

Nghiên cứu cấu tạo, nguyên lý hoạt động và các ứng dụng tiềm năng của hiển thị OLED phục vụ dạy học phát sáng hữu cơ

Tô Thị Thảo*

*Khoa Cơ bản I, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Received: 2/11/2023; Accepted: 13/11/2023; Published: 20/11/2023

Abstract: Organic Light-Emitting Diode (OLED) represents a significant advancement in display technology. Its primary advantage lies in its self-illuminating nature, eliminating the need for a backlight and leading to benefits such as a wider viewing angle, richer colors, energy efficiency, and enhanced flexibility. OLED finds diverse applications across various industries, playing roles in fields like fiber optics and biomedical technologies.

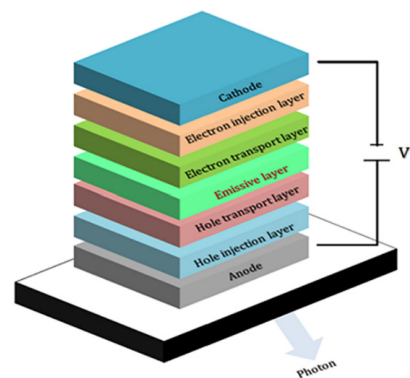
Keywords: OLED, structure, principle, application, fiber optics, biomedical

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, tiêu thụ điện cho chiếu sáng chiếm hơn 15% tổng lượng điện thế giới. Đến năm 2030, dự đoán dân số thế giới vượt mốc 8,5 tỷ người, cùng với nhu cầu điện chiếu sáng và các thiết bị nghe nhìn tiếp tục tăng dẫn đến sự gia tăng của khí thải nhà kính và tạo áp lực lên lưới điện các quốc gia. Với sự phát triển của khoa học công nghệ, điốt phát sáng hữu cơ (OLED) đã tạo ra những cải tiến mang tính đột phá trong ngành công nghiệp chiếu sáng.

Nhờ tính ưu việt hơn công nghệ chiếu sáng thông thường, công nghệ OLED đã phát triển nhanh chóng và OLED linh hoạt đang trở nên phổ biến. Khả năng chịu đựng sức căng cơ học (chủ yếu là uốn, giãn và gập) là những tính năng rất quan trọng đối với màn hình OLED. Do chức năng phát sáng độc lập, không cần đèn nền, giúp sản phẩm nhẹ hơn và mỏng hơn. Các pixel được sắp xếp theo định dạng ma trận để cải thiện việc hiển thị hình ảnh hoặc văn bản. Ngoài ra, mỗi pixel hoạt động độc lập, giúp màn hình OLED tiết kiệm điện hơn, có độ tương phản cao hơn và mịn hơn chất lượng hình ảnh tốt hơn. Trong lĩnh vực hiển thị, thiết bị OLED có thể được sử dụng rộng rãi trong đồng hồ, điện thoại di động, tivi, máy tính và nhiều sản phẩm khác. Còn đối với lĩnh vực chiếu sáng, thiết bị OLED được sử dụng rộng rãi trong các loại đèn trang trí trong nhà, đèn bàn bảo vệ mắt, đèn xe, đèn không bóng y tế... [2].

Bài báo này mô tả các nguyên tắc cơ bản của OLED và lịch sử của OLED. Các loại OLED khác nhau và ứng dụng của chúng cũng như cấu trúc của OLED đã được đưa ra và phân tích một cách ngắn gọn. Cuối cùng, bài báo sẽ phân tích sơ lược về vai trò của OLED trong các ứng dụng tiềm năng.



Hình 1.1. Cấu tạo của OLED

2. Nội dung nghiên cứu

Thuật ngữ “hữu cơ” được sử dụng do lớp truyền lỗ trống, lớp truyền điện tử và lớp phát sáng được tạo thành từ vật liệu hữu cơ. OLED, có thể chứa hai hoặc ba lớp vật liệu hữu cơ, được nhẹ hơn, mỏng hơn và linh hoạt hơn đèn LED và LCD. OLED là thiết bị được điều khiển bằng dòng điện, có nghĩa là rằng độ sáng của ánh sáng đầu ra có liên quan đến cường độ dòng điện chạy qua. Do đó, mục tiêu chính của Công nghệ màn hình OLED là điều chỉnh và điều chỉnh chính xác dòng điện chạy qua từng pixel của màn hình. Có nhiều loại OLED được sản xuất được phân loại dựa trên cấu trúc và nguyên lý hoạt động của nó (ví dụ như passive-matrix OLED, active-matrix OLED, Top-emitting OLED, transparent OLED, white OLED...). Những OLED này được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau vì chúng phát ra ánh sáng theo những cách khác nhau [7].

2.1. Cấu tạo của OLED

Diode phát quang hữu cơ (OLED) [4] là một

linh kiện bán dẫn thể rắn có độ dày từ 100 đến 500 nanomet. Cấu trúc của OLED đa lớp truyền thống gồm có năm lớp có thể bao gồm hai hoặc ba lớp vật liệu hữu cơ; trong trường hợp thiết kế ba lớp thì lớp hai và thứ ba sẽ có tác dụng truyền tải các hạt tải (điện tử và lỗ trống) nhanh hơn từ katốt và anốt vào trong lớp phát sáng. Ba lớp đó vì thế gọi là lớp truyền điện tử (electron transport layer - ETL), lớp truyền lỗ trống (hole transport layer - HTL) và lớp điện phát quang (Electroluminescence layer - EL). OLED được cấu tạo từ các tấm phim mỏng làm từ các vật liệu hữu cơ (hình 1.1). Khi cho dòng điện chạy vào cực dương, ánh sáng sẽ phát ra từ bề mặt bằng một quá trình gọi là điện lân. OLED hoạt động dựa trên nguyên lý điện phát quang (EL) và điều này chỉ có thể xảy ra ở các thiết bị OLED đa lớp. Có nhiều lớp cát mỏng và có chức năng nằm giữa các điện cực trong thiết bị nhiều lớp này.

Chức năng của các lớp trong OLED bao gồm:

- Đế: Đây là lớp dẫn điện mỏng, trong suốt, làm bằng nhựa trong hoặc giấy bạc có tác dụng là tấm đỡ cho OLED. Lớp này thường làm bằng thủy tinh, tấm nhựa hoặc giấy bạc.

- Anốt: lớp này sẽ hút các electron hoặc tạo ra các lỗ trống mang điện dương khi có dòng điện chạy qua thiết bị. Vật liệu thường được sử dụng là oxit indium tin (ITO).

- Lớp truyền lỗ trống (HTL): Lớp này có nhiệm vụ truyền tải các lỗ trống từ anode. Đây là một lớp quan trọng một phần của cấu trúc thiết bị OLED. Lớp này được tạo thành từ polyme, trong đó polyme hoạt động như diode phát xạ. Bên cạnh nhựa hữu cơ, các dẫn xuất của p-phenylene vinylene và polystyrene cũng được sử dụng để tạo nên lớp này. Lớp này còn được gọi là lớp phát quang điện.

- Lớp phát xạ: Electron vận chuyển từ cực dương qua lớp này. Lớp này cũng được tạo thành từ chất hữu cơ phân tử nhựa. Ngoài ra, các phân tử này bao gồm một số biến xử lý polyfluorene và poly-p-phenylene thường phát ra ánh sáng xanh lục và xanh lam. Để dẫn điện, lớp này được phủ thêm một lớp phân tử hữu cơ đặc biệt.

- Lớp catốt: Các electron được bơm vào lớp này khi dòng điện đi qua thiết bị. Lớp này được làm từ vật liệu Canxi, nhôm, và magie.

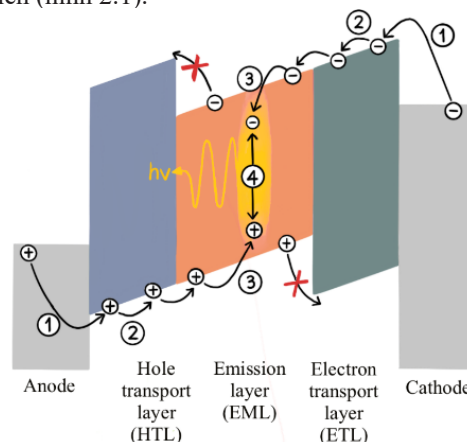
Các lớp phát xạ và dẫn điện đóng một phần quan trọng trong toàn bộ cấu trúc thiết bị bởi chúng tham gia vào quá trình dẫn điện. Thông thường, các phân tử hữu cơ đặc biệt được sử dụng trong hai lớp này. Ngoài ra, cực dương và cực âm được sử dụng để kết

nối OLED vì chúng là nguồn cung cấp điện tử chính.

2.2. Nguyên lý hoạt động của OLED

Khi đặt hiệu điện thế giữa anode và catot, lớp phát xạ trở nên tích điện âm hơn và lớp dẫn điện trở nên tích điện dương hơn. Lớp phát xạ bắt giữ dòng electron từ lớp dẫn, và do đó, dòng lỗ trống tăng lên.

Do lực tĩnh điện, lỗ trống và electron bắt đầu kết cặp với nhau, dẫn đến các lỗ trống di động hơn các electron. Quá trình này phát ra ánh sáng gần lớp phát xạ và nó có thể phát ra ánh sáng với một tần số cụ thể trong vùng khả kiến (hình 2.1).



Hình 2.1. Cơ chế phát sáng của OLED

Nguyên lý phát sáng của OLED: Các OLED phát sáng theo cách giống các đèn LED. Nguồn điện cung cấp dòng điện cho OLED. Dòng các điện tử chạy từ catot qua các lớp hữu cơ tới anốt, anốt sẽ truyền các điện tử cho các lớp phân tử hữu cơ phát quang. Trong khi đó, catot sẽ lấy các điện tử từ các lớp phân tử hữu cơ dẫn (tương đương với việc truyền các lỗ trống mang điện dương cho lớp dẫn). Tại biên giữa lớp phát quang và lớp dẫn, các điện tử tới gặp lỗ trống và kết hợp với nhau dưới dạng năng lượng là một photon ánh sáng. Màu của OLED phát ra phụ thuộc vào kiểu phân tử hữu cơ của lớp phát quang. Các nhà sản xuất thường đặt một loại vài tấm film hữu cơ trên cùng một OLED để tạo ra các màu sắc khác nhau. Cường độ hay độ sáng của ánh sáng phụ thuộc vào lượng điện cung cấp. Lượng điện càng lớn, cường độ sáng càng lớn [5].

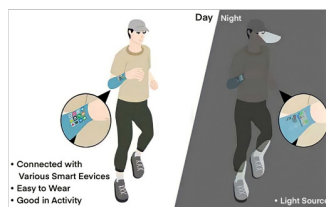
2.3. Ứng dụng

Công nghệ màn hình OLED được thiết lập để cách mạng hóa thế giới kỹ thuật số với tiềm năng về tính dẻo, độ trong suốt và khả năng gấp lại. Những tính năng này mở ra vô số khả năng cho các ứng dụng sáng tạo. Ví dụ, OLED dẻo có thể dẫn đến việc tạo ra TV cuộn hoặc điện thoại thông minh có thể uốn cong. Mặt khác, OLED trong suốt có thể được

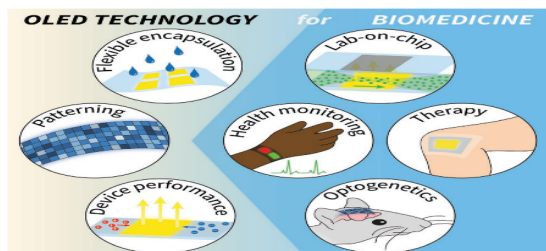
sử dụng trong các cửa sổ thông minh hoặc các ứng dụng thực tế tăng cường. Hơn nữa, khả năng sản xuất OLED trên chất nền linh hoạt có thể mở đường cho công nghệ thiết bị đeo và thậm chí cả các thiết bị nhỏ gọn và nhẹ hơn [6].

Nhờ tính dẻo của OLED, người ta đã chế tạo sợi vải “thông minh” có gắn OLED (hình 2.2) [7] trong liên lạc thông minh. Các hiển thị trên quần áo có thể được điều khiển bằng điện thoại di động. Các giao tiếp này có thể thay thế điện thoại, gửi tin nhắn và thậm chí làm phương tiện thanh toán [8]. Hệ thống định vị dẫn đường cũng có thể được gắn kèm trên sợi vải có gắn OLED có chức năng như bản đồ, giúp các nhà thám hiểm có thể tìm đường một cách dễ dàng...

Với kích thước linh hoạt và cường độ sáng có thể điều khiển một cách dễ dàng, OLED được ứng dụng trong các thiết bị quang học, làm sensor của các sợi quang trong thiết bị y tế (hình 2.3) [9]. Người ta có thể sử dụng cảm biến trên chip của OLED để truyền/hấp thụ mẫu và phát hiện sự phát quang từ hợp chất trong mẫu. Cảm biến dựa trên OLED phát ra ánh sáng có bước sóng phù hợp giúp đo được nồng độ oxy trong máu hay nhịp tim... từ đó đưa ra các cảnh báo về sức khỏe. Bên cạnh việc sử dụng OLED cho các ứng dụng trong phòng thí nghiệm trên chip và theo dõi sức khỏe, thiết bị có gắn OLED dưới dạng đeo phát ra ánh sáng phù hợp dùng điều trị trị liệu, đặc biệt hứa hẹn cho việc chăm sóc bệnh nhân ngoại trú. Ánh sáng do OLED phát ra còn được dùng để truyền tải ánh sáng trong quang sinh học. Việc cấy ghép OLED trong động vật có thể giúp giảm phản ứng mô nhiễm nhiễm hoặc kích thích các tế bào với các chức năng phù hợp.



Hình 2.2. OLED được gắn trong sợi vải



Hình 2.3. OLED trong các thiết bị y sinh.

3. Kết luận

Công nghệ OLED cho thấy nhiều ứng dụng tiềm năng trong đời sống và kỹ thuật. Do có cấu tạo từ các lớp polymer nên màn hình OLED dễ hỏng hơn màn hình LED. Polymer phát ra màu xanh cũng dễ hỏng nên hiển thị màu của OLED trở nên kém chính xác

và sinh động. Tuy nhiên, tương lai của công nghệ OLED hứa hẹn sẽ cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng và tuổi thọ. Các nhà nghiên cứu đang liên tục tìm cách nâng cao tuổi thọ của màn hình OLED và giảm mức tiêu thụ điện năng của chúng. Điều này có thể giúp các thiết bị có tuổi thọ cao hơn và giảm đáng kể mức sử dụng năng lượng, góp phần tạo nên một tương lai bền vững hơn. Ngoài ra, những tiến bộ trong công nghệ OLED cũng có thể giúp cải thiện độ chính xác màu sắc và độ sáng, mang đến cho người dùng trải nghiệm xem phong phú hơn và nhiều ứng dụng của OLED trong đời, mở ra cách giao tiếp của con người sinh động, tiện lợi và trực quan hơn.

Tài liệu tham khảo

1. Bhrijesh N. Patel et al., “OLED: A Modern Display Technology” International Journal of Scientific and Research Publications 4, (2014).
2. K. Guo, et. al., “Printable organic light-emitting diodes for next-generation visible light communications: a review”, Advanced Photonics Nexus 2, 044001 (2023).
3. Shi-Jie Zou et al., “Recent Advances in Organic Light-Emitting Diodes: Toward Smart Lighting and Displays” J. Materials Chemistry Frontiers 4, (2020) 788-820.
4. Ramchandra Pode, Renewable and Sustainable Energy Reviews 133, (2020) 110043.
5. Jeungmo Kang, Yoonhee Cho and Woojin Jang, Applied Sciences, 11, (2021) 74.
6. Jaesang Lee, “Lifetime modeling for organic light-emitting diodes: a review and analysis”, Journal of Information Display 24, (2023) 57-70.
7. D. Nayak and R. B. Choudhary, “A survey of the structure, fabrication, and characterization of advanced organic light emitting diode”, Microelectronics Reliability 149, 114959 (2023).
8. B. Lei, et. al., “Applications and Future Developments of Flexible Organic Light-emitting Diode”, Journal of Physics: Conference Series 2194, 012021 (2022).
9. C. Murawski and M. C. Gather, “Emerging Biomedical Applications of Organic Light-Emitting Diodes”, Adv. Optical Mater, 2100269 (2021).