, the aqueous stripper showed equal or better stripping capability than the organic stripper. In the case of the aqueous stripper, PR was floating in the stripper liquid through swelling and tearing, whereas the organic stripper showed dissolution of PR into the stripper liquid. Based on the difference in stripping mechanism between the organic and aqueous strippers, we estimated greenhouse gas (GHG) emissions and the amount of wastes in each stripper.

1. 서 론

반도체를 비롯한 디스플레이 산업분야의 수요는 해를 거듭할수록 커지고 있다. 핸드폰, TV, 태블릿PC 등 스마트 산업의 발전에 따라 디스플레이 산업의 응용력 역시 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 공정설계자는 커져가는 수요에 맞춰 경쟁력을 갖추기 위해 더 높은 효율성과 기존의 것과는 나은 방식으로 접근할 필요가 있다. 특히 이들 소자 제작의 공정에서 기판위에 원하는 방식의 패턴을 형성하기 위해 반복적인 포토리소그래피(Photo-lithography) 공정은 필수적이다. 이 공정에서 가장 많이 사용되는 재료는 PR (photoresist)과 이 PR을 박리하기 위해 사용되는 박리액이다[1]. 특히 PR의 사용량에 비해 상대적으로 PR의 박리를 위해 사용되는

* Corresponding author. Tel.: +82-2-970-6804
Fax: +82-2-970-6011
E-mail address: youngsk@seoultech.ac.kr (Young Sung Kim).

박리액의 사용량은 체적비로 수천 배 이상으로 많이 사용된다. 또한 이 박리액은 대부분 PR 제거 공정에서 유기용매로 이루어진 유기계의 박리액이 주로 사용되어왔다. 박리액의 박리 능력은 박리제의 성분과 매우 밀접한 관련이 있다. 특히 박리 능력을 향상시키기 위해 유기용매로서 디메틸술폭시드, N,N-디메틸포름아미드, N,N-디메틸아세트아미드, N-메틸피로리톤, 디에틸렌글리콜 모노메틸에테르, 이에틸렌글리콜 모노부틸에테르, 디프로필렌글리코 모노메틸에테르 및 디프로필렌글리콜 모노부틸에테르 등이 함유되어 환경에 매우 유해하다[2]. 또한 이들 유기계 박리액은 사용 후 폐기 시 처리과정이 복잡하고, 궁극적으로 연소과정을 거치므로 환경오염을 피할 수 없다. 따라서 이러한 유기계의 박리액의 문제점을 극복할 수 있는 고성능의 박리제 개발이 국내외적으로 경쟁이 매우 치열하다[3]. 최근 주류를 이루고 있는 유기계 박리액을 대체하기 위해 수계 박리액의 개발이 진행되고 있다. 수계 박리액의 주요성분은 3차 알칸올 아민, 고리형 알코올, 극성 용제 등을 물과 함께 사용하거나, 유기 술폰산, 히드록신카르복실산을 물과 함께 사용하는 경향이 있다. 그럼에도 불구하고 공정 시 금속성분에 대한 부식성 및 PR의 세정력의 문제점이 개선되어야 한다[4]. 이에 대응하기 위해 본 연구에서는 기존 박리액에 주로 함유되어 있는 독성의 글리콜 에테르 및 극성 용제를 대체하고, 술폰산, 카르복실산, 인산 및 이들의 염 구조를 대체하는 친환경적인 박리액이 개발을 시도하고 있다. 특히 친환경적 박리제는 생분해성 물질을 투입하여 박리 후 폐액에 잔류하는 PR들을 간단히 여과하여 재생할 수 있어 청정성이 획기적으로 향상될 수 있는 장점을 가진다[5]. 기존의 박리액은 사용 후 대부분 폐액으로 처리하거나, 복잡한 고가 장치를 이용하여 재생을 시도하는 등 매우 비효율적인 공정 및 이로 인해 공정비용을 높이는 단점이 있다[6,7]. 반면 본 연구에 사용한 환경친화형 수계 박리액은 사용 후 간단하게 폐액으로부터 박리제를 재생할 수 있으며, 공정온도 상승에 따른 용액의 휘발에도 작업환경에 따른 안전성을 확보가 가능한 박리액의 특성을 갖게 설계되었다. 수계 박리액은 비인화성이며 무독성이다 그리고 증발물질을 허용하지 않는다. 따라서 박리공정 중에 재활용으로 청정성을 향상할 수 있고, 생산공정효율 향상으로 생산단가를 낮출 수 있는 특징을 갖는다[8-10].

본 연구에서는 디스플레이 공정에 요구되는 PR의 제거공정에서 동일 샘플을 동일 박리공정조건(딥핑공정법 :40 °C, 40 sec)에서 수계 박리액의 최적 청정성확보를 위해 일정용제에 증류수 혼합비율을 변화시켜 최적 수분함유조건을 연구하였다. 최적 검토조건에서 기존에 사용되는 상용 유기계 박리액과 현재 개발 중인 수계 박리액이 glass substrate위에 올려진 ITO층의 패터닝을 위한 PR의 박리 특성을 각각 비교 고찰하고 박리된 샘플의 전기 및 광학적 특성에 대해 성능평가를 하였다. 또한 박리액의 청정성을 비교하기 위해 기존 상용화된 유기계 박리액과 본 연구에 적용된 수계 박리액의 청정특성을 연구하였다.

2. 실험방법

2.1 PR박리 실험

박리실험에 사용된 시편은 유리기판위에 ITO가 증착된 박막에 전극공정을 위해 포지티브 형으로 AZ 계열의 PR이 스핀코팅 법으로 도포 되었다. 시편의 정밀한 구조를 파악하기 위해 주사전자현미경(SEM)으로 시편의 단면 촬영사진을 Fig. 1에 보였다. 유리기판위에 증착된 ITO 필름의 두께는 260 nm, PR의 평균두께는 770 nm로 스핀코팅 처리되어 있음을 확인하였다. 특히 유리 기판에 증착된 투명전극인 ITO박막 위에 코팅된 PR 표면의 색상은 나안으로 구분이 쉽지 않은 엷고 붉은 주백색을 띄고 있다.

본 실험에 사용된 환경친화형 수계의 박리액은 생분해성 성분(P-002)이 포함된 것을 특징으로 하는 박리액으로 ㈜ 이오텍에서 개발한 EO-DS7021용액을 사용하였으며, 이들의 성능을 비교 평가하기 위해 상용화된 범용 디스플레이 공정용 유기계 박리액 국내 D사의 DPS 시리즈 용액제품을 사용하였다. Table 1은 실험에 사용된 수계 박리액과 유기계 박리액의 주요성분 조성표이다.

PR박리 실험은 박리용액에 PR이 도포된 시편을 직접 담그는 딥핑 방법으로 진행하였다. 실험 조건은 선행연구결과로부터 최적의 박리공정조건인 40 °C의 박리용액에 40 sec간 딥핑하였으며[8,9],

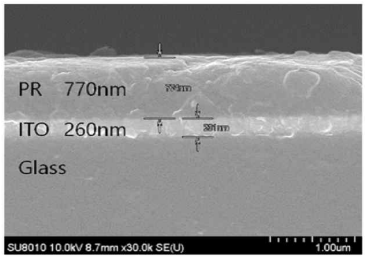

Fig. 1 SEM image for PR/ITO/Glass

Table 1 Chemical composition of organic stripper and aqueous stripper

Organic stripper	(wt %)	Aqueous stripper	(wt %)
1-Methyl-2-Pyrrolidone	40	Tetramethylammonium hydroxide (TMAH)	3
Dimethyl Sulfoxide	15	Monoethanolamine (MEA)	20
1,2-Propanediol	40	P-002	5
Tetramethylammonium hydroxide (TMAH)	5	Benzothiadiazole (BTZ)	1
-		D.I. water	71

이후 DI water를 이용하여 세척을 하였다. 박리실험 시 투명한 박리용액내부에서 PR의 박리거동을 나안으로 확인하기가 어렵다. 따라서 이를 확인하기 위해 실험조 외부에서 녹색레이즈 발진장치로 샘플표면에 투과하여 PR과 레이저의 광학적인 관섭을 이용하여 고속카메라로 박리거동을 연속적으로 관찰하였다. 본 실험의 장치 및 구성을 Fig. 2에 보였다.

2.2 전기 및 광학 특성평가

PR박리공정 시 투명전극 ITO 박막에 미치는 전기 및 광학적 특성의 영향을 조사하였다. 즉 PR 공정 전의 ITO 박막의 표면에서 전기적 특성 및 광학적 특성을 사전 측정하고, 패터닝을 위한 PR공정 후 박리를 진행한 후 특성을 측정하여 투명전극의 표면에서 전기 및 광학특성의 변화도를 실험하였다. 전기적특성은 홀 측정 장비(Hall effect Measurement system, HMS-3000)로 van der Pauw 방법을 사용하여 측정하였으며, 광학적 특성은 UV-vis. spectrometer (Spectro Photometa U3000, Hitachi)를 이용하여 200-1,100 nm의 파장 대역에 걸쳐 실험하였다. 이때 박리 전후의 효과를 비교하기 위해 가시광 영역인 400~800 nm에서의 광 투과도를 검토하였다.

2.3 환경 개선 평가 방법

박리 공정 단계에서의 환경 개선 평가는 유기계와 수계 각각의 박리 공정 중 발생되는 온실가스 예상배출량 및 폐기물 배출량에 대해 전 과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA)기법을 기반으로 수행되었으며. 박리공정에 대한 온실가스 예상배출량 및 폐기물 배출량은 투입 및 산출물에 관련된 주요 파라미터에 대한 목록 작성 및 실험실 수준의 3회 반복 평가에 대한 평균값을 반영하여 계산되었다.

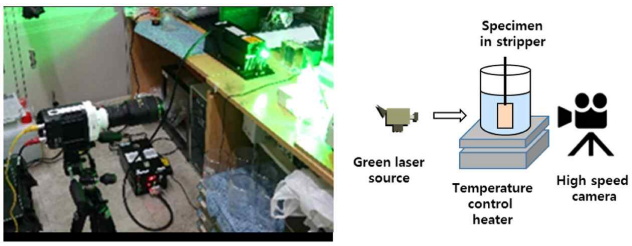

Fig. 2 Schematic of PR stripping experiment and the photograph

Table 2 The water content of the aqueous stripper

	W-1		W-2		W-3		Undiluted
Diluted	stripper	D.I. water	stripper	D.I. water	stripper	D.I. water	stripper
	3	1	4	1	5	1	
Water content	78.25%		76.8%		75.8%		71%

3. 결과 및 고찰

3.1 수계 박리액의 수분 함량의 최적화

최초박리용액 EO-DS7021제품에서의 용제를 제외한 수분함유량은 최대 71 %였다. 본 연구에서는 유기용제의 함유량을 더욱 감소시키기 위해 증류수를 추가적으로 투입하였다. 수계 박리액의 수분함량 최적화 조건을 확인하기 위하여 원액에 D.I. water를 아래 표와 같이 일정비율로 첨가시켜 다양한 수분 함유량 변화에 따른 박리특성을 평가하였다. Table 2는 실험에 사용된 수계 박리액의 수분함량비를 나타내었다.

Fig. 3은 선행 PR박리조건 실험에서 최적화시킨 박리용액의 온도 및 박리시간인 40 °C, 40 sec 공정조건에서 수세 직전 수분함량에 따른 PR 박리 정도를 나타내었다. 수분함량이 75.8 %(W-1)에서 78.25 %(W-3)로 증가 할수록 박리 거동 및 진행의 차이가 관찰된다. 모든 농도에서 PR의 swelling 즉 부풀어 오름과 tearing 현상이 관찰되었다. 단지 수분의 함유량이 높을수록 swelling의 진행이 늦어져서 tearing에서 차이가 크게 발생한 것으로 판단된다.

수분 함량에 따른 수계 박리액의 박리 수준을 정밀하게 분석하기 위해 박리 후 패턴된 ITO 투명전극 층에서 UV-visible로 광투과도를 각각 측정한 결과를 Fig. 4에 나타났다. 빛이 샘플을 통과할 때 흡수되는 빛의 양은 incident radiation과 transmitted radiation 차이다. 대체로 glass 계열은 대체로 파장대 300 nm에서 optical transmission 특징이 나타난다. 그리고 공기와는 달리 ITO박막의

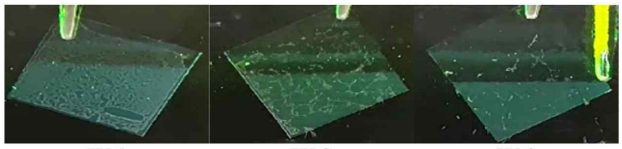

Fig 3. Photograph of stripping process according to water content at temperature of 40 °C

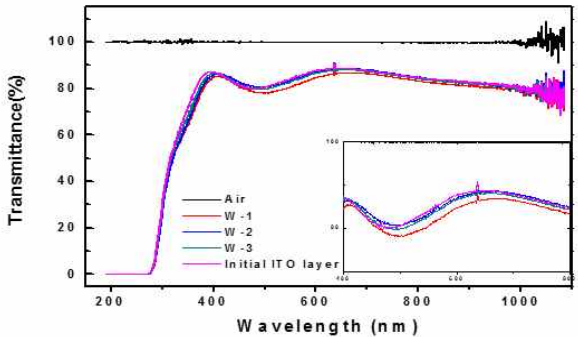

Fig. 4 Optical properties of ITO thin film layer with PR stripped by aqueous stripper

기판으로 사용한 Corning사의 1737 이글 글라스의 가시광영역에서 빛의 reflection 영향으로 적어도 8 % 손실을 가지고 있다는 점을 전제로 공기(air) 중에서의 투과도 기준으로 분석하였다. 3가지 조성 모두 비슷해 보이지만 가시광영역인 400~800 nm 범위에서 평균 투과도 값을 비교하면 각각의 수분함유량에서 W-1= 84.48%, W-2=85.43 % 그리고 W-3= 83.46 %로 미세변화를 보였다. 박리 후 수세조건을 동일하게 처리했다고 가정한다면 W-2의 조건이 박리공정 후에서의 광학적 투과특성이 가장 우수한 것으로 나타났다. W-2박리액에서 박리된 ITO 투명전극에서의 광학적 투과도는 85.43 %로 PR공정 전에 85.35 %에 비해서 약간 향상된 값을 보였다.

Fig. 5는 수분 함량에 따른 수계 박리액을 사용하여 박리공정 전과 후 시편들의 전기특성을 측정하였다. 수분함유량이 낮은 W-1에서 W-3까지 증가할수록 PR공정전의 ITO 박막층에서의 비저항 값이 1.69×10^{-4} Ω-cm에서 1.62×10^{-4} Ω-cm으로 감소함을 보였다. 이를 면저항 값으로 환산해도 6.48 Ω/□에서 6.23 Ω/□으로 감소됨을 알 수 있다. 전체적으로 저항 값과 면저항 값이 패터닝 공정을 하기 전 ITO 투명전극층의 값에 비해 약간씩 감소하여

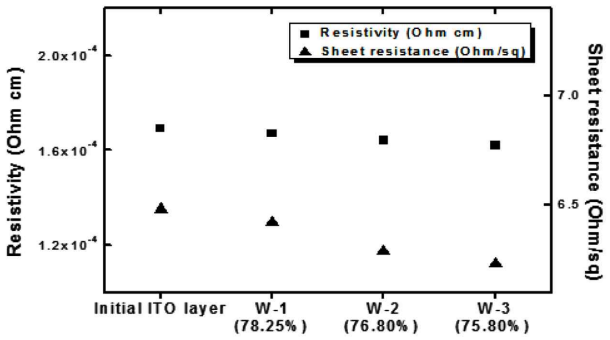

Fig. 5 Electrical properties of ITO thin film layer with PR stripped by aqueous stripper

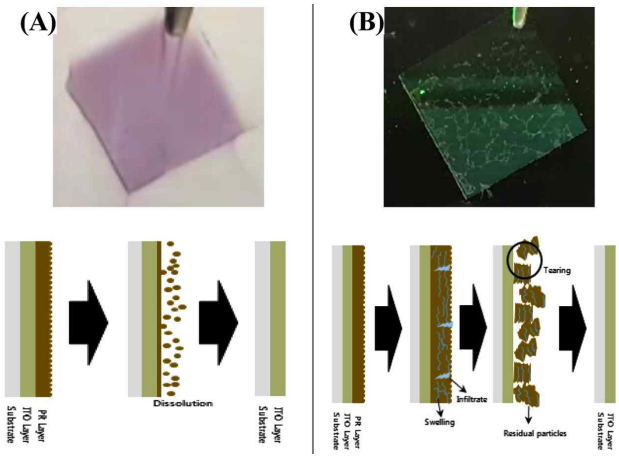

Fig. 6 Chemical mechanism model of PR stripping by organic stripper (A) and aqueous stripper (B) and the photograph

전기적특성이 향상됨을 보였다. 이와 같이 수계 박리액에서 PR의 박리 후 패터닝 공정전의 ITO 박막 층에서의 광학 및 전기적특성의 향상은 수계 박리액의 주요 성분들인 강염기성 첨가물 성분이 ITO 표면층에 잔존하는 불순물 입자 혹은 증착 시 발생된 표면에서의 미세조직의 개선효과에 기인한 것으로 생각된다. 즉 수계 박리액으로 박리 시 ITO 표면 조도를 감소시키고 이로 인해 표면에서의 전도전자의 평균자유행정거리의 증가와 표면에서의 광 산란 조직의 감소로 전기 및 광학적 특성의 향상에 기여한 것으로 판단된다.

3.2 유기계 박리액과 수계 박리액의 박리특성 비교 연구

유기계 박리액과 수계 박리액에 의해 PR이 제거되는 박리성능을 평가하기 위해 앞서 수분함유량이 최적화된 W-2 박리용액과 상용 유기계박리용액으로 박리실험을 진행하였다. 유기계박리용액과 수계박리용액에서의 박리실험은 동일한 40 °C, 40 sec의 조건에서 수행하였으며, 이때 PR의 박리거동을 관찰한 결과를 Fig 6에 나타내었다. Fig. 6(A)는 유기계 박리액에 의한 PR의 박리과정으로 PR이 박리액과 접촉면에서 반응을 시작하여 박리액 속으로 직접 dissolution되는 것으로 관찰된다. 이에 반해 수계 박리액은 Fig. 6(B)에서와 같이 PR과 접촉단계에서 박리액의 침투로

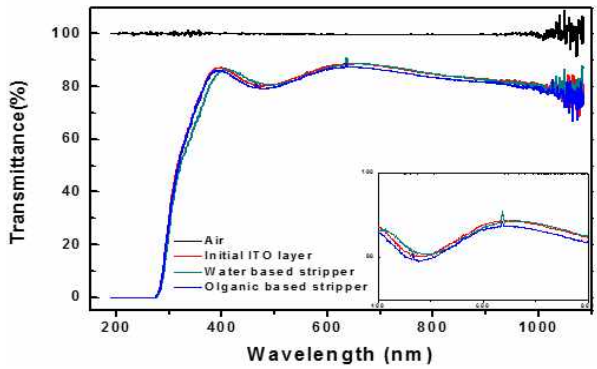

Fig. 7 Optical properties of ITO thin film layer that is PR stripped with aqueous stripper and organic stripper

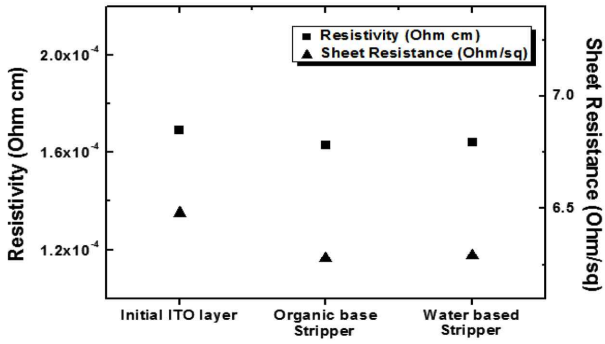

Fig. 8 Electrical properties of ITO thin film layer that is PR stripped with aqueous stripper and organic stripper

PR의 swelling이 진행되고, swelling이 어느 정도 진행이 되면 PR이 서로 tearing되어 작은 조각으로 ITO면에서 용액으로 떨어져 나가는 거동으로 박리가 된다. 이들 두 종류의 박리용액에서 거동의 개략적인 차이점을 화학적 박리 모델로 각각 Fig. 6에 제시하였다.

이들의 모델에서 예측 가능할 것으로 판단되는 유기계박리용액에서는 PR의 dissolution으로 인해 박리액 재사용이 어렵고, 폐기 시 연소방법에 의한 환경오염의 문제점을 갖고 있다. 반면 수계 박리액을 적용한 PR의 박리공정에서는 제거된 PR잔류물의 직접적인 여과 및 회수가 가능하여 사용수명의 연장 및 사용 후 박리액 중 염기성 성분의 중화를 거쳐 환경 무해한 폐기가 가능하여 청정성의 대폭적인 향상이 기대된다.

Fig. 7은 유기계 박리액과 수계 박리액에 의해 PR이 박리된 후 ITO 박막 층에서 광학적 특성 결과를 나타내었다. PR이 코팅되기 전 초기 ITO 박막의 가시광영역 범위에서 평균투과도가 평균 85.35 %를 보였다. 유기계 박리액과 수계 박리액으로 전극 패터닝을 위해 ITO 박막 층위에 코팅된 PR을 동일한 40 °C, 40 sec의 박리공정조건에서 각각의 박리실험을 수행하고 동일한 조건으로 수세한 결과 광투과율은 유기계는 84.18 %, 수계는 85.4 %로 나타났다. 수계의 경우 광투과율은 PR 코팅 전의 ITO박막 층에서의 광투과율은 동등 이상으로 우수한 결과를 보였다. 그러나 유기계박리용액의 공정결과 PR 코팅 전의 ITO박막 층 및 수계 박리액으로 공정된 ITO박막 층에 비해 광투과율이 다소 감소한 결과를 보였다. 이는 앞서 유기계 및 수계 박리용액의 박리공정에서 비교한 PR 박리거동에 대한 화학적인 모델에서 검토한 바와 같이 수계에서보다 유기계에서 PR의 박리거동은 주로 dissolution거동이 지배적이므로 박리액내부로 용해된 PR성분들이 동일한 수세과정에서 ITO 표면에 미량 잔존할 가능성이 있는 것으로 판단된다.

Fig. 8은 PR이 코팅되기 전 초기 ITO 박막의 전기적 특성 값을 기준으로 유기계 박리액과 수계 박리액에 의해 PR이 박리된 후 ITO 박막 층에서 전기적 특성 결과를 나타내었다. PR이 코팅되기 전 초기 ITO 박막의 전기비저항 값은 1.69×10^{-4} Ω-cm를 보였으며, 이에 비해 유기계 및 수계 박리액으로 PR의 박리한 후 ITO박막 층에서의 값들은 1.63×10^{-4} Ω-cm 및 1.63×10^{-4} Ω-cm로 양자가 거의 동일한 수준으로 전기비저항 값의 감소에 따라 전기적특성은 향상된 것으로 나타났다. 또한 면저항 값도 유사한 경향을 보이고 있다. 초기 ITO 박막의 면저항 값이 6.48에서 유기계는 6.28, 수계는 6.29로 감소함을 나타내었다. 이러한 전기적특성의 향상은 박리액 내부에 함유된 용제에 강염기성 첨가물 성분이 ITO 표면층에 잔존하는 불순물 입자 혹은 증착 시 발생된 표면에서의 미세조직의 개선효과를 공히 유발한 것으로 판단된다.

Table 3 Data source and emission for LCA analysis

	Input		Output	
Organic stripper	substrate	1,000 ea	product	1,000 ea
	stripper	38.4 kg	waste water	73.5 kg
	water supply	87.7 kg	sewage	52.6 kg
	electricity	60.8 kwh		
Aqueous stripper	substrate	1,000 ea	product	1,000 ea
	stripper	14.7 kg	waste water	26.0 kg
	water supply	28.3 kg	sewage	17.0 kg
	electricity	50.8 kwh		

3.3 수계 박리액과 유기계 박리액의 환경개선 비교 분석

수계와 유기계 박리액의 환경개선 비교를 위하여 LCA 기법을 이용하여 온실가스 예상배출량 및 폐기물 발생량을 산정하여 평가하였다. 포토리소그래피 공정은 투명전극의 패턴을 형성하기 위해 유리기판위에 ITO가 증착된 박막표면에 PR코팅→노광→현상→에칭→PR박리→검사로 이루어지며, 본 연구에서는 박리액의 적용단계로는 전극패턴 에칭 후 PR을 제거하는 단계에서만 한정하여 온실가스 예상배출량을 및 폐기물 발생량을 산정하였다. LCA 평가를 위한 데이터의 수집과 분석은 Table 3을 기준으로 하였다. Table 3은 PR박리공정 시 사용 전 물질과 사용 후 배출 물질들이다. 데이터수집을 위하여 유리 위에 증착된 ITO 투명전극 위에 형성된 PR층을 표준샘플(370×470 mm)을 10매를 실제박리한 후 이를 토대로 1,000개를 기준으로 박리하는 경우의 박리액을 기준으로 계산하였다.

PR의 원료물질 및 박리액의 온실가스 배출계수는 국내(환경부, 산업통상자원부) 데이터베이스(D/B)를 우선 적용하고, 전기, 상수생산, 폐기물 처리 등은 환경부 탄소성적표지 부문별 배출계수를 적용하여 온실가스 예상 배출량을 산출하였으며, 폐기물 발생량은 PR박리공정 후 산출되는 량을 실측 하였다[11,12]. PR 박리공정 시 사용되는 수계 박리액과 유기계 박리액의 온실가스 예상 배출량과 폐기물 발생량은 Table 4에 정리하였다. 표준샘플의 실험을 통해 계산결과 온실가스의 예상 배출량은 유기계 박리액이 149.377 kg(CO_2-equ.)로 수계 박리액 55.755 kg (CO_2-equ.) 보다 약 3배의 온실가스 발생이 예상된다. 또한, 폐기물 발생량에서도 수계 박리액이 26 kg인데 반해, 유기계 박리액이 73.5 kg으로 다량의 폐기물이 발생하였다.

Table 4 Estimated GHG emissions and the amount of waste from organic stripper and aqueous stripper

	Organic stripper	Aqueous stripper
Estimated GHG emissions (kg CO_2-equ.)	149.377	55.755
Amount of Waste (kg)	73.5	26.0

4. 결 론

현재 개발 중인 수계 박리액의 수분함유량을 최적화하여 유기계 박리액과의 동일한 PR박리공정 조건에서 연구한 특성을 비교분석 하였으며, 수계 박리액과 유기계 박리액의 박리공정에서 LCA 평가를 통해하여 박리액의 청정성을 평가하였다.

개발 중인 수계 박리액의 PR박리를 위한 최적수분함유량을 연구한 결과 수분함유량이 76.8 %였으며, 이 함유량의 박리액으로 PR박리 공정 후 ITO 투명전극의 전기 및 광학적 특성은 비저항 값이 1.64×10^{-4} Ω-cm, 광투과도는 가시광선 영역에서 평균 투과도 85.43%로 PR공정 전의 ITO 전극에서 값들인 1.69×10^{-4} Ω-cm, 85.35%에 비해서 동등이상의 우수한 값을 보였다.

또한 유기계 박리용액과 수분함유량이 최적화된 수계 박리액과의 박리공정결과 전기특성값인 비저항 값은 유기계 박리액이 1.63×10^{-4} Ω-cm, 수계 박리액이 1.64×10^{-4} Ω-cm으로 유사한 결과를 나타내었으나, 광투과도는 유기계 박리액이 84.18 %, 그리고 수계 박리액이 85.43 %로 나타났다. 특히 유기계박리 공정에서 광투과율이 다소 감소한 원인은 화학적인 모델에서 검토한 바와 같이 수계에서보다 유기계에서 PR의 박리는 주로 dissolution 거동이 지배적이므로 박리액내부로 용해된 PR성분들이 동일한 수세과정에서 ITO표면에 미량 잔존할 가능성에 기인한 것으로 판단된다.

위를 통해서 유기계 박리액과 수계 박리액을 사용한 표준 샘플을 통한 PR박리공정에서 확대 계산을 통해 온실가스 예상 배출량과 폐기물 발생량을 비교분석 한 결과, 수계 박리액을 사용할 경우 유기계 박리액에 비해 온실가스 예상 배출양은 62.67 %로 저감되며, 폐기물 발생량은 64.62 %로 감소함을 나타내었다.

후 기

이 연구는 2016년 청정생산기반전문기술개발사업 과제번호 10052250의 연구비지원으로 수행되었습니다.

References

[1] Gilles, D. G., Loehr, R. C., 1994, Waste Generation and Minimization in Semiconductor Industry, Journal of Environmental Engineering, 120:1 72-86.

[2] Suja, F., Pramanik, B. K., Zain, S. M., 2009, Contamination, Bioaccumulation and Toxic Effects of Perfluorinated Chemicals (PFCs) in the Water Environment: A Review Paper, Water Science and Technology, 60:6 1533-1544.

[3] Chatzichristidi, M., Rajta, I., Speliotis, Th., Valamontes, E., Goustouridis, D., Argitis, P., Rapti, I.,, 2008, Aqueous Base Developable: Easy Stripping, High Aspect Ratio Negative Photoresist for Optical and Proton Beam Lithography, Microsyst Technol, 14 1423 −1428.

[4] Park, N. H., Kim, D. H., Park, B., Jeong, E., Lee, J. W., 2002, The Industry Trend Analysis and Perspectives of Biodegradable Polymers, Biomaterials Research, 17:3 114-120.

[5] Kim, J. H., Lee, J. H., Kang, T. S., Joo, G.-T., Kim, Y. S., Jeong, B. H., Lee, D. W.,2017, Numerical Investigation of Factors Affecting Photoresist Stripping Process on the ITO Surface Using the Spray Method, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 26:2 158-165.

[6] 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.

[7] Kentish, S. E., Stevens, G. W., 2001, Innovations in Separations Technology for the Recycling and Reuse of Liquid Waste Streams, Chemical Engineering Journal, 84:2 249-159.

[8] Kim, J. H., Kim, S. H., Jeong, B. H., Joo, G.-T., Kim, Y. S., 2016, Green Photoresist Stripping Process with the Influence of Free Surface from Dip Withdrawal, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 25:1 14-20.

[9] Kim, J. H., Sim, J. M., Joo, G.-T., Kim, Y. S., Jeong, B. H., 2016, An Efficient Photoresist Stripping Process on the ITO Surface Using the Dipping Method, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 25:4 281-289.

[10] Kim, J. H., Ko, H. H., Lee, K.-S., Joo, G.-T., Kim, Y. S., 2018, Investigation for Photoresist Stripping Conditions on the ITO Surface by the Multi-Spray Method, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 27:1 27-34.

[11] National Air Pollutants Emission Service, n.d., 2018.03.10., Emission Calculation Method, <http://airemiss.nier.go.kr>.

[12] National GHG Emission Total Information System, n.d., 2018.03.10., Greenhouse Gas Emissions Statistics, <http://netis.kemco.or.kr> .