

Direct writing 기법을 이용한 유기태양전지용 격벽 stamper 금형 제작 및 성형에 관한 연구

황철진[†] · 김종선 · 홍석관 · 오정길 · 강정진

한국생산기술연구원 융합생산기술연구부 · 한국생산기술연구원 금형지원센터
(2008. 8. 4. 접수 / 2008. 11. 21. 채택)

Study on the stamper mold manufacture and molding of barrier ribs for polymer solar cells using direct writing method

C. J. Hwang[†] · J. S. Kim · S. K. Hong · J. G. Oh · J. J. Kang

KITECH

(Received August 4, 2008 / Accepted November 21, 2008)

Abstract : Polymer solar cells are a type of organic solar cell (also called plastic solar cell), or organic photovoltaic cell that produce electricity from sunlight using polymers. It is a relatively novel technology, they are being researched by universities, national laboratories and several companies around the world. In this paper, stamping mold of barrier ribs for polymer solar cells was manufactured by lithography and electroforming which can control the height of pattern and 80nl of barrier ribs was manufactured by using hot embossing.

Key Words : Hot embossing, Lithography, Electroforming, Polymer solar cells, Direct writing method

1. 서 론

온실가스에 의한 지구 온난화 현상이 심각해짐에 따라 온실가스가 배출되지 않는 신재생 에너지의 개발이 진행되고 있다. 특히 신재생 에너지 중 태양 에너지는 영구적이며, 환경오염이 없는 무공해 에너지이다. 또한 규모나 지역에 상관없이 설치할 수 있고 유지비용이 거의 들지 않는 장점이 있다.

태양전지 중에 효율이 가장 높은 실리콘 태양전지의 경우 태양광을 흡수하는 물질이 고순도 단결정 실리콘을 사용하여 가격이 비싼 단점이 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 태양광을 흡수하는 물질을 값싼 폴리머를 사용하는 태양전지(Polymer solar cell)가 개발되었다. 폴리머 태양전지는 크게 기판과 전극 역할을 하는 ITO(Indium Tin Oxide), Al(Aluminum)과 태양광을 흡수하는 물질인 PEDOT(PolyEthyleneDiOxyThiophene)와 여러 개의 Cell을 만들기 위한 격벽으로 구성되어 있다. 여러 개의 Cell은 직렬로 연결 되어있기 때문에 하나의

Cell이 제대로 작동되지 않으면 폴리머 태양전지의 역할을 제대로 할 수 없어 격벽의 높이를 균일하게 만드는 것이 중요한 요소이다. 따라서 본 연구는 패턴의 높이 조절이 가장 용이한 Lithography & Electroforming 공정을 이용하여 균일한 높이의 폴리머 태양전지용 격벽구조의 stamper를 제작하고 hot embossing을 이용하여 80 nl 격벽을 제조하였다.

2. 폴리머 태양전지

2.1. 폴리머 태양전지

실리콘 태양전지의 가격이 비싼 것을 보완하기 위해 태양광 흡수 재질을 값싼 Polymer을 사용한 것이 바로 폴리머 태양전지이다. 폴리머 태양전지의 한 셀의 구성은 유리 기판과 전극 역할을 하는 ITO(Indium Tin Oxide), Al(Aluminum)과 태양광을 흡수하는 금속인 PEDOT(PolyEthyleneDiOxyThiophene) 구성되어 있다. 태양광이 폴리머 태양전지를 구성하는 cell에 도달하게 되면 이 중의 일부 광전자가 폴

리머 태양전지에 PEDOT에 흡수된다. 흡수된 광전자는 하나의 자유전자를 만들게 되고 전자가 떠난 자리에 전공이 발생된다. 자유전자와 자유정공이 전기자기장 근처를 이동하고 있으면 전기 자기장에 의해 자유전자는 Anode(Al)로 자유정공은 Cathode(ITO)로 이동한다. 외부에 회로가 연결이 되면 자유전자가 회로를 따라 Cathode(ITO)로 이동하게 되어 전류가 흐르게 된다.

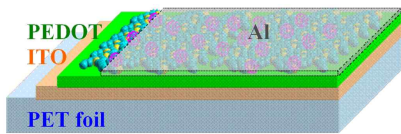


Fig 1. Polymer solar cell schematic¹⁾

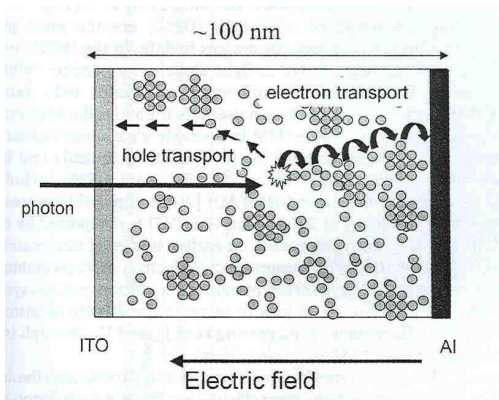


Fig 2. Working principle of Polymer solar cell²⁾

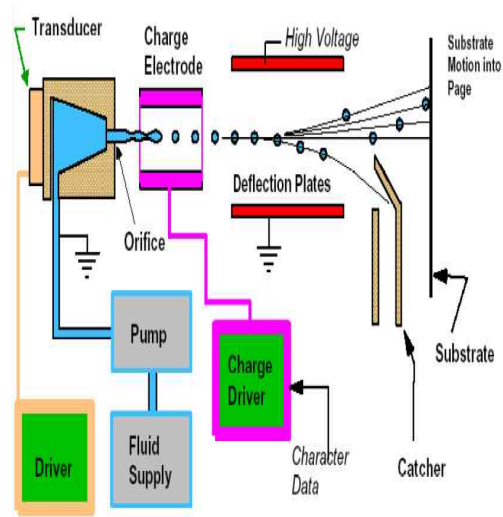
2.2. 폴리머 태양전지 제작 공정

유리 기판 위에 ITO를 균일하게 코팅한 후 그 위에 격벽을 세우고, Direct writing기법을 이용하여 액체 상태의 PEDOT를 격벽사이의 공간에 균일한 높이로 채우게 된다. 그 다음 Al metal을 올린 후 160℃이상 가열하면 액체상태의 PEDOT가 화학적으로 결합하여 고체 상태의 PEDOT가 된다. 이렇게 하나의 폴리머 태양전지가 완성이 된다. 기존의 격벽을 제작하는 방식은 metal을 적당한 간격으로 증착시켜 제작하고 있으며 본 논문에서는 격벽제작을 hot embossing을 이용하였다.

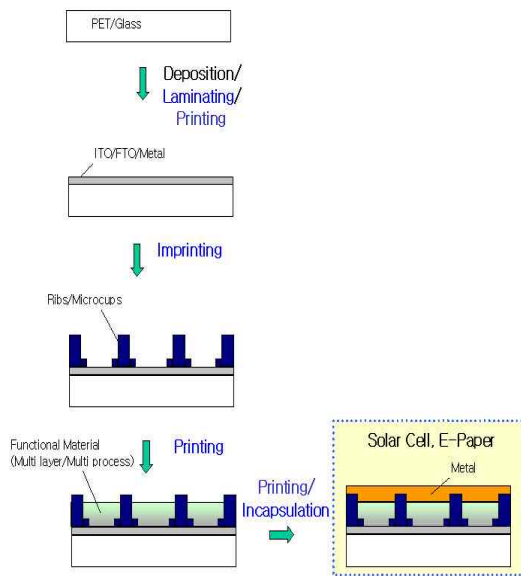
2.3. hot embossing을 이용 격벽 제조를 위한 stamper 제작 방법

hot embossing을 이용 격벽을 제작하기 위해서는

stamper가 필요하다. stamper 제작방법은 기계가공, chemical etching, Lithography & electroforming 공정으로 만들어 진다. 특히 격벽의 높이가 균일해야 하기 때문에 높이 조절이 용이하고 균일한 Lithography & electroforming 공정을 이용 제작하였다.



(a)



(b)

Fig 3. (a) Continuous ink-jet (b) Fabrication process of Polymer solar cell

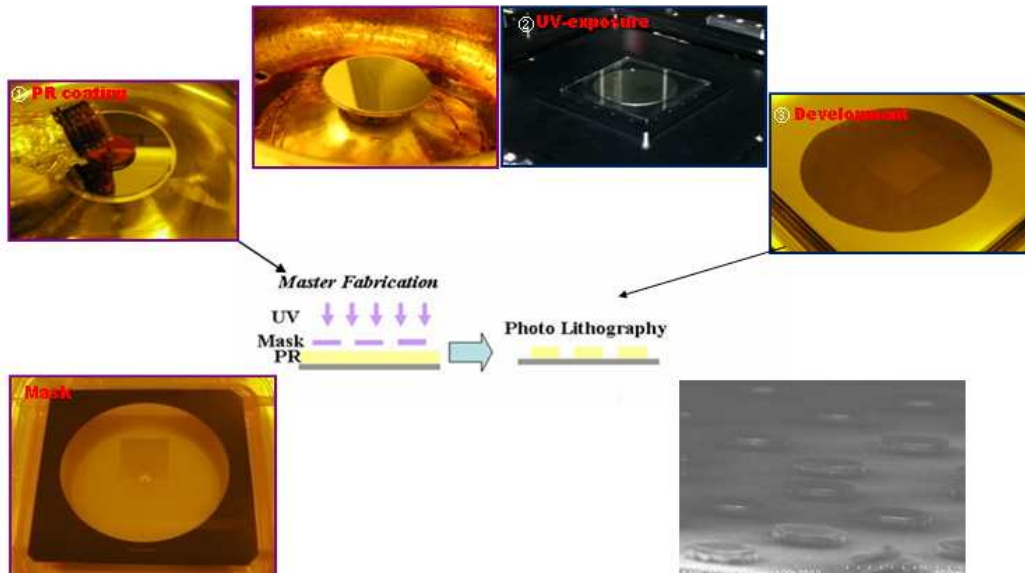


Fig 4. Lithography process schematic

3. Lithography & Electroforming process

3.1. Lithography

Lithography는 실리콘기판위에 마이크로크기의 패턴을 만드는 공정이다. Lithography공정에서 주 역할을 하는 물질이 PR(PhotoResist) 이라는 감광제이다. PR은 UV (ultimate-violet)의 노출이 되면 화학 반응이 일어나 현상 후 광에 노출된 부분이 남거나 사라지게 된다. 이때 광에 노출된 부분이 사라지게 되는 PR을 Positive PR이라하며 광에 노출된 부분이 남게 되는 것이 Negative PR이라 한다.

3.2. Lithography Process

spin coating기의 원심력을 이용하여 실리콘 기판위에 균일하게 PR을 코팅한다. PR이 코팅된 실리콘 위에 크롬 마스크를 올리고 UV 노광을 한다. 이때 마스크는 UV를 흡수하는 크롬층과 UV를 통과하는 유리로 구성되어 있다. UV 노광 후 현상액에 현상하게 되면 기판위에 구조물이 남게 된다. 이때 패턴이 있는 실리콘 기판을 master라 부른다.

3.3. Electroforming Process

제작된 master를 금형에 사용할 stamper를 만들기 위해 electroforming 공정을 사용하였다.

electroforming은 생산된 master에 전류를 통하게 되면 Ni입자들이 master에 증착하여 stamper를 만들게 되는데, lithography공정에 의해 생산된 master가 비전도체 물질이기 때문에 별도의 전처리 과정이 필요하다. 전처리 후 처음 electroforming한 stamper를 father stamper라 하며 father stamper를 한 번 더 electroforming하게 되어 만들어진 stamper를 mother stamper라 한다.

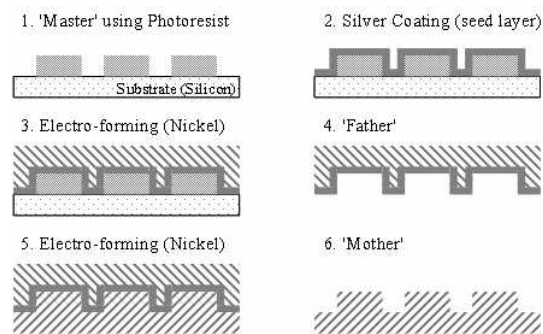


Fig 5. Electroforming process schematic

3.4 Stamper 제작

master제작에 사용한 PR은 독일의 Microchemical 사에 AZ1512(Positive PR)을 사용하였으며 패턴은 밀변이 200 μ m인 정사각형에 높이가 2 μ m의 양각패

턴을 목표로 제작 되었었다. 제작된 master를 두 번 electroforming하여 최종 양각패턴을 가진 mother stamper를 완성하였다.

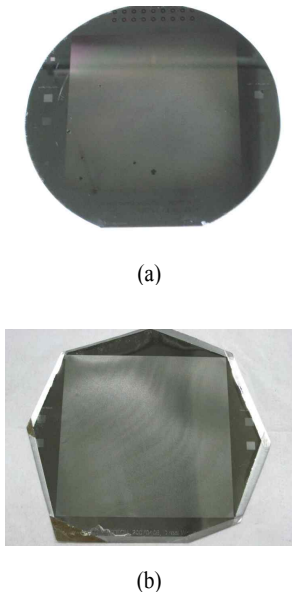


Fig 6. (a) 6 inch master for using Lithography process
(b) Mother stamper for using electroforming process



Fig 7. measurement position of stamper

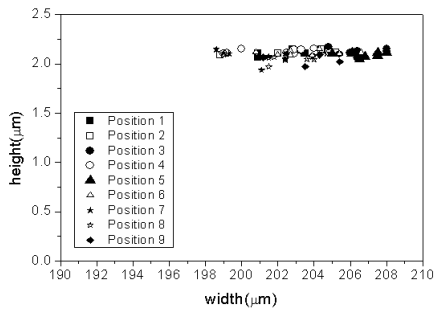


Table 1. result to measure a stamper pattern

3.5. Stamper 측정

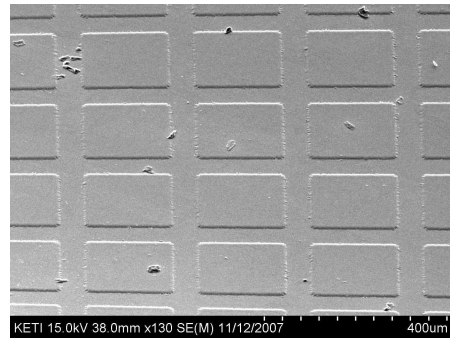
제작된 stamper의 높이 균일도를 알아보기 위해 Nano-focus사의 3D profiler를 사용하였으며 제작된 stamper의 9포인트를 측정하였다. 측정결과 2.2 μ m의 균일한 높이의 패턴을 얻었다.

4. Hot embossing

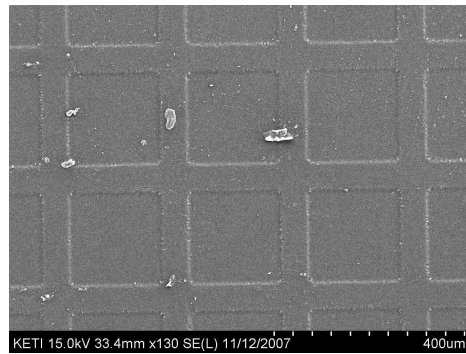
제작된 stamper와 폴리머 sheet를 embossing chamber에 넣은 다음 chamber안을 진공상태로 만든다. 셋팅된 온도와 압력으로 눌러서 취출하게 되면 최종 제품이 나온다.

사용된 폴리머는 LG MMA사의 Grade HI855를 사용하였으며 유리전이온도는 106 $^{\circ}$ C이다.

5. 결 과



(a)



(b)

Fig 8. (a) Electroplated mold(nickel) (b) Hot embossed part(PMMA)

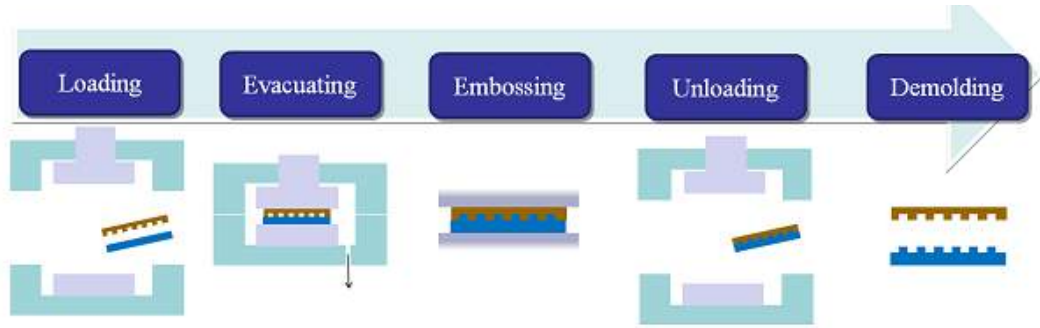


Fig 8. Hot embossing process schematic

6. 결 론

본 연구는 패턴의 높이 조절이 가장 용이한 Lithography & Electroforming 공정을 이용하여 균일한 높이의 폴리머 태양전지용 격벽구조의 stamper를 제작하고 hot embossing을 이용하여 80 μm 격벽을 제조하였다. 현재 제조한 격벽의 경우 유리전이온도가 106°C인 PMMA를 이용 제조하였으나 실제 PEDOT를 화학반응을 일으키기 위한 온도가 160°C이기 때문에 PEDOT를 화학반응을 일으키는 과정에서 PMMA가 녹는 문제점이 발생하게 된다. 앞으로 유리전이온도가 160°C이상인 폴리머 sheet 혹은 열경화성 폴리머를 이용한 격벽제작을 연구할 예정이다.

"Application of LIGA technology to precision manufacturing of high-aspect-ratio micro-components and -systems: a review".
Microelectronics Journal Vol.35 pp.131~143

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원에서 지원하는 생산기술연구사업중 "D/W기법을 이용한 미소부품 제조기술개발(09-EO-3-0001)" 과제와 신재생에너지기술개발사업 중 "실리콘 기반 MEMS 헤드형 multi e-jetting 기술 이용 고효율 유기태양전지 제작(2008-N-PV08-P-06-0-000)"과제의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) http://en.wikipedia.org/wiki/Polymer_solar_cell
- (2) Tom Markvart, Luis Castaner, "Solar Cells", pp. 419 ~ 447.