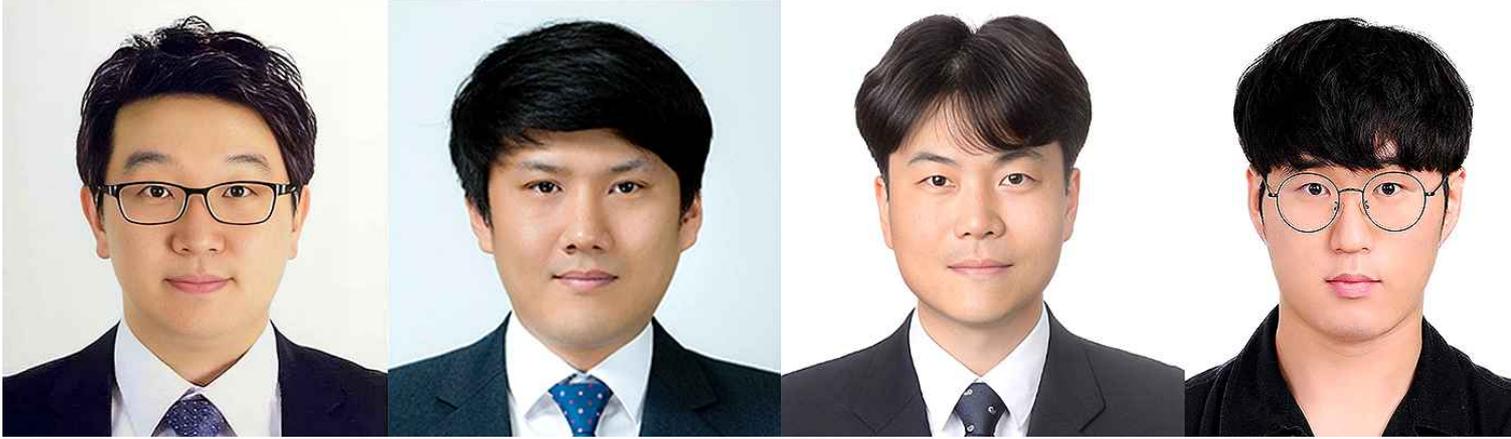


# GIST-송실대, 새로운 OLED 고분자 소재 개발

## 성능 높이고 대규모 생산에도 적합

- GIST 강홍규 책임연구원·송실대 강범구 교수 공동연구팀 OLED 소자의 열적 안정성 및 발광효율 등 향상 위해 폴리(트리페닐아민) 기반 새로운 고분자 소재 'poly(A)' 개발
- 기존 PEDOT 사용 장치 대비 각각 4배, 9배 이상 향상된 최대 휘도 15,900 cd/m<sup>2</sup>, 최대 발광효율 4.8 cd/A 성능 나타내... 높은 열적 안정성과 생산비용 절감까지
- 대규모 생산에 적합 ... 연구 결과 국제학술지《European Polymer Journal》 게재



▲ (왼쪽부터) GIST 차세대에너지연구소 강홍규 책임연구원, GIST 히거신소재연구센터 장준호 박사, 송실대학교 강범구 교수, 송실대학교 장우재 학생

국내 연구진이 **디스플레이용 OLED 소자의 열적 안정성과 발광효율을 크게 향상**시킬 수 있으며, **OLED 제조 공정의 효율을 높이고 생산비용을 절감**할 수 있는 **신규 고분자 소재**를 개발했다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 차세대에너지연구소 강홍규 책임연구원과 송실대학교 강범구 교수 공동연구팀이 **유기발광다이오드\*의 성능을 높일 수 있는 정공수송층\* 신물질**을 개발했다고 밝혔다.

\* **유기발광다이오드(Organic Light Emitting Diode, OLED)**: 유기화합물을 이용해 빛을 발산하는 다이오드로 전류가 흐를 때 유기층에서 전자와 정공이 재결합하여 빛을 방출하는 원리로 작동된다.

\* **정공수송층**: 유기발광다이오드 및 태양전지와 같은 전자 소자에서 양극과 발광층 사이에 위치하여 정공을 효율적으로 전달하는 역할을 하는 층이다.

상용화된 디스플레이 소자 가운데 **유기발광다이오드(OLED)**는 각각의 픽셀이 자체적으로 빛을 발산하므로 뛰어난 화질과 명료한 이미지를 제공하며, **디스플레이 시 필요한 부분만 발광하므로 소비전력을 절약**할 수 있다는 장점이 있다.

반면 자체적으로 빛을 발하는 구조로 인해 특정 이미지가 오랫동안 표시되면 화면 번인이 발생할 수 있고, 시간이 지남에 따라 **OLED 소재의 노화로 인해 화면의 밝기가 저하**될 수 있다는 단점이 있다. 따라서 최근에는 **OLED의 성능을 높이고 생산비용을 줄이기 위한 연구가 활발히** 진행되고 있다.

기존의 PEDOT\* 기반 정공수송층은 열에 의한 안정성뿐만 아니라 용매 안정성에서도 문제가 있다. 연구팀은 이를 극복할 수 있는 새로운 폴리(트리페닐아민)\* 기반 정공수송층 소재를 개발하였다.

\* PEDOT(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)): 유기 전도성 고분자로, 투명하고 전기전도성이 뛰어나며 가볍고 유연한 특성을 지니고 있다. 일반적으로 PEDOT은 PSS(폴리스티렌설포산)와 혼합하여 사용되며, 다양한 전자소자의 정공수송층이나 전극 소재로 사용된다.

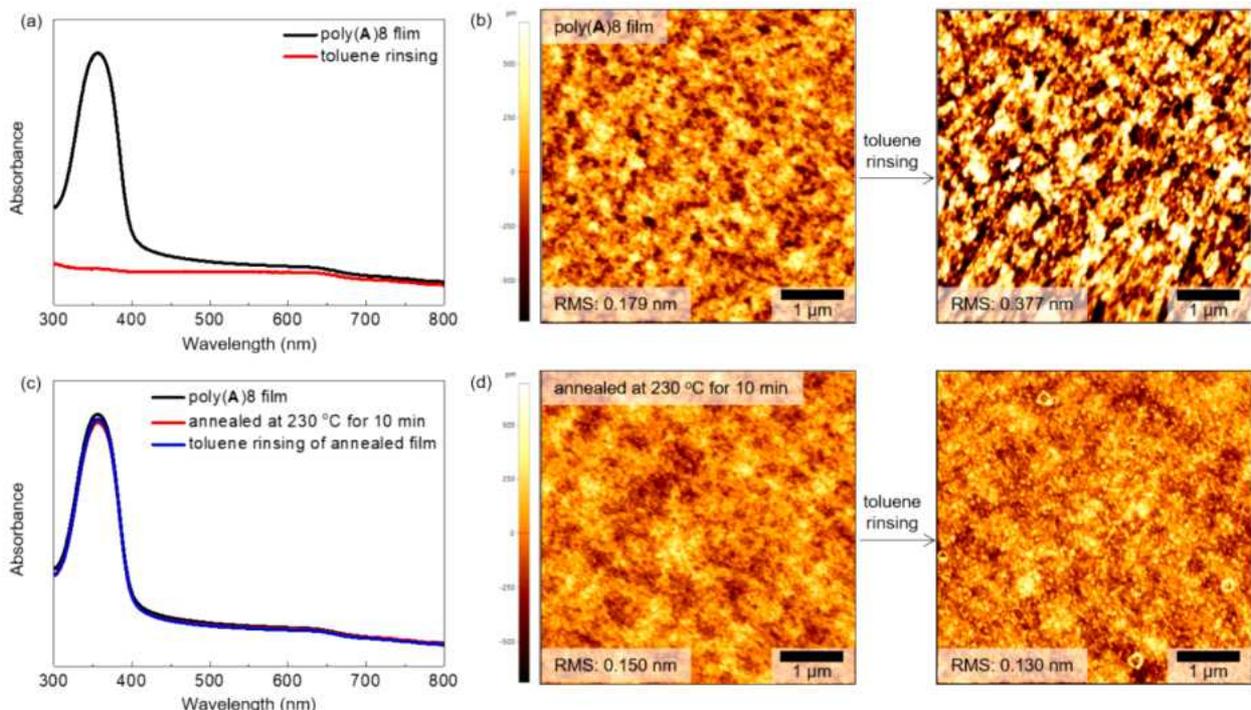
\* 트리페닐아민(Triphenylamine, TPA): 세 개의 페닐기가 하나의 질소 원자에 결합된 구조를 가진 화합물로, 주로 유기 반도체와 정공수송층 소재로 사용된다.

이번에 개발된 신규 고분자는 정공수송층의 용매내성을 활용하였다. 연구팀은 신규 고분자를 200°C 이상의 온도에서 열처리하여 용매내성을 부여함으로써 용액공정 중에도 정공수송층이 붕괴되지 않아 용액공정이 가능해졌다.

\* 용매내성: 고분자가 용매에 노출되었을 때 화학적 구조나 물리적 특성이 변하지 않고 견디는 능력으로, 고분자 소재의 안정성을 평가하는 중요한 지표이다.

이번 연구는 폴리(트리페닐아민)를 기반으로 한 새로운 정공수송층 소재의 합성 및 특성 분석에 초점을 맞추었다. 연구팀은 리빙 음이온 중합법 (living anionic polymerization)을 사용하여 N-([1,1'-biphenyl]-4-yl)-N-(4'-ethenyl[1,1'-biphenyl]-4-yl)-9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-amine 단량체를 성공적으로 중합하였으며, 이를 'poly(A)'로 명명하였다.

\* 리빙 음이온 중합법: 고분자 중합 반응 과정 중 특정 조건하에서 성장하면서 단일 종으로 고분자 사슬이 유지되고, 종결 반응 없이 계속해서 단량체를 추가하여 고분자 사슬을 성장시키는 방식이다. 고분자의 분자량과 분자량 분포를 정밀하게 제어 가능하다.

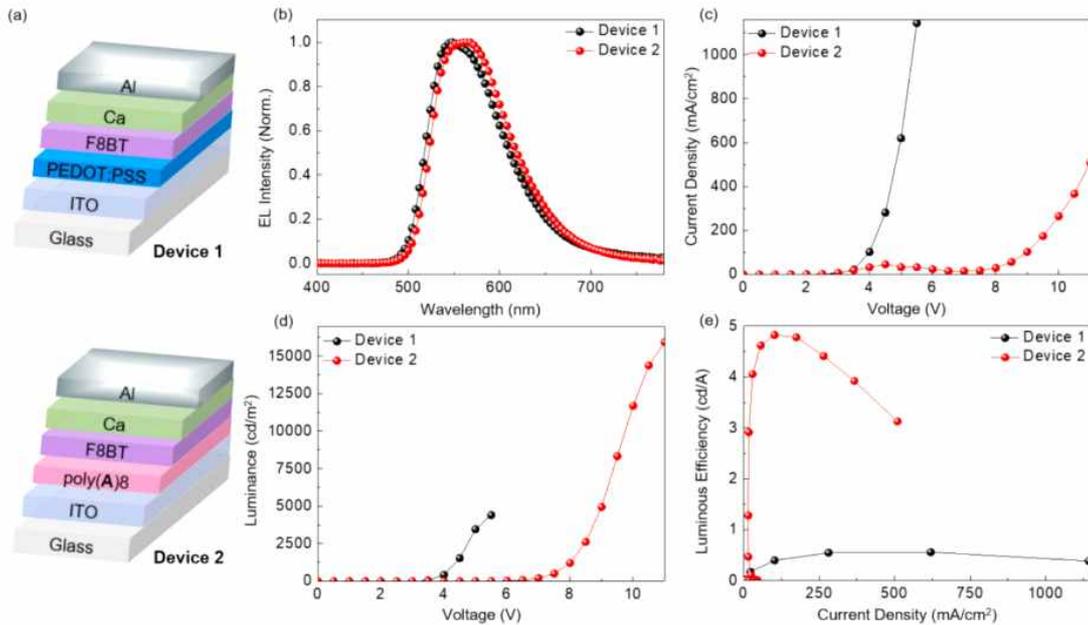


▲ poly(A) 물질의 용매내성 특성 : a) 비열처리된 poly(A) 필름의 톨루엔 용매내성 테스트 전과 후의 UV-VIS 스펙트럼, b) 비열처리된 poly(A) 필름의 톨루엔 용매내성 테스트 전과 후의 원자현미경 이미지, c) : 열처리된 poly(A) 필름의 톨루엔 용매내성 테스트 전과 후의 UV-VIS 스펙트럼, d): 열처리된 poly(A) 필름의 톨루엔 용매내성 테스트 전과 후의 원자현미경 이미지

합성된 poly(A) 폴리머는 정확하게 제어된 분자량과 좁은 분자량 분포를 가지며, 이를 통해 제조된 OLED는 기존의 PEDOT을 사용한 장치와 비교하여 **최대 휘도\* 15,900 cd/m<sup>2</sup>, 최대 발광 효율 4.8 cd/A**로 각각 4배, 9배 이상의 성능 향상을 보였다.

\* **휘도(luminance)**: 어떤 광원의 단위 면적당의 광도, 즉 광원의 단위 면적에서 단위 입체각으로 발산하는 광선속(빛의 양)을 의미한다.

또한 **417°C의 분해 온도**와 **205°C의 유리 전이 온도**를 보여 높은 열적 안정성을 가지고 있으며, 용액 공정이 가능하기 때문에 기존의 고가 증착 공정을 대체할 수 있어 **생산비용 절감 측면에서도 효율적**이다.



**▲ PEDOT 정공수송층으로 제작된 OLED 소자와 poly(A) 정공수송층으로 제작된 OLED 소자 비교:** a) PEDOT 및 poly(A) 정공수송층으로 제작된 OLED 소자구조, b) PEDOT 및 poly(A) OLED 소자의 전계발광 스펙트럼(EL) 비교 그래프, c) PEDOT 및 poly(A) OLED 소자의 전류 밀도와 전압 비교 그래프, d) PEDOT 및 poly(A) OLED 소자의 휘도와 전압 비교 그래프, e) PEDOT 및 poly(A) OLED 소자의 발광 효율과 전류 밀도 비교 그래프

강홍규 책임연구원은 "OLED 제조 공정의 효율을 높일 수 있는 새로운 가능성을 개척한 이번 연구는 대규모 생산에 적합한 소재를 개발했다는 점에서 큰 의미가 있다"고 밝히며, "앞으로 OLED 산업 발전에 크게 기여할 것으로 기대되며, 지속적인 연구를 통해 더욱 효율적이고 경제적인 OLED 제조 공정을 개발해 나갈 것"이라고 전했다.

GIST 강홍규 책임연구원과 송실대학교 강범구 교수가 지도하고 GIST 장준호 박사과 송실대학교 석사과정 장우재 학생이 제1저자로 참여한 이번 연구는 한국연구재단(NRF)의 개인기초연구사업(기본연구), 대학중점연구소지원사업, 나노패활용지원사업과 GIST 차세대에너지연구소(기관고유사업)의 지원을 받았다. 연구 결과는 2024년 7월 3일, 고분자과학 권위지 《European Polymer Journal》에 온라인 게재되었다.

## 논문의 주요 정보

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명: European Polymer Journal (JIF Rank 상위 9.6%, 2023년 기준)
- 논문명: Well-defined triphenylamine-containing polymers as hole-transporting layers in solution-processable organic light-emitting diodes via living anionic polymerization
- 저자 정보 : 장준호(제1저자, GIST); 장우재(공동1저자, 송실대), 강흥규 책임연구원 (교신저자, GIST), 강범구 교수 (교신저자, 송실대), 김다빈 (공동저자, 송실대), 김준모 (공동저자, 송실대)