

CÁC THỂ HỆ PIN MẶT TRỜI

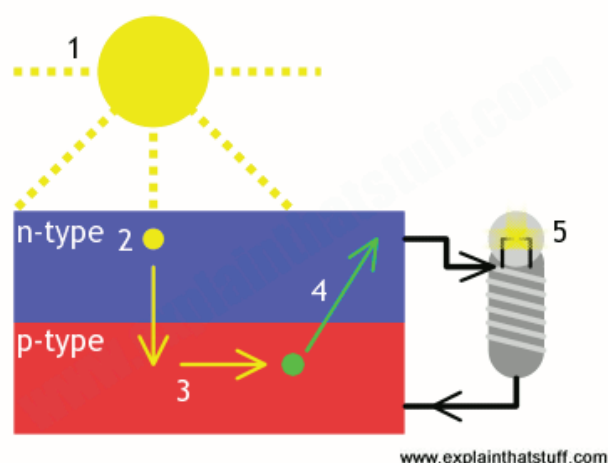
Nguyễn Xuân Chánh

Là một trong những loại điện năng khai thác từ tự nhiên, điện mặt trời không chỉ được coi là bền vững và thân thiện với môi trường mà còn rất dồi dào nếu biết khai thác đúng hướng. Khi nói tới nguồn điện năng và các kỹ thuật có liên quan, cần phải nhắc tới các thể hệ pin mặt trời hiện đang được các quốc gia và các hãng khai thác quan tâm mà tác giả đề cập trong bài viết này.

Ước tính hàng năm trái đất nhận được từ mặt trời năng lượng bức xạ tổng cộng là 49837 EJ ($1\text{ EJ} = 10^{18}\text{ J}$) - lớn hơn nhiều lần năng lượng tiêu thụ hàng năm của con người trên trái đất. Nếu tính trên 1 m^2 diện tích mặt đất, cứ mỗi giây năng lượng bức xạ mặt trời chiếu đến 164 J, nếu biến đổi được ra điện sẽ có được điện năng với công suất 164 W ($1\text{ W} = 1\text{ J/s}$) - đủ thấp sáng hơn 16 ngọn đèn LED, mỗi đèn LED có công suất 10 W. Hiện nay, có 2 cách chính để tạo ra điện mặt trời. *Cách thứ nhất* là dùng hiệu ứng quang điện làm ra các tấm pin mặt trời, để có ánh sáng mặt trời là có ngay dòng điện. Tuy nhiên, sử dụng pin mặt trời để cung cấp điện cho sinh hoạt, làm ra nhà máy pin mặt trời thì còn nhiều điều phải tính toán, cải tiến kỹ thuật. *Cách thứ hai* là tập trung ánh sáng mặt trời về một chỗ để làm nóng một chất lỏng hoặc khí và dùng nhiệt thu được để làm quay máy phát điện. Cách này có vẻ phức tạp, cồng kềnh nhưng rất thích hợp cho việc làm các nhà máy phát điện mặt trời cỡ lớn hàng chục megawatt. Trong bài viết, chúng ta sẽ tìm hiểu về pin mặt trời và các thể hệ pin mặt trời để hiểu rõ hơn về nguồn điện năng này.

Tạo ra dòng điện nhờ pin mặt trời là cách phát điện dùng hiệu ứng quang điện. Hiệu ứng này là phát minh của Einstein (công trình đã đưa ông đến với Giải thưởng Nobel năm 1905). Tuy nhiên, cuối những năm 40 của thế kỷ XX, vật lý bán dẫn phát triển làm cơ sở cho Hãng Bell (Hoa Kỳ) chế tạo được pin quang điện vào năm 1954. Pin quang điện này dùng để tạo ra dòng điện từ ánh sáng mặt trời nên có tên gọi là pin mặt trời. Nguyên lý hoạt động của pin mặt trời là từ bán dẫn silic tạo ra bán dẫn loại p

và bán dẫn loại n, ghép lại với nhau tạo ra tiếp xúc p-n, và nối mạch điện như ở hình 1.



Hình 1. Pin mặt trời làm việc như thế nào: 1- Khi chiếu ánh sáng mặt trời vào tiếp xúc p-n, photon bắn vào bề mặt tiếp xúc; 2- Photon mang theo năng lượng đi qua lớp tiếp xúc từ trên xuống; 3- Khi tiếp xúc với lớp p, photon truyền năng lượng cho điện tử ở lớp này; 4- Điện tử nhận được năng lượng, nhảy qua hàng rào thế ở tiếp xúc p-n để lên lớp n và chạy theo mạch ngoài qua tải, ví dụ là bóng đèn để làm sáng bóng đèn.

Pin mặt trời thế hệ 1

Hãng Bell đã chế tạo các tấm pin mặt trời từ thỏi silic đơn tinh thể cắt ra từng lát mỏng tạo ra tiếp xúc p-n, làm các đường dẫn nối điện theo kỹ thuật vi điện tử và ghép lại thành tấm. Giá thành loại pin này rất đắt trong khi hiệu suất mới chỉ đạt 6%, nghĩa là trong 100 phần năng lượng photon ánh sáng mặt trời đến, chỉ có 6 phần được biến thành điện năng.



Hình 2. Các kiểu pin mặt trời thế hệ 1.

Tuy hiệu suất thấp, giá thành rất cao nhưng pin mặt trời chế tạo từ silic đơn tinh thể của Hãng Bell đã mở đầu cho pin mặt trời thế hệ 1. Đã có nhiều cải tiến như thay silic đơn tinh thể bằng silic đa tinh thể, phủ các lớp chống phản xạ để ánh sáng đi vào tiếp xúc p-n nhiều hơn nhưng hiệu suất pin mặt trời vẫn rất giới hạn, chỉ trong khoảng 10-20%. Tính toán lý thuyết suy ra định luật về giới hạn Shockley-Queisser: chỉ với tiếp xúc p-n đơn giản thì hiệu suất pin mặt trời không thể cao hơn 30%. Do bán dẫn silic được chế tạo ra từ cát trắng, nguyên liệu dễ kiếm và kỹ thuật làm bán dẫn rất phát triển nên có tới xấp xỉ 97% pin mặt trời thế hệ 1.

Pin mặt trời thế hệ 2

Pin mặt trời thế hệ 2 có cấu tạo là những lát mỏng cắt từ các thỏi tinh thể silic, trên lát mỏng đó chỉ dùng một lớp rất mỏng để tạo tiếp xúc p-n. Mỗi lát mỏng tinh thể silic tuy chỉ dày chừng 200 micromet



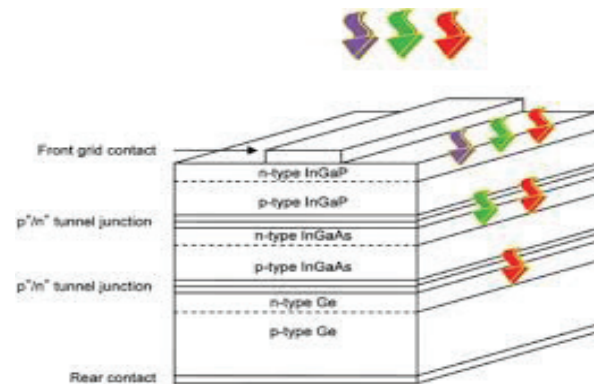
Hình 3. Pin mặt trời thế hệ 2.

nhưng cứng và giòn, chỉ có thể dán lên những tấm có bề mặt thật phẳng.

Pin mặt trời thế hệ 2 thường được gọi là pin mặt trời màng mỏng (thin-film solar cell) hay pin quang điện màng mỏng (thin film photovoltaic), chỉ mỏng bằng cỡ 1% pin mặt trời thế hệ 1, nghĩa là vào cỡ vài micromet. Phần lớn pin mặt trời thế hệ này cũng làm từ silic nhưng là silic vô định hình (không phải là tinh thể), ngoài ra còn làm từ vật liệu khác như Cd-Te (cadimi telurit) và CIGS (đồng indi gali selen). Pin mặt trời thế hệ này cực mỏng, nhẹ, dễ uốn nên có thể dán lên cửa sổ, kính ở những tòa nhà cao, mái ngói và mọi loại giá đỡ, kể cả kim loại, thủy tinh, polyme. Tuy có ưu điểm là mỏng, nhẹ, dễ uốn, dễ dán vào bất cứ đâu nhưng hiệu suất của pin mặt trời thế hệ 2 không cao, chỉ vào cỡ từ 7-12%. So sánh thì pin mặt trời thế hệ 1 loại cải tiến sau này có hiệu suất trung bình vào cỡ 15-20%, cao gần gấp đôi pin mặt trời thế hệ 2.

Pin mặt trời thế hệ 3

Có ba lớp tiếp xúc p-n khác nhau. Mỗi lớp hấp thụ photon một màu như ở hình 4. Nhờ đó, cả ba lớp hấp thụ nhiều photon hơn, tạo ra điện tử nhiều hơn, tăng hiệu suất.



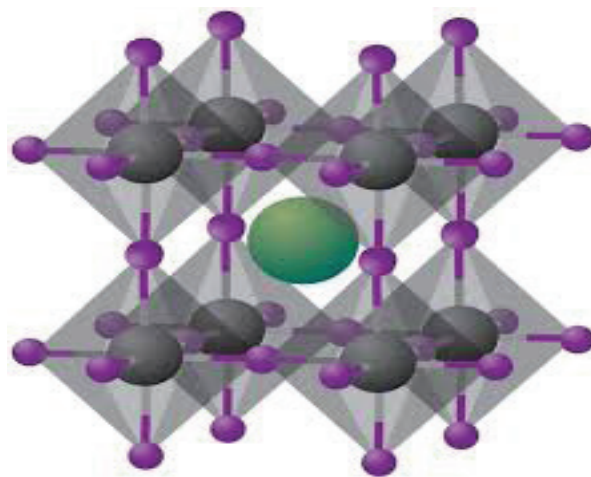
Hình 4. Các lớp của pin mặt trời thế hệ 3. Các photon đỏ lục xanh chiếu vào pin mặt trời nhiều lớp tiếp xúc. Qua lớp tiếp xúc 1, photon xanh bị hấp thụ để làm bật điện tử, còn lại photon lục và đỏ đi qua lớp tiếp xúc thứ 2 ở giữa, photon lục bị hấp thụ để làm bật điện tử. Photon đỏ còn lại đi qua lớp tiếp xúc thứ 3 ở dưới bị hấp thụ làm bật điện tử. Các loại photon đều bị hấp thụ hết để chuyển thành điện tử, nhờ đó hiệu suất tăng.

Pin mặt trời thế hệ 3 là các loại pin mặt trời chế tạo theo những cách mới, vật liệu mới nhằm đạt hiệu suất cao, vượt khỏi giới hạn Shockley-Queisser. Trong pin mặt trời thế hệ 3 có cả pin mặt trời thế hệ 1 và 2 nhưng phối ghép lại cùng với các loại pin mới để tăng hiệu suất. Từ đây, xuất hiện danh từ pin mặt trời nhiều lớp.

Cần nhớ lại rằng, pin mặt trời thế hệ 1 cũng như thế hệ 2 chỉ có 1 lớp tiếp xúc làm từ một loại bán dẫn, ví dụ silic. Cơ bản của việc tạo ra điện là photon tới có năng lượng lớn hơn năng lượng khe cấm thì mới làm cho điện tử trong bán dẫn nhảy ra khỏi lớp bán dẫn p để vào bán dẫn n tạo ra dòng điện. Khe cấm đó đối với silic là 1,1 eV, tương ứng với năng lượng của photon ánh sáng đỏ. Như vậy là, đối với photon ánh sáng xanh chẳng hạn có năng lượng lớn hơn 1,1 eV, năng lượng dôi ra sẽ mất mát trong bán dẫn. Phổ của ánh sáng mặt trời khá rộng, từ ánh sáng hồng ngoại đến ánh sáng nhìn thấy (từ đỏ đến tím) và cả ánh sáng tử ngoại nữa. Nếu chỉ dùng lớp tiếp xúc p-n đối với silic, có năng lượng vùng cấm là 1,1 eV, thì những photon dưới màu đỏ đều là không đủ để bật điện tử ra, những photon trên màu đỏ sẽ làm bật điện tử ra nhưng lại dư thừa năng lượng, phần dư thừa này cũng sẽ mất đi. Vì lẽ đó, chỉ dùng một lớp tiếp xúc p-n của bán dẫn silic, hiệu suất tối đa của pin mặt trời không thể vượt quá 33,7%. Tháng 9/2013, người ta đã chế tạo thí điểm được pin mặt trời 4 lớp, hiệu suất 44,7%.

Trong một số trường hợp, mục tiêu chính đặt ra là tăng cao hiệu suất. Nếu 1 tấm pin mặt trời nhiều lớp có hiệu suất gấp đôi tấm pin mặt trời 1 lớp thông thường nhưng giá thành lại gấp tới 3, 4 lần thì lựa chọn của người tiêu dùng có thể là mua 2 tấm pin mặt trời hiệu suất thấp thay cho một tấm pin mặt trời hiệu suất cao. Vì thế, cả 3 thế hệ pin mặt trời vẫn song song cạnh tranh và đều tìm cách nâng cao hiệu suất, hạ giá thành.

Thuộc về pin mặt trời thế hệ 3 còn có nhiều công nghệ khác như công nghệ làm pin mặt trời không bán dẫn (dùng polyme và vật liệu mỏng sinh học), dùng chấm lượng tử, công nghệ nano... Một loại pin mặt trời mới nữa đang có nhiều triển vọng được dự đoán sẽ phát triển lẫn át công nghệ pin mặt trời đã có đó là pin mặt trời perovskite. Perovskite là tên một loại khoáng gồm canxi, titan và oxy do nhà địa chất người Nga Lev Perovski tìm thấy ở dãy núi Ural vào năm 1839. Khoáng này dạng tinh thể có cấu trúc lập phương, về sau có tên là Perovskite (hình 5), gốc từ Perovski - tên người tìm ra nó và tên gọi này được mở rộng ra cho nhiều tinh thể có cấu trúc tương tự. Năm 2006, nhà khoa học người Nhật Bản là Tsutomu Miyasaka đã phát hiện ra một số loại perovskite là bán dẫn và cho thấy có nhiều hứa hẹn dùng để làm pin mặt trời. Một số nhà khoa học Anh đã làm pin mặt trời perovskite đạt được hiệu suất 10% (trong khi so với pin mặt trời silic ban đầu, chất vật liệu mới làm được pin mặt trời hiệu suất 6% nên nhiều nhà sản xuất, kinh doanh đi theo hướng làm pin mặt trời perovskite).



Hình 5. Tinh thể perovskite.

Khác với silic, làm pin mặt trời perovskite không cần nuôi tinh thể, không cần làm tinh khiết vật liệu ở cấp độ bán dẫn mà là điều chế theo các phương pháp hóa học thông thường, thậm chí có thể chế tạo pin mặt trời perovskite theo kiểu in (printing). Do đó, pin mặt trời perovskite sẽ là pin mặt trời giá rẻ nhất, có nhiều triển vọng thống trị thị trường tiêu dùng (hình 6).



Hình 6. Chế tạo pin mặt trời perovskite bằng cách in. Giữa là lọ hóa chất dùng làm mực in.

*
* *

Do tính chất rất đặc biệt là trực tiếp chuyển từ ánh sáng thành điện nên pin mặt trời rất gọn nhẹ, không có động cơ, không có máy phát năng lượng, ai cũng có thể khai thác được. Vì vậy, pin mặt trời có rất nhiều ứng dụng, trong đó có một ứng dụng rất quan trọng là cung cấp điện cho đời sống sinh hoạt hàng ngày của con người; cách sản xuất điện bằng pin mặt trời cũng đang rất cạnh tranh so với các cách sản xuất điện truyền thống khác, chủ yếu là cạnh tranh về giá thành.