

Giới thiệu nghiên cứu

Đánh giá ngoài trời các mô-đun pin mặt trời bằng phương pháp phát quang điện Yasuaki Ishikawa

Đánh giá hiệu suất phát điện của các mô-đun pin mặt trời tạo ra điện trong hệ thống phát điện quang điện

Tầm quan trọng của giá trị đang ngày càng tăng. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một phương pháp đánh giá hiệu suất phát điện.

Phương pháp phát quang điện (EL) hiện đã có thể sử dụng ngoài trời.

Bài báo này giới thiệu công nghệ Phát hiện EL từ các tế bào năng lượng mặt trời silicon tinh thể

Độ phơi sáng của cảm biến hình ảnh được đồng bộ với dòng điện tiêm để thu được dải quang học thích hợp.

Bằng cách sử dụng bộ lọc thông, có thể chụp được hình ảnh EL ngay cả trong điều kiện chiếu sáng cao.

Nó trở thành Noh. Ngoài ra, cường độ EL được sử dụng để định lượng các đặc tính của pin mặt trời.

Kết quả ước tính điện áp mạch hở được trình bày dưới đây.

1. Giới thiệu

Việc ứng dụng quang điện (PV) đang diễn ra trên toàn thế giới.

Có. Công suất toàn cầu hàng năm ước tính đạt 760 GW vào năm 2020, trong đó công suất của Nhật Bản ước tính là 8,2 GW1). Mặc dù các cơ sở phát điện quang điện được lắp đặt dự kiến sẽ hoạt động ổn định trong hơn 20 năm, nhưng các phương pháp quản lý sản lượng chủ yếu liên quan đến việc kiểm tra trực quan các biến động sản lượng hàng ngày và mô-đun quang điện tạo ra điện, và ít có tiến triển nào được thực hiện trong việc chủ động phát hiện các bất thường trong hiệu suất phát điện. Có thể xác định hư hỏng của mô-đun pin mặt trời do vật lạ bám vào hoặc một số tác động vật lý (như vết nứt trên bề mặt kính gia cố) và cháy xém tấm nền ở phía sau mô-đun do sét đánh thông qua hình thức bên ngoài. Hư hỏng ở mô-đun pin ảnh hưởng trực tiếp đến sự an toàn và cần phải thay thế ngay lập tức.

Điều này rất cần thiết. Mặt khác, cũng có những sự suy giảm hiệu suất phát điện không thể phát hiện bằng cách kiểm tra trực quan, chẳng hạn như chế độ suy giảm trong đó sản lượng giảm nhanh chóng, chẳng hạn như suy giảm tiềm ẩn cảm ứng (PID) được thấy trong các nhà máy điện mặt trời lớn. Các vết nứt nhỏ xuất hiện trên tế bào quang điện trong quá trình sản xuất hoặc trong quá trình lắp đặt ngoài trời có thể ảnh hưởng đến độ tin cậy lâu dài của chúng2). Do tầm quan trọng của việc sản xuất điện quang điện ngày càng tăng trên toàn thế giới nên nhu cầu về các phương pháp kiểm tra hiệu suất phát điện chính xác hơn cũng ngày càng tăng ngoài các phương pháp kiểm tra chung. Điều quan trọng nữa là phải phát triển phương pháp kiểm tra các tấm pin mặt trời “tại chỗ” mà không cần di chuyển chúng khỏi vị trí lắp đặt.

Một phương pháp để đánh giá hiệu suất phát điện của pin mặt trời là phương pháp phát quang điện (EL). Hầu hết các tế bào quang điện tạo ra điện bằng cách tách các lỗ trống và electron thông qua một tiếp giáp PN, và cấu trúc của thiết bị này tương tự như cấu trúc của đèn LED (điốt phát quang). Bằng cách đưa dòng điện vào pin mặt trời theo chiều dương, nó có thể phát sáng giống như đèn LED. Trong trường hợp của một tế bào quang điện thông thường, silic tinh thể được sử dụng làm lớp hấp thụ ánh sáng và thu được ánh sáng phát xạ có bước sóng khoảng 1100 nm. Nếu có khiếm khuyết ở điện cực hoặc bên trong thành phần, ánh sáng sẽ không phát ra hiệu quả, nhưng những khu vực tốt với ít khiếm khuyết sẽ phát ra ánh sáng hiệu quả. Hình ảnh này được chụp lại bằng cảm biến hình ảnh (máy ảnh).

Điều này giúp dễ dàng đánh giá hiệu suất phát điện của phần tử dưới dạng hình ảnh sáng và tối. Fuyuki

Kể từ khi nhóm nghiên cứu của Giáo sư Takashi báo cáo kỹ thuật này vào năm 20063, nó đã được áp dụng rộng rãi như một phương pháp để kiểm soát quá trình sản xuất pin mặt trời và mô-đun pin mặt trời.

Ngoài phương pháp EL, các ví dụ về các kỹ thuật khác được sử dụng để chẩn đoán hiệu suất phát điện của pin mặt trời được liệt kê trong Bảng 1. Phương pháp phổ biến nhất là sử dụng ánh sáng mặt trời làm nguồn sáng để đánh giá đặc tính dòng điện-điện áp. Mặc dù điều này có lợi thế là có thể theo dõi những thay đổi hàng ngày trong đầu ra, nhưng khi đánh giá theo từng chuỗi, không thể xác định được mô-đun nào đang xảy ra những thay đổi đặc trưng. Ngoài ra, rất khó để xác định chế độ suy thoái xảy ra bên trong phần tử chỉ bằng các thông số có thể đọc được từ đặc tính đầu ra và cần phải kết hợp với các phương pháp khác. Hơn nữa, vì đặc tính đầu ra không thể đạt được nếu không có một mức độ chiếu sáng nhất định của ánh sáng mặt trời nên phương pháp này không phải lúc nào cũng khả dụng. Phương pháp nhiệt ảnh đo sự phân bố nhiệt sinh ra bởi dòng điện trong mô-đun pin mặt trời do tiếp xúc với ánh sáng mặt trời.

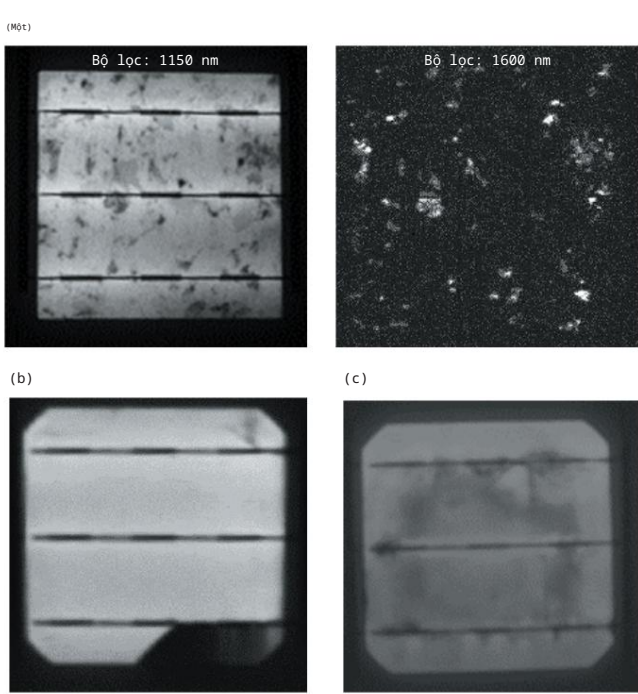
Bảng 1. Đặc điểm của các phương pháp đánh giá khác nhau.

Kỹ thuật	Đặc trưng
Đánh giá đặc tính dòng điện-điện áp được đặt.	Đặc tính được đánh giá bằng cách sử dụng ánh sáng mặt trời làm nguồn sáng. Phương pháp chung. Cần phải có một lượng ánh sáng mặt trời nhất định.
Phương pháp nhiệt ảnh: Đánh giá sự phân bố nhiệt bằng dòng điện sinh ra bởi bức xạ mặt trời. Đánh giá đơn giản. Cần phải có một lượng ánh sáng mặt trời nhất định.	
Phương pháp phát quang điện 2-5)	Dòng điện được đưa vào pin mặt trời và ánh sáng phát ra từ pin mặt trời được chụp lại. Tùy thuộc vào vật liệu thành phần và môi trường đánh giá, có thể cần một số sự khéo léo để thu được hình ảnh.
Phương pháp phát quang 6-8)	Ánh sáng mặt trời được sử dụng làm nguồn sáng để chụp ảnh sự phát quang từ lớp hấp thụ ánh sáng. Việc thu thập hình ảnh có thể đòi hỏi sự khéo léo tùy thuộc vào vật liệu thành phần và môi trường đánh giá. Việc so sánh với các đặc tính điện cũng là cần thiết.

Khoa Kỹ thuật Điện và Điện tử, Khoa Khoa học và Kỹ thuật, Đại học Aoyama Gakuin 5-10-1 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara-shi, Kanagawa 252-5258. e-mail: yishikawa@ee.aoyama.ac.jp

Đánh giá ngoài trời các mô-đun quang điện sử dụng phương pháp phát quang điện. Yasuaki ISHIKAWA.

Khoa Kỹ thuật Điện và Điện tử, Cao đẳng Khoa học và Kỹ thuật, Đại học Aoyama Gakuin (5-10-1 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara 252- 5258)

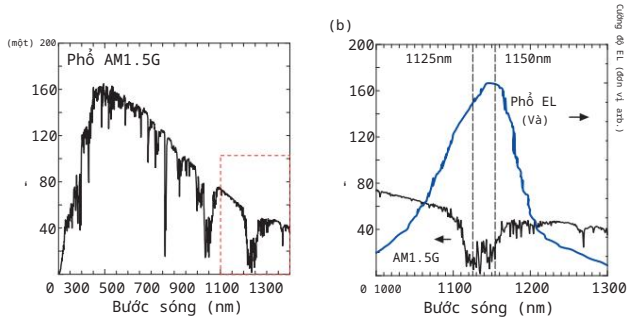


Hình 1. Ví dụ về các phân tích EL khác nhau của pin mặt trời Si tinh thể. (a) Pin mặt trời Si đa tinh thể Phân tích khuyết tật tinh thể, (b) Nứt và ngắt kết nối sau khi mô-đun hóa, (c) Suy giảm do điện áp Phân tích hóa học.

Phân tích được thực hiện bằng camera nhiệt. Việc sử dụng công nghệ này ngày càng tăng vì nó có thể xác định chính xác các khu vực sinh nhiệt do lỗi hệ thống dây điện hoặc pin bị nứt và có thể chụp ảnh dễ dàng. Tuy nhiên, vì cần phải có một lượng dòng điện nhất định để kiểm tra nên không thể sử dụng khi độ rọi của ánh sáng mặt trời thấp. Trong những năm gần đây, ngày càng có nhiều báo cáo về phương pháp phát quang (PL) như một ví dụ nghiên cứu. Nó sử dụng ánh sáng mặt trời làm nguồn sáng và trực quan hóa ánh sáng phát ra từ lớp hấp thụ ánh sáng(6-8). Tuy nhiên, thường không có mối quan hệ trực tiếp giữa hình ảnh PL và đặc tính điện của pin mặt trời, do đó cần phải so sánh và phân tích chúng trước và tích lũy dữ liệu. Đánh giá các đặc điểm kháng thuốc cũng đang được xem xét bằng cách kết hợp nó với phương pháp EL và đưa ra các phương pháp chụp ảnh(9).

Trong trường hợp của các tế bào quang điện silicon tinh thể, chiếm phần lớn thị trường PV, quang phổ phát xạ EL và PL nằm trong vùng gần hồng ngoại. Ở những vị trí ngoài trời lắp đặt các tấm pin mặt trời, ánh sáng ban ngày ngoài trời có quang phổ rộng và cường độ của nó thay đổi tùy thuộc vào lượng ánh sáng phát ra từ các tấm pin mặt trời silicon tinh thể. Vì cường độ của nó mạnh hơn nhiều so với EL và PL nên hình ảnh thường được chụp trong môi trường có thể kiểm soát được ánh sáng ngoài trời, chẳng hạn như phòng tối. Ngoài ra, cam biến hình ảnh dựa trên vật liệu silicon thường được sử dụng do chi phí đầu tư thiết bị đánh giá và tính tiện lợi, nhưng độ nhạy quang phổ ở vùng gần hồng ngoại không cao nên cần thời gian phơi sáng dài. Nói cách khác, các phương pháp EL/PL thông thường chỉ có thể được sử dụng trong môi trường trong nhà hạn chế và rất khó triển khai chúng ở ngoài trời, nơi lắp đặt các mô-đun pin mặt trời(5).

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một phương pháp đánh giá hiệu suất phát điện của các mô-đun pin mặt trời bằng phương pháp EL, đây là phương pháp đánh giá phân ánh mạnh mẽ hơn các đặc tính điện của pin mặt trời. Chúng tôi sẽ giới thiệu tiến hành nghiên cứu và phát triển hiện tại và các phương pháp thực hiện đánh giá này trong môi trường ngoài trời.



Hình 2 (a) Phổ ánh sáng mặt trời, (b) Phổ EL từ pin mặt trời Si tinh thể.

2. Xếp hạng EL ngoài trời

2.1 Về Phương pháp EL

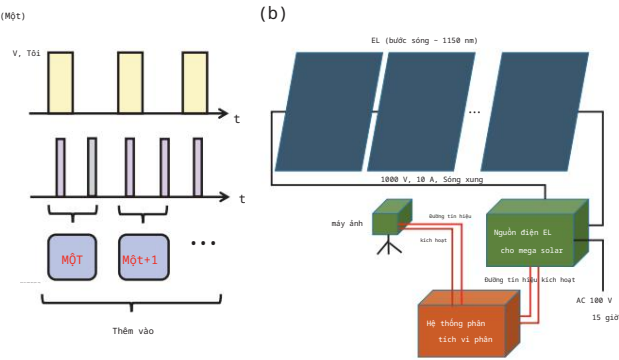
Thiết bị đánh giá EL bao gồm một nguồn dòng điện để đưa dòng điện vào pin mặt trời, một camera để chụp ảnh EL và một thiết bị để điều khiển những hình ảnh này. Bằng cách thay đổi ống kính gắn vào máy ảnh, có thể chụp được nhiều thay đổi về tỷ lệ, chẳng hạn như hình ảnh EL từ một chuỗi các mô-đun được kết nối, toàn bộ mô-đun hoặc hình ảnh EL một phần trong một mô-đun.

Chúng tôi có thể xử lý được. Hình 1 cho thấy một ví dụ về hình ảnh EL của pin mặt trời Si tinh thể. Bằng cách sử dụng máy ảnh có độ nhạy quang phổ cao lên đến vùng gần hồng ngoại xung quanh bước sóng 1600 nm, chẳng hạn như máy ảnh InGaAs, và bằng cách sử dụng bộ lọc quang thông dải thích hợp, có thể thu được hình ảnh hai chiều về sự phát xạ ánh sáng từ bên trong các hạt tinh thể của pin mặt trời Si đa tinh thể và sự phát xạ ánh sáng từ các khuyết tật, như thể hiện trong Hình 1(a). Ngoài ra, như thể hiện trong Hình 1(b), các vết nứt và sự ngắt kết nối của tế bào xảy ra trong quá trình chế tạo mô-đun tế bào năng lượng mặt trời có thể được hình dung rõ ràng. Hơn nữa, người ta cũng có thể phân tích sự suy giảm đặc tính do hiện tượng PID. Hình 1(c) cho thấy hình ảnh EL của mô-đun pin mặt trời Si tinh thể đơn sau thử nghiệm suy thoái tăng tốc PID và có thể thấy hiện tượng tối màu ở những khu vực có thành phần dòng điện ròi tăng lên. Trong môi trường trong nhà, có thể chụp được hình ảnh EL như vậy trong vòng chưa đầy một giây bằng cách sử dụng camera InGaAs.

Khó có thể chụp được hình ảnh EL ở môi trường ngoài trời.

Hình 2(a) cho thấy quang phổ mặt trời điển hình (AM1.5 G) và (b) cho thấy quang phổ EL của pin mặt trời Si tinh thể và quang phổ mặt trời trong vùng đó. Ánh sáng mặt trời cũng mạnh ở vùng gần hồng ngoại có bước sóng khoảng 1100 nm/nm. Ánh sáng khí quyển có bước sóng khoảng 1150 nm Độ là vài chục W/cm². Có những “vết lõm” do sự hấp thụ hơi nước gây ra. Pin mặt trời Si tinh thể Do phổ EL của ao có đỉnh ở bước sóng 1150 nm, nên có thể ngăn chặn ảnh hưởng của ánh sáng mặt trời bằng cách sử dụng bộ lọc thông dải băng hẹp (FWHM: 10 nm) tập trung vào bước sóng 1125 nm, nơi cường độ ánh sáng mặt trời là thấp nhất, hoặc bộ lọc thông dải băng hẹp (FWHM: 10 nm) tập trung vào bước sóng 1150 nm, nơi cường độ phổ EL là cao nhất. 2.2 Phương pháp EL vi sai Ngay cả khi đã chuẩn bị các bộ lọc quang học như mô tả ở trên, cường độ ánh sáng mặt trời vẫn cao hơn nhiều so với cường độ EL, do đó cần có các biện pháp bổ sung. Một trong số đó là

phương pháp EL vi sai, phương pháp này lấy sự khác biệt giữa ảnh EL và nền, sau đó cộng thêm ảnh khác biệt đó. Tính hướng này được thể hiện ở Hình 3(a). Camera được điều khiển đồng bộ với dòng điện xung. Trong một hình ảnh khác biệt



Hình 3 (a) Phương pháp thu thập hình ảnh EL khác biệt, (b) Tổng quan về thiết bị đánh giá EL khác biệt .

Mặc dù không thể thu được hình ảnh EL rõ nét, nhưng có thể thu được hình ảnh EL rõ nét bằng cách thu thập hình ảnh EL nhiều lần. Hình 3(b) cho thấy sơ đồ thiết bị đánh giá EL khác biệt mà chúng tôi đã phát triển (phát triển chung với Technos Co., Ltd.). Máy ảnh được sử dụng là máy ảnh InGaAs. Nguồn điện tạo nên thiết bị này là nguồn điện xung cũng có thể được sử dụng trong các nhà máy điện mặt trời lớn có công suất 1000 V, vì nó được thiết kế để đánh giá EL của các mô-đun pin mặt trời được lắp đặt ngoài trời (được phát triển chung với Kurita Manufacturing Co., Ltd.).

3. Trình bày hiệu quả của phương pháp EL vi phân

Kết quả được thể hiện ở Bảng 1.

Hình ảnh EL thu được bằng phương pháp EL vi sai được thể hiện ở Hình 4(a). Bằng cách điều chỉnh các thông số đo lường khác nhau như dòng điện phun, tần số xung, tỷ lệ hoạt động và thời gian phơi sáng của camera, chúng tôi có thể thu được hình ảnh EL rõ nét ngay cả trong môi trường có độ rọi ngoài trời cao là 9,92 klx. Hình ảnh EL này được chụp bằng bộ lọc thông dải hẹp có bước sóng trung tâm là 1150 nm, nhưng một hình ảnh EL tương tự cũng thu được với bước sóng trung tâm là 1125 nm. Các phương pháp EL ngoài trời đã được các tổ chức khác báo cáo(9,10) và thiết bị đánh giá cũng có sẵn.

Như nghiên cứu này đã chỉ ra, có thể thu được hình ảnh EL trong môi trường có độ sáng cực cao và người ta cũng xác nhận rằng bóng tối như mây hầu như không ảnh hưởng đến hình ảnh EL. Ở đây, nhiệt độ của mô-đun pin mặt trời được lắp đặt ngoài trời sẽ thay đổi tùy thuộc vào nhiệt độ không khí, môi trường lắp đặt, mùa, v.v.

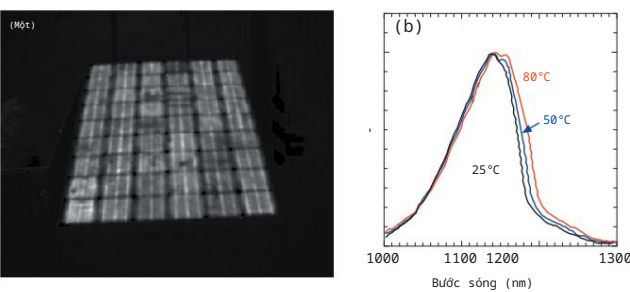
LÀ M. Phổ EL của pin mặt trời silicon tinh thể cũng thay đổi theo nhiệt độ. Do đó, cần phải hiểu những đặc điểm này để theo dõi sự thay đổi trong phát xạ ánh sáng theo thời gian.(11) Hình 4(b) cho thấy tác động của nhiệt độ lên quang phổ EL từ pin mặt trời Si tinh thể đơn. Khi nhiệt độ tăng lên, Bước sóng cực đại của quang phổ EL dịch chuyển về phía bước sóng dài hơn và Sức mạnh tăng lên. Sự thay đổi cường độ EL là do sự thay đổi trong hiệu suất phát điện. hoặc do thay đổi nhiệt độ mô-đun,

Cần phải nắm bắt trước những đặc điểm khác nhau này.

LÀ M.

4. Trích xuất đặc điểm của pin mặt trời bằng phân tích cường độ EL

Từ hình ảnh EL, có thể xác định trực quan các vết nứt và vết vỡ, đồng thời thực hiện đánh giá PID bằng cách phân tích những thay đổi của chúng theo thời gian, từ đó ước tính chế độ xuống cấp.



Hình 4 (a) Hình ảnh EL dưới ánh sáng ngoài trời , (b) sự phụ thuộc nhiệt độ của quang phổ EL từ một tế bào quang điện Si tinh thể điển hình.

Đặc điểm của pin mặt trời cũng có thể được trích xuất từ cường độ EL. EL là hiện tượng phát xạ ánh sáng xảy ra khi các hạt mang được tiêm vào chất bán dẫn chuyển sang trạng thái cơ bản thông qua sự tái hợp bức xạ. Cường độ phát xạ ánh sáng phụ thuộc mạnh vào lượng dòng điện được tiêm và tỷ lệ tái hợp bức xạ và không bức xạ. Nếu sự tái hợp bề mặt không bức xạ hoặc sự tái hợp giao diện do khuyết tật tăng lên, tuổi thọ của hạt tải điện trong chất bán dẫn sẽ bị rút ngắn và cường độ EL sẽ giảm. Nói cách khác, có một mối tương quan tích cực giữa cường độ EL và tuổi thọ của hạt tải điện trong chất bán dẫn, và tương tự như vậy, có một mối tương quan tích cực giữa tuổi thọ của hạt tải điện của lớp hấp thụ ánh sáng của pin mặt trời và đặc tính của pin mặt trời. Đặc biệt, như có thể thấy từ phương trình diode, điện áp mạch hở của một tế bào quang điện (điện áp mạch hở: Voc có mối tương quan mạnh với giá trị tuổi thọ của hạt tải điện và nếu hệ số diode gần bằng 1 và diode ở trong vùng đặc tính diode tốt hoặc ở trạng thái dòng điện tiêm, thì ảnh EL có thể được coi là ảnh Voc . Tại đây, nếu hình ảnh EL của một tế bào quang điện có Voc đã được đo bằng bộ mô phỏng năng lượng mặt trời được lấy trước và sử dụng làm mẫu tham chiếu, và một tế bào quang điện có Voc chưa biết cũng được lấy trong cùng điều kiện hình ảnh EL, thì Voc chưa biết có thể được ước tính bằng phương trình sau (1). Để biết thêm chi tiết, vui lòng tham khảo tài liệu tham khảo(4) .

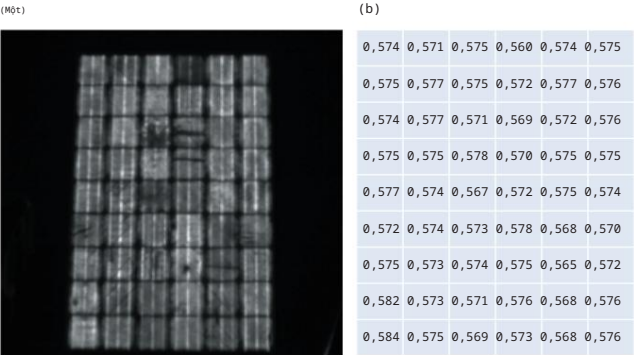
(1)

trong đó I(A) và Voc(A) là cường độ EL và Voc của một tế bào quang điện có các đặc điểm đã biết , và I(B) và Voc(B) là cường độ EL và Voc của một tế bào quang điện có các đặc điểm chưa biết . Ngoài ra, e, k và T lần lượt là điện tích cơ bản, hằng số Boltzmann và nhiệt độ tuyệt đối. Như có thể thấy từ phương trình (1), nhiệt độ mô-đun của mẫu tham chiếu và mẫu đang thử nghiệm phải giống nhau. Tuy nhiên, vì đặc điểm nhiệt độ của Voc phần nào được xác định cho từng loại pin mặt trời nên bằng cách kiểm tra trước và hiệu chỉnh cho từng loại, có thể ước tính Voc ngay cả khi nhiệt độ của mẫu tham chiếu và mẫu cần đo khác nhau.

Khi đánh giá định lượng các đặc điểm của pin mặt trời bằng hình ảnh EL, hình ảnh EL được sử dụng phải là dữ liệu thô. Điều quan trọng là không sử dụng công nghệ xử lý hình ảnh tự động thay đổi độ tương phản hoặc độ sáng. Mục đích không phải là để có được hình ảnh rõ nét mà là để đánh giá lượng ánh sáng tại mỗi điểm ảnh của cảm biến hình ảnh. Để định lượng hình ảnh một cách chính xác, chúng tôi đã sử dụng dữ liệu hình ảnh RAW 16 bit.

Có.

Sử dụng thiết bị đánh giá EL khác biệt, chúng tôi đã đo Si tinh thể



Hình 5 (a) Hình ảnh EL của mô-đun pin mặt trời Si tinh thể , (b) giá trị điện áp mạch hở của mỗi pin mặt trời được tính toán từ cường độ EL (phải) (đơn vị: V).

Hình 5 cho thấy một ví dụ về cách tính Voc từ hình ảnh EL của mô-đun pin mặt trời12). Trong ví dụ này, Voc được tính là giá trị cho mỗi tế bào quang điện. Cường độ EL của diện tích ô được tính trung bình cho mẫu tham chiếu, I(A), và cường độ EL của từng diện tích ô được tính trung bình cho mô-đun pin mặt trời, mẫu đang được thử nghiệm, để tính Voc(B). Khi độ chính xác của giá trị Voc ước tính được xác minh bằng cách sử dụng các đặc tính dòng điện-điện áp từ bộ mô phỏng năng lượng mặt trời, lỗi ước tính Voc cho mô-đun pin mặt trời nằm trong phạm vi 1%. Điều này cho thấy phản phối Voc có thể được hình dung với độ chính xác cực cao ngay cả trong điều kiện ánh sáng ngoài trời cao . Nhiệt độ mô-đun trong quá trình đánh giá trong ví dụ này là 60,4°C. Điều này cho thấy nếu thực hiện hiệu chỉnh dựa trên hệ số nhiệt độ thì không cần phải đánh giá ở điều kiện chuẩn (25°C).

Theo cách này, phương pháp EL vi sai đang trở thành một phương pháp khả thi để chẩn đoán hiệu suất phát điện trong môi trường ngoài trời. Lần này chúng tôi giới thiệu cách ước tính Voc , nhưng cũng có thể ước tính các đặc điểm khác của pin mặt trời như thành phần điện trở nối tiếp. Chúng tôi cũng tin rằng việc cải thiện hơn nữa độ chính xác về mặt định tính và định lượng của đánh giá này, chẳng hạn như bằng cách nghiên cứu những thay đổi trong hình ảnh EL liên quan đến sự suy giảm đặc tính của pin mặt trời và cơ chế suy giảm đó (phân tích sự suy giảm chất mang trong pin mặt trời bằng phương pháp quang phổ hấp thụ thoáng qua và phương pháp suy giảm dòng điện quang vi sóng13-15), sẽ góp phần thúc đẩy sản xuất điện mặt trời đáng tin cậy trong thời gian dài.

5. Kết luận

Công nghệ chẩn đoán hiệu suất phát điện tại chỗ cho các công trình lắp đặt ngoài trời

Kết quả là, phương pháp đánh giá EL ngoài trời đã được giới thiệu. Mặc dù chẩn đoán định tính dựa trên hình ảnh EL thường được thực hiện, trong nghiên cứu này chúng tôi cũng giới thiệu phương pháp đánh giá định lượng các đặc điểm của pin mặt trời dựa trên cường độ EL. Mặc dù lần này không được giới thiệu, nhưng một phương pháp phát hiện nhanh hiện tượng PID từ mối quan hệ giữa dòng điện phun và cường độ EL cũng đang được nghiên cứu.

Có thể mong đợi sự phát triển hơn nữa. Điều quan trọng là phải chẩn đoán hiệu suất phát điện quang điện bằng cách kết hợp không chỉ đánh giá EL ngoài trời mà còn chẩn đoán hiệu suất phát điện đơn giản như đánh giá đặc tính dòng điện-điện áp. Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được hỗ trợ

một phần bởi Chương trình Siêu cụm (khu vực Kyoto) của Cơ quan Khoa học và Công nghệ Nhật Bản (JST) và Dự án nghiên cứu được ủy quyền của Tổ chức Phát triển Công nghệ Công nghiệp và Năng lượng

Mới (NEDO) "Phát triển công nghệ thúc đẩy sản xuất điện quang điện như một nguồn điện chính/Công nghệ tạo ra thị trường mới cho sản xuất điện quang điện".

Công trình này được hỗ trợ bởi "Trung tâm Phát triển Công nghệ Sáng tạo".

văn học

1Tổng quan về thị trường PV toàn cầu năm 2021, IEA-PVPS T1-39 (<https://iea-pvps.org/snapshot-reports/snapshot-2021>).

2DC Nguyen, Y. Ishikawa, và Y. Uraoka: Tiến trình. Quang điện. 29, 423 (2021).

3T. Fuyuki, Y. Kaji, A. Ogane và Y. Takahashi: Proc. IEEE thế giới thứ 4 Hội nghị Năng lượng quang điện, trang 905 (2006).

4T. Fuyuki, H. Kondo, Y. Kaji, A. Ogane và Y. Takahashi: J. Appl. Phys. 101, 023711 (2007).

5T. Fuyuki, T. Tomimoto, A. Tani và Y. Ishikawa: Proc. IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conf., trang 1090 (2015).

6T. Trupke, B. Mitchell, JW Weber, W. McMillan, RA Bardos và R. Kroeze: Energy Procedia 15, 135 (2012).

7O. Breitenstein, H. Höffler và J. Haunschild: Sol. Vật liệu năng lượng. Sol. Tế bào 128, 296 (2014).

8) Văng. Zhu, MK Juhl, T. Trupke và Z. Hameiri: IEEE J. Photovolt. 7, 1087 (2017).

9Lón Stoicescu, M. Reuter và J. H. Werner: Proc. NREL Quang điện Hội thảo về độ tin cậy, trang 341 (2014).

10) Chiều dài Stoicescu và M. Reuter: Proc. Triển lãm năng lượng mặt trời quang điện châu Âu lần thứ 35 Hội nghị năng lượng Biểu đồ, SCV.3.29 (2015).

11) K. Noguchi, T. Oshima, M. Aminul Islam, Y. Ishikawa và Y. Uraoka: Abstr. Int. Photovoltaic Science and Engineering Conf., 4_3-0022 (2016). 12) K. Sato, M. Hamada và Y. Ishikawa: Biên bản Hội nghị thường niên lần thứ nhất của Hiệp hội năng lượng quang điện Nhật Bản, A-8 (2021).

13) Ông. Aminul Islam, H. Matsuzaki, Y. Okabayashi và Y. Ishikawa: Tiến trình. Quang điện. 27, 682 (2019).

14Nam Aminul Islam, D.C. Nguyen, và Y. Ishikawa: Tạp chí Khoa học Nhật Bản. Vật lý 58, 106507 (2019).

15DC Nguyen, Y. Ishikawa, S. Jonai, K. Nakamura, A. Masuda và Y. Uraoka: Sol. Energy 199, 55 (2020). (Nhận ngày 30 tháng 3 năm 2022; Chấp nhận ngày 12 tháng 4 năm 2022)

Hồ sơ



Yasuaki Ishikawa

Phó giáo sư, Khoa Khoa học và Kỹ thuật, Đại học Aoyama Gakuin. 2003 Tiến sĩ (Kỹ thuật) (Viện Khoa học và Công nghệ Naza). Ông từng làm nghiên cứu viên sau tiến sĩ tại Đại học Stuttgart ở Đức, nghiên cứu viên sau tiến sĩ tại Đại học Toledo ở Hoa Kỳ và là phó giáo sư tại Tập đoàn Sharp và Trưởng sau đại học về khoa học vật liệu tại Viện khoa học và công nghệ Naza trước khi đảm nhận vị trí hiện tại vào năm 2020. Chủ yếu tham gia vào nghiên cứu và phát triển pin mặt trời.