

PIN MẶT TRỜI CẤU TRÚC SONG SONG PEROVSKITE/CIS HAI ĐẦU CUỐI NGUYÊN KHỐI

TS Hoàng Nhật Hiếu, TS Trần Thanh Thái

Trường Đại học Quy Nhơn

Mới đây, các nhà nghiên cứu tại CHLB Đức đã chế tạo thành công pin mặt trời song song perovskite/CIS hai đầu cuối nguyên khối với hiệu suất gần 25% - giá trị cao nhất đạt được cho đến nay đối với công nghệ này. Đặc biệt hơn, các tấm pin mặt trời này có khối lượng rất nhẹ và linh hoạt. Chúng có thể được sử dụng trên các phương tiện giao thông, thiết bị di động và những thiết bị có thể gấp hoặc cuộn lại.

Mở đầu

Năng lượng mặt trời bao gồm năng lượng của dòng bức xạ điện từ, xuất phát từ mặt trời cộng với một phần nhỏ năng lượng của các hạt hạ nguyên tử khác phóng ra từ mặt trời. Đây là một nguồn năng lượng sạch và gần như vô tận, mang đến nhiều ứng dụng quan trọng cho cuộc sống.

Pin năng lượng mặt trời là một thiết bị chuyển đổi ánh sáng mặt trời thành dòng điện, thường được gọi là điện năng lượng mặt trời. Cơ chế hoạt động của pin năng lượng mặt trời dựa trên hiệu ứng quang điện. Tăng hiệu suất chuyển đổi quang điện và tính linh hoạt trong sử dụng thực tế của pin mặt trời rất quan trọng vì đó là cách hiệu quả nhất để giảm giá thành sản phẩm và là cách tốt nhất để thúc đẩy các ứng dụng quang điện có không gian hạn chế như: mái nhà, mặt tiền nhà, phương tiện giao thông. Thị trường pin mặt trời hiện nay chủ yếu được thống trị bởi pin mặt trời silicon (Si) tinh thể đơn tiếp giáp với giá đắt đỏ, cồng kềnh, không linh hoạt và hiệu suất lý thuyết bị giới hạn [1].

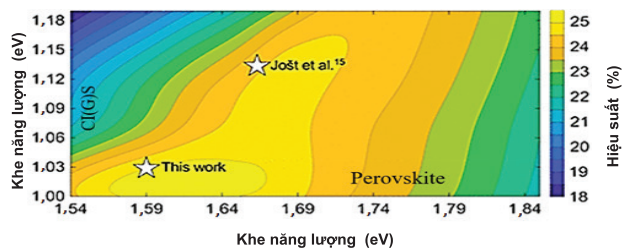
Thế hệ pin mặt trời thứ 2 là CI(G)S, được làm từ các chất bán dẫn Cu, In (Ga), Se₂ (đồng, indium (gallium), selenide). Do được chế tạo từ màng mỏng của các chất bán dẫn hấp thụ ánh sáng cao trên màng polymer bằng phương pháp đồng bay hơi hoặc đồng lắng đọng ở nhiệt độ thấp nên chúng vô cùng mỏng, chỉ có kích thước vài µm, nhỏ hơn 20 lần so với kích thước của pin mặt trời được làm từ silicon và chỉ bằng 1% so với thế hệ pin mặt trời đầu tiên trên thị trường. So sánh với pin silicon thì pin CI(G)S có tính linh hoạt cao, quy trình sản xuất đơn giản và chi phí thấp song vẫn bị đánh giá thấp vì hiệu suất không cao và đòi hỏi nhiều không gian lắp đặt.

Để khắc phục các hạn chế nêu trên, trong khoảng một thập kỷ trở lại đây, các nhà nghiên cứu trên thế giới đang nỗ lực nghiên cứu về pin mặt trời sử dụng perovskite (tên một loại quặng gồm canxi, titan và oxy). Hiện nay, hiệu suất của pin mặt trời perovskite đơn tiếp giáp có thể so sánh với hiệu suất của các pin mặt trời Si truyền thống và pin mặt trời CI(G)S [2, 3]. Hiệu suất của pin mặt trời này có thể được tăng cường bằng cách xếp chồng hai hoặc nhiều pin đơn kết nối lại trong cấu hình song song. Bởi vì, mỗi tế bào năng lượng mặt trời xếp chồng lên nhau sẽ tạo ra hiệu quả đặc biệt trong việc hấp thụ ánh sáng từ mỗi phần khác nhau của quang phổ năng lượng mặt trời, làm cho tổn thất vốn có có thể được giảm bớt và tăng hiệu quả hiệu suất chuyển đổi năng lượng. Ví dụ như, pin mặt trời cấu trúc song song sử dụng perovskite ở tế bào trên và Si hoặc CI(G)S ở tế bào dưới, hiệu suất đã đạt mức kỷ lục trên 29% và 24% theo thứ tự [2]. Tuy nhiên, để đáp ứng tính linh động thì cấu trúc thứ 2 perovskite/CIS đang được quan tâm nghiên cứu nhiều nhất.

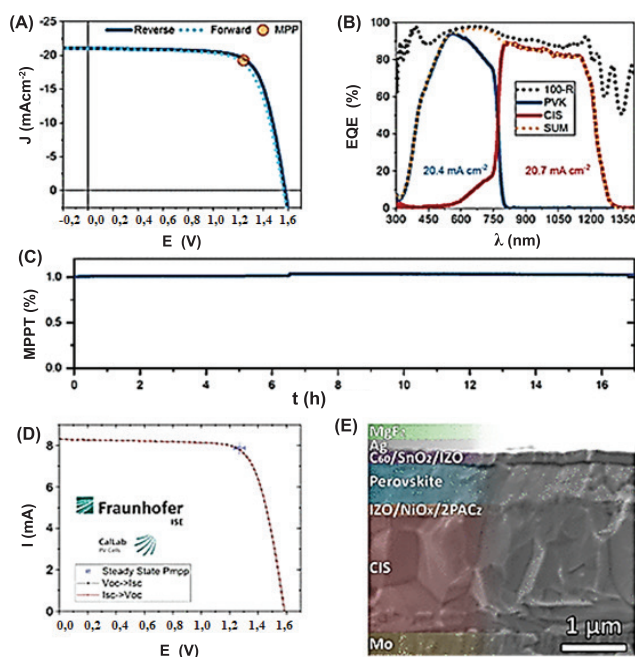
Kết hợp perovskite với CIS trong cấu hình song song

Kết hợp vật liệu perovskite với vật liệu CIS sẽ giúp tạo ra các pin năng lượng mặt trời cấu hình song song nhẹ và linh hoạt, có thể được lắp đặt không chỉ trên các tòa nhà mà còn trên các phương tiện và thiết bị di động. Những pin năng lượng mặt trời như vậy thậm chí có thể được gấp hoặc cuộn lại để lưu trữ và mở rộng khi cần thiết, ví dụ như lắp trên rèm hoặc mái hiên để cung cấp bóng râm và tạo ra điện cùng một lúc.

Đặc biệt mới đây, các nhà nghiên cứu của Viện Công nghệ ánh sáng (LTI) và Viện Công nghệ cấu trúc vi mô (IMT) thuộc Viện Công nghệ Karlsruhe (KIT),



Hình 1. Biểu đồ đường viền hiển thị hiệu suất tối đa của pin mặt trời song song perovskite.



Hình 2. Cấu trúc pin và các thông số quang điện.

CHLB Đức đã thành công trong việc sản xuất pin mặt trời cấu trúc song song perovskite/CIS hai đầu cuối nguyên khối với hiệu suất tối đa là 24,9% (được chứng nhận 23,5%) [4]. Để đạt được hiệu suất này, nhóm nghiên cứu đã tìm ra bề rộng thích hợp của khe năng lượng lớp perovskite và lớp CIS bằng cách sử dụng mô hình tính toán mã nguồn mở EYcalc [5].

Hình 1 là kết quả tính toán từ mô hình cho thấy hiệu suất tối đa của pin với sự kết hợp nhất định các bề rộng vùng cấm cho các chất hấp thụ trên (perovskite) và dưới (CI(G)S). Theo mô hình này, có thể đạt được hiệu suất lên đến 25% cho một loạt các kết hợp bề rộng vùng cấm, tức là ~0,95-1,15 eV cho tế bào dưới và ~1,54-1,72 eV cho tế bào trên. Tuy nhiên, để đạt được hiệu suất cao nhất có thể, bề rộng vùng cấm của CI(G)S nên được giảm thêm để phù hợp với phạm vi tối ưu (~0,95-1,03 eV), trong khi perovskite nên được thiết kế để ghép nối

thích hợp với bề rộng vùng cấm đã chọn của CI(G)S (~1,56-1,66 eV). Cũng vậy, Marko Jost và cộng sự (2022) [6] đã báo cáo với cấu trúc pin mặt trời tương tự và kết quả hiệu suất đạt được là 24,2% cho sự kết hợp bề rộng vùng cấm lần lượt là ~1,13 eV và ~1,68 eV cho CI(G)S và perovskite. Hơn nữa, mô hình cũng gợi ý rằng, bằng cách giảm bề rộng vùng cấm của tế bào trên và dưới khoảng ~100 meV, có thể đạt được hiệu suất cao hơn nữa.

Trên cơ sở những tính toán mô phỏng, nhóm cũng đã nghiên cứu thực nghiệm chế tạo thành công pin mặt trời song song perovskite/CIS 2 đầu cuối nguyên khối bằng cách kết hợp CIS chứa hàm lượng Ga thấp để đạt được khe năng lượng ~1,03 eV và perovskite 3 cation với hàm lượng Br thấp (10%Br) để có khe năng lượng ~1,59 eV trong cấu trúc song song. Kết quả các thông số quang điện của pin được đo trong nhà và đạt được với điện áp hở mạch (V_{oc}), mật độ dòng (J_{sc}) và thừa số điền đầy (FF) là 1,57 V, 21,1 mA cm⁻² và 75,2%, và tương ứng hiệu suất là 24,9%. Kết quả thực nghiệm này khá phù hợp với mô hình tính toán mô phỏng ở trên. Cấu trúc pin và các thông số quang điện được cho thấy chi tiết như trong hình 2.

Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng của pin mặt trời song song perovskite/CIS 2 đầu cuối nguyên khối là rất lớn, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu các thiết bị quang điện linh hoạt và nhẹ, mở đường cho những phát triển trong tương lai, có thể đẩy hiệu suất vượt quá ngưỡng 30%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Richter, et al. (2013), "Reassessment of the limiting efficiency for crystalline silicon solar cells", *IEEE J. Photovoltaics*, **3**(4), DOI:10.1109/JPHOTOV.2013.2270351.
- [2] <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>.
- [3] H. Min, et al. (2021), "Perovskite solar cells with atomically coherent interlayers on SnO_2 electrodes", *Nature*, **598**, pp.444-450, DOI:10.1038/s41586-021-03964-8.
- [4] A. Marco, et al. (2022), "Monolithic two-terminal perovskite/cis tandem solar cells with efficiency approaching 25%", *ACS Energy Letters*, **7**(7), pp.2273-2281, DOI:10.1021/acsenenergylett.2c00707.
- [5] <https://zenodo.org/record/4696257#.Yt9v-D3P3ct>.
- [6] Marko Jost, et al. (2022), "Perovskite/CIGS tandem solar cells: From certified 24.2% toward 30% and beyond", *ACS Energy Lett.*, **7**, pp.1298-1307, DOI:10.1021/acsenenergylett.2c00274.