



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0042082

(51)^{2020.01} H02S 50/15

(13) B

(21) 1-2021-01184

(22) 07/08/2019

(86) PCT/DE2019/100718 07/08/2019

(87) WO2020/030232 13/02/2020

(30) 10 2018 119 171.5 07/08/2018 DE

(45) 25/12/2024 441

(43) 25/06/2021 399

(73) WVELABS SOLAR METROLOGY SYSTEMS GMBH (DE)

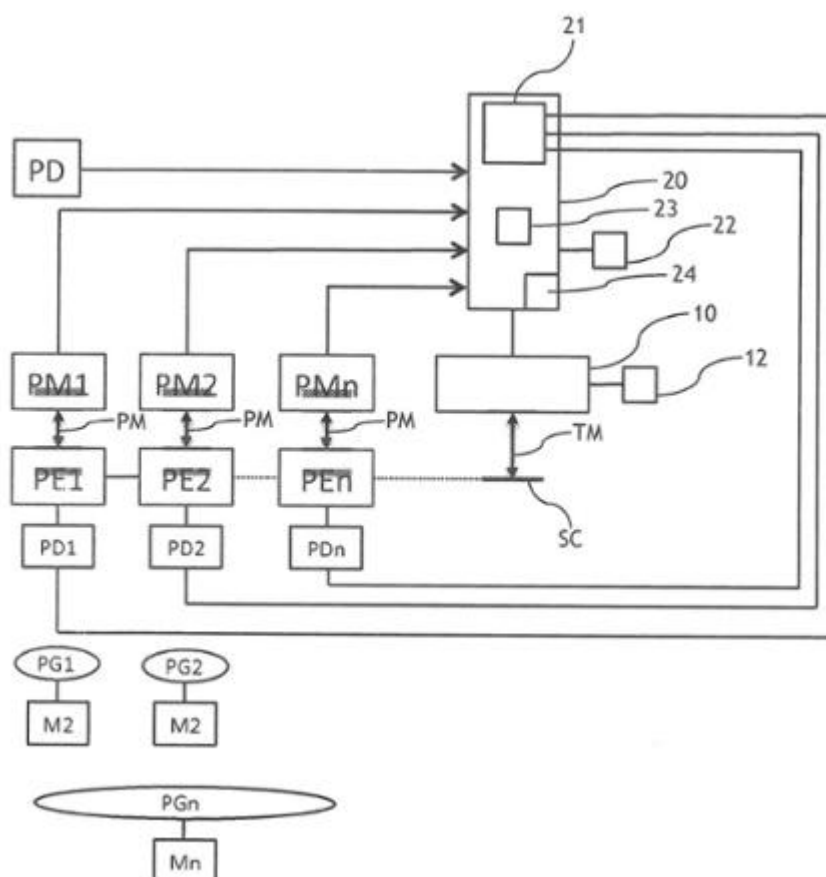
Spinnereistr. 7, 04179 Leipzig, Germany

(72) SCHERFF, Maximilian (DE).

(74) Công ty TNHH Dương và Trần (DUONG & TRAN CO., LTD)

(54) HỆ THỐNG KIỂM TRA PIN MẶT TRỜI QUANG ĐIỆN TỬ CHO MÁY SẢN XUẤT PIN MẶT TRỜI THEO DÂY CHUYỀN, VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐỂ TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT THEO DÂY CHUYỀN CỦA PIN MẶT TRỜI BẰNG CÁCH SỬ DỤNG LOẠI HỆ THỐNG KIỂM TRA PIN MẶT TRỜI QUANG ĐIỆN TỬ NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử cho máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền theo nội dung của điểm 1 yêu cầu bảo hộ. Sáng chế còn đề cập đến phương pháp để tối ưu hóa sự sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử cho máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền theo nội dung của điểm 1 yêu cầu bảo hộ. Sáng chế còn đề cập đến phương pháp để tối ưu hóa sự sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử bao gồm hệ thống, được gọi theo ngôn ngữ kỹ thuật là “bộ chóp”, có thiết bị tạo phoi sáng và đo lường. Thiết bị tạo phoi sáng và đo lường này được ghép với bộ điều khiển và đánh giá, và thường được đặt ở cuối của máy sản xuất theo dây chuyền để đo chất lượng của các pin mặt trời được sản xuất. Ví dụ, hệ thống như vậy được biết đến từ DE112012006365T5.

Thiết bị tạo phoi sáng và đo lường được cấu hình và

được điều chỉnh để thực hiện một hoặc nhiều phép đo kiểm tra trên pin mặt trời để tạo ra dữ liệu đo lường kiểm tra, các phép đo kiểm tra được chọn từ nhóm gồm có:

- phép đo hình ảnh hồng ngoại của pin mặt trời được cấp năng lượng theo hướng ngược lại để xác định các phần bị ngắn mạch cục bộ trong pin mặt trời,

- sự phoi sáng chớp nhoáng với quang phổ phoi sáng, cụ thể quang phổ mặt trời được mô phỏng, để đo ít nhất một đường cong đặc tính dòng-điện áp của pin mặt trời,

- nhiều sự phoi sáng chớp nhoáng khác biệt về phổ để đo các đường cong đặc tính dòng điện được phân giải phổ của pin mặt trời và/hoặc để đo hiệu suất lượng tử gần như bên ngoài của pin mặt trời,

- phép đo điện phát quang của pin mặt trời, cụ thể để xác định các vết vi nứt trong vật liệu pin mặt trời và/hoặc để xác định các sự gián đoạn cấu trúc điện cực và/hoặc các vấn đề tiếp xúc giữa các cấu trúc điện cực và nền và/hoặc để xác định các vùng không hoạt động về điện và/hoặc các phần bị ngắn mạch cục bộ,

- phép đo của đường cong đặc tính sáng và phép đo của đường cong đặc tính tối của pin mặt trời để tính toán điện trở nối tiếp của pin mặt trời, và

- phép đo điện trở của các cấu trúc điện cực của pin mặt trời bao gồm các thanh dẫn điện phụ điện cực để xác định chất lượng của các cấu trúc điện cực kim loại.

Bằng các sự phơi sáng chớp nhoáng khác biệt về phổ, hiệu suất lượng tử gần như bên ngoài của pin mặt trời thu được. Đối với sự phơi sáng chớp nhoáng trong dải quang phổ màu xanh lam, các thiếu sót trong kết quả phép đo của pin mặt trời dạng phiến chỉ ra các vấn đề với lớp nitrit hoặc cực phát. Đối với sự phơi sáng chớp nhoáng trong dải quang phổ màu đỏ, vật liệu khối kém của phiến hoặc chất lượng kém của lớp thụ động mặt sau có thể được xác định.

Các sự gián đoạn và/hoặc các vấn đề tiếp xúc giữa các cấu trúc điện cực và nền, được xác định bởi phép đo điện phát quang, có thể xảy ra trên cả mặt trước và mặt sau của nó, phụ thuộc vào thiết kế cấu trúc của pin mặt trời. Các vùng không hoạt động về điện được gây ra trong các pin mặt trời dạng phiến do vật liệu nền bị hư hại hoặc chất lượng kém. Các phân bị ngắn mạch cục bộ của lớp chuyển tiếp p-n có thể xảy ra trong các pin mặt trời dạng phiến bởi lớp chuyển tiếp p-n bị ngắn mạch, ví dụ, bởi thứ gọi là phân boc quanh khắc ở mép của pin mặt trời.

Dọc theo máy sản xuất theo dây chuyền cho pin mặt trời gồm có nhiều thiết bị xử lý theo trình tự, thông thường có các thiết bị đo lường quy trình khác nhau mà giám sát hoặc ghi lại hoạt động sản xuất. Đối với sự sản xuất các pin mặt trời dựa trên phiến, cụ thể chúng bao gồm các thiết bị đo lường quy trình để ghi lại điện trở suất của phiến, độ dày của phiến, trọng lượng phiến, TTV (tổng biến đổi độ dày) của phiến, loại bỏ khắc hóa chất ướt, thành phần của hóa chất ướt, tuổi thọ hạt mang điện tích thiểu số của phiến, độ dẫn điện và tính đồng nhất của các lớp khuếch tán, độ dày lớp và chỉ số khúc xạ của các lớp chống phản xạ và/hoặc thụ động, tính đồng nhất của các lớp chống phản xạ và/hoặc thụ động, phân boc quanh khắc trong trường hợp của các bước khắc một mặt, số lượng và vị trí áp bột nhão phủ kim loại, các lỗi trong hình ảnh in của bột nhão và nhiều lỗi khác, tùy thuộc vào mức độ tự động hóa và cách bố trí của dây chuyền sản xuất. Với sự hỗ trợ của các phép đo sản xuất, các thiết bị đo lường quy trình này xác định, và thường lưu trữ, dữ liệu đo lường sản xuất. Tùy chọn là, các cảnh báo được kích hoạt tự động trong trường hợp dữ liệu đo lường sản xuất có độ lệch quá mức so với các

giá trị điểm đặt được xác định. Dữ liệu đo lường sản xuất, mà biểu diễn các tham số của phương pháp xử lý tương ứng diễn ra trong thiết bị xử lý, được tạo ra với sự hỗ trợ của các phép đo sản xuất khác. Cụ thể có dữ liệu liên quan đến các biên dạng thời gian và/hoặc không gian của nhiệt độ, áp suất, thời gian xử lý, vv... Dữ liệu đo lường sản xuất được tạo ra trong các thiết bị xử lý bằng các phép đo sản xuất trên các pin mặt trời được sản xuất một phần hoặc bằng các phép đo sản xuất của các tham số của phương pháp xử lý diễn ra trong thiết bị xử lý.

Ngoài các hoạt động khác, nhân viên của máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền có thể và cần quan sát các giá trị đặc trưng này thu được từ dữ liệu đo lường sản xuất, khi họ thấy đến lúc cần làm thế, và khi cần thiết theo kiến thức và năng lực của họ thực hiện các hiệu chỉnh đối với phương pháp xử lý tương ứng của thiết bị xử lý hoặc báo cáo các bất thường cho nhân viên khác để có hành động tiếp theo. Thông thường, ngay cả trong trường hợp có các sự cố tương đối lớn, sự sản xuất theo dây chuyền vẫn tiếp tục không giảm cho đến khi nhân viên kỹ thuật chịu trách nhiệm đến và bắt đầu truy tìm lỗi. Nhiều giờ có thể trôi qua trước khi nhân viên kỹ thuật đến. Điều này thậm chí còn tệ hơn khi các vấn đề không được nhân viên sản xuất tại nơi làm việc chú ý đến các thiết bị xử lý của máy sản xuất theo dây chuyền, hoặc chúng không được chuyển giao. Điều này có thể là do đào tạo kém, hoặc nhân viên có nhiều lý do để không có động lực để báo cáo các vấn đề đã xác định. Tương tự như vậy, có thể có quá nhiều nhiệm vụ song song cho nhân viên sản xuất, do đó bộ phận của các thiết bị xử lý có các vấn đề lớn nhất theo nhận thức chủ quan được ưu tiên. Trong các tình huống như vậy, ví dụ, các vấn đề rất liên quan tương tự khác sẽ không được các nhân viên kỹ thuật được đào tạo cao hơn chú ý cho đến khi báo cáo thay đổi ca làm việc tiếp theo. Vì sự sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền thường chạy suốt ngày đêm, việc giải quyết nhiều vấn đề đã xảy ra trong suốt đêm thường không được bắt đầu cho đến buổi sáng, sau khi các nhân viên kỹ thuật có trình độ cao hơn đã đến.

Nhân viên sản xuất tại nơi làm việc tại các thiết bị xử lý của máy sản xuất theo dây chuyền thường có trình độ đào tạo tương đối thấp và do đó không hiểu biết sâu về các quy trình xử lý và/hoặc pin mặt trời. Hơn nữa, tại nhiều vị trí, có sự biến động nhân sự cao về nhân viên sản xuất này lên đến 50%/năm. Do đó, hiểu biết sản xuất không thể được bồi đắp và duy trì bền vững. Điều này mâu thuẫn với thực tế là sự sản xuất pin mặt trời là quá trình xử lý đa lĩnh vực rất phức tạp với các ảnh hưởng đa dạng đến nhiều

tham số pin mặt trời khác nhau. Các tham số pin mặt trời này có thể ảnh hưởng lẫn nhau và do đó làm tăng cường hoặc thậm chí bù trừ đối với các tác động nhất định, điều này làm cho việc truy tìm lỗi để tối ưu hóa sự sản xuất càng khó khăn hơn. Do đó, các nguyên nhân thực tế của các sai lệch quy trình thường rất khó để nhân viên sản xuất truy tìm được. Hơn nữa, cụ thể các cấu trúc pin mặt trời dạng phiến đang ngày càng trở nên phức tạp hơn (PERC (Passivated Emitter and Rear Cell - bức xạ thụ động và tế bào mặt sau), IBC (Interdigitated Back Contact - phần tiếp xúc mặt sau xen kẽ), HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer - phần chuyển tiếp dị thể với lớp mỏng bên trong)) và do đó phản ứng thậm chí còn nhạy cảm hơn với các sai lệch xử lý, mà ảnh hưởng đến hiệu quả cũng như độ nhạy cảm với PID (Photo-Induced Degradation - Suy giảm cảm ứng ánh sáng) hoặc LeTID (Light and elevated Temperature Induced Degradation - Suy giảm do nhiệt độ cao và ánh sáng).

Nếu máy sản xuất theo dây chuyền không hoạt động tối ưu, các pin mặt trời sẽ bị giảm chất lượng và/hoặc hiệu suất. Để hiệu quả đặc biệt cao, tất cả các thiết bị xử lý và các quy trình phải được điều chỉnh tối ưu, điều này chỉ có thể thực hiện được với nhiều công nghệ đo lường và nhiều nhân viên được đào tạo chuyên sâu. Cả hai điều này đều tốn kém. Các lỗi diễn giải của nhiều kết quả đo, cũng xảy ra với độ trễ thời gian cho tế bào, có thể xảy ra và thường xảy ra. Có vẻ như không có máy sản xuất theo dây chuyền nào trên thế giới hiện đang hoạt động thực sự tối ưu trong khoảng thời gian dài.

Dọc theo và ở cuối quy trình sản xuất pin mặt trời, các tham số/đặc điểm của tế bào của chúng được đo lường và ghi lại. Điều này được thực hiện chủ yếu ở cái gọi là bộ chớp, nhưng cũng ở các thiết bị đo lường quy trình mà xác định ví dụ như các hình ảnh hai chiều công nghệ điện phát quang hoặc phát quang hoặc hồng ngoại của bề mặt pin mặt trời được sản xuất một phần. Các thiết bị đo lường quy trình này cũng có thể biểu diễn cho các xu hướng, để có thể dễ dàng truy tìm hơn các nguyên nhân có thể gây ra vấn đề về chất lượng. Tuy nhiên, thông thường, nhân viên sản xuất thiếu sự hiểu biết và/hoặc thời gian và/hoặc kiến thức về các cải biến sản xuất hiện tại (lô vật liệu khác nhau của các chi tiết nền (ví dụ các phiến), băng ướt dùng cho việc khắc kết cấu đã được làm đầy lại, vv...) để diễn giải các độ lệch của các kết quả một cách chính xác. Vì cần phải hỏi nhân viên kỹ thuật, mà dẫn đến sự chậm trễ về thời gian và do đó làm giảm chất lượng (hiệu quả) hoặc giảm số lượng sản xuất (trong trường hợp ngừng sản xuất).

Nhân viên kỹ thuật phải được đào tạo theo cách liên ngành hoặc bao gồm một số người hiện đang bao quát tất cả các lĩnh vực về các vấn đề kỹ thuật có liên quan của toàn bộ quy trình sản xuất. Tùy thuộc vào mức độ hiểu biết thực tế, vấn đề đã xảy ra không được giải quyết một cách tối ưu hoặc tùy thuộc vào người đang cố gắng giải quyết vấn đề, các phương pháp giải quyết khác nhau được đề xuất. Dây chuyền không hoạt động tối ưu cho đến khi nguyên nhân thực sự được truy tìm thấy.

Cụ thể khi nhân viên kỹ thuật không có mặt ngay lập tức, mức độ của quá trình sản xuất pin mặt trời bị ảnh hưởng do tổn hao hiệu suất là đáng kể. Thông thường, chỉ có một số nhân viên kỹ thuật có mặt hoặc họ phải giải quyết nhiều sự cố cùng một lúc. Vấn đề này trở nên trầm trọng hơn khi nhiều dây chuyền bộ phận hoạt động song song gây ra sự cố đồng thời. Khi đó nhiều dây chuyền bộ phận không còn hoạt động tối ưu nữa.

Để tiết kiệm chi phí sản xuất, khoảng thời gian bảo trì cũng nên được chọn càng lâu càng tốt. Theo đó sẽ chờ đợi đến khi việc xảy ra tổn hao hiệu suất không thể chấp nhận được nữa, hoặc các thiết bị xử lý riêng lẻ và do đó toàn bộ máy sản xuất theo dây chuyền bị gián đoạn. Trong trường hợp gián đoạn, nguyên nhân là rõ ràng. Trong trường hợp tổn hao hiệu suất, trước tiên phải được chỉ định đến các thiết bị xử lý gây ra nó. Việc tổn hao hiệu suất có thể xảy ra sớm hơn nhiều so với bình thường hoặc có thể có nhiều nguyên nhân khác nhau hoặc dạng kết hợp của các nguyên nhân. Việc chỉ định khi đó trở nên khó khăn. Trong quá trình truy tìm nguyên nhân, máy sản xuất theo dây chuyền hoạt động không tối ưu.

Cũng có thể là máy sản xuất theo dây chuyền trên thực tế đã được điều chỉnh hoàn hảo nhưng tổn hao hiệu suất được chú ý gây ra ở một mức độ nào đó, ví dụ như bằng cách sử dụng nguyên liệu ban đầu rẻ hơn với chất lượng thấp hơn hoặc bằng cách tổ chức lại các tham số xử lý, nhưng điều này không được nhân viên sản xuất biết, ví dụ như do trao đổi thông tin không đủ. Trong trường hợp như vậy, có thể bị hiểu sai về tổn hao hiệu suất quan sát được và nhân viên sản xuất đưa ra kết luận không chính xác và điều chỉnh các tham số xử lý nằm trong hoặc thậm chí bên ngoài phạm vi hoạt động của chúng. Điều này sẽ làm suy giảm hiệu suất hơn nữa. Tuy nhiên, sự suy giảm thêm này, tùy thuộc vào nơi can thiệp, sẽ chỉ được quan sát thấy với thời gian trễ đáng kể (hoạt động sản xuất trong dây chuyền có thể mất vài giờ), khi pin mặt trời được sản xuất cuối

cùng được đo ở bộ chóp của thiết bị kiểm tra tế bào. Điều này dẫn đến một phần đáng kể các pin mặt trời kém chất lượng đã không còn được xử lý tối ưu nữa.

Thông thường, máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền được tổ chức như sau: để giám sát máy sản xuất theo dây chuyền, các nhóm cá nhân sau thường được sử dụng:

- nhân viên sản xuất, người trông coi các thiết bị xử lý chạy suốt ngày đêm hoạt động theo ca, đồng thời giải quyết ngay các gián đoạn quy trình nhỏ (ví dụ, loại bỏ phiến bị hỏng) và thực hiện sửa chữa dưới dạng công việc bảo trì, nhưng, ngay cả trong trường hợp có các gián đoạn tương đối lớn của các thiết bị xử lý, giải quyết các gián đoạn này cho đến khi thiết bị xử lý bị lỗi,

- nhân viên giám sát ca, những người trông coi các công việc của các thiết bị xử lý và cũng tổ chức nhân viên sản xuất để sửa chữa,

- nhân viên kỹ thuật, những người có kiến thức chuyên môn về các bước xử lý riêng lẻ nhưng không thường xuyên có mặt tại xưởng (ví dụ, trong ca làm việc muộn hoặc đêm), bao gồm tương đối ít người và hỗ trợ kiến thức kỹ thuật trong trường hợp các thiết bị xử lý bị gián đoạn, và

- nhân viên giám sát sản xuất, những người xem xét tổng quan toàn bộ các hoạt động và chịu trách nhiệm về sản xuất.

Do đó, các hệ thống được biết đến từ tình trạng kỹ thuật để kiểm tra các pin mặt trời được sản xuất có vấn đề là các thiếu sót trong các phương pháp xử lý của các thiết bị xử lý riêng lẻ không được xác định, hoặc chỉ được xác định không đủ hoặc không phù hợp, và thêm vào đó là thời gian trễ.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là tạo ra hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện từ dùng cho máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền, cho phép xác định sự thiếu sót đáng tin cậy hơn và nhanh chóng hơn trong các quy trình riêng lẻ của máy sản xuất theo dây chuyền, và do đó các biện pháp đối phó được bắt đầu dẫn dắt nhanh hơn và đáng tin cậy hơn để giải quyết các thiếu sót của quy trình.

Mục đích này đạt được nhờ hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện từ có các dấu hiệu kỹ thuật theo điểm 1 và nhờ phương pháp có các dấu hiệu kỹ thuật theo điểm

10 để tối ưu hóa sự sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử như vậy.

Theo sáng chế, bộ điều khiển và đánh giá (20) được điều chỉnh và được cấu hình để thực hiện các phân tích thống kê với dữ liệu đo lường kiểm tra của các phép đo kiểm tra giống nhau, được thực hiện nhờ thiết bị tạo phoi sáng và đo lường trên nhiều pin mặt trời được sản xuất theo dây chuyền, và

- để tạo tương quan các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra của các phép đo kiểm tra khác nhau với nhau và/hoặc

- để tạo tương quan các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra với các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất và/hoặc

- để tạo tương quan các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra và/hoặc các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất với dữ liệu đầu vào sản xuất,

để tạo ra các kết quả tương quan và suy ra được ít nhất một đề xuất xử lý và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý, mà được chỉ định đến ít nhất một nhóm người liên quan trong quá trình sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời, từ các kết quả tương quan với sự hỗ trợ của các quy tắc suy diễn, bộ điều khiển và đánh giá bao gồm thiết bị liên lạc mà truyền ít nhất một đề xuất xử lý và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý đến ít nhất một nhóm người được chỉ định. Các cảnh báo và lời khuyên cũng được coi là các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý theo công thức tạo nội dung của chúng. Ví dụ, lời khuyên cảnh báo hàm ý đề xuất hoặc hướng dẫn để tăng cường sự chú ý, được trình bày chi tiết hơn bởi nội dung của lời khuyên cảnh báo.

Để phân biệt rõ ràng các phép đo kiểm tra mà được thực hiện bằng thiết bị tạo phoi sáng và đo lường của bộ chóp trên pin mặt trời được sản xuất cuối cùng, các phép đo sản xuất và dữ liệu đo lường sản xuất tạo ra từ đó có dữ liệu đo lường như vậy thu được từ các pin mặt trời được sản xuất một phần sau hoặc trong các bước xử lý riêng lẻ trong các thiết bị xử lý của máy sản xuất theo dây chuyền. Máy sản xuất theo dây chuyền cho các pin mặt trời được tạo ra từ một loạt các thiết bị xử lý này. Mỗi trong số các thiết bị xử lý này có thể bao gồm một hoặc nhiều thiết bị đo lường quy trình. Nhờ các thiết bị đo lường quy trình này, các phép đo xử lý được thực hiện trên các pin mặt trời chưa hoàn thiện và do đó chỉ được sản xuất một phần, và dữ liệu đo lường sản xuất thu được

theo cách này. Ngoài ra hoặc theo cách khác, các thiết bị đo lường quy trình có thể cũng được cấu hình để thu được dữ liệu đo lường sản xuất mà thu được không phải bằng các phép đo trên các pin mặt trời được sản xuất một phần mà bằng các phép đo trên phương pháp xử lý diễn ra trong thiết bị xử lý tương ứng. Điều này nghĩa là các tham số xử lý của các phương pháp xử lý tương ứng mà các pin mặt trời được sản xuất một phần trải qua phương pháp đó ở thiết bị xử lý tương ứng.

Theo thuật ngữ của sáng chế này, các phép đo kiểm tra được thực hiện trên các pin mặt trời được sản xuất cuối cùng để tạo ra dữ liệu đo lường kiểm tra do đó được phân biệt với các phép đo sản xuất được thực hiện trên các pin mặt trời được sản xuất một phần hoặc trên phương pháp xử lý tương ứng của bước sản xuất một phần để tạo ra dữ liệu đo lường sản xuất. Hơn nữa, thuật ngữ dữ liệu đầu vào sản xuất cũng được sử dụng. Dữ liệu đầu vào sản xuất, ví dụ, các tham số vật liệu của các chi tiết nền được đưa vào ban đầu dưới dạng các phiếu bán dẫn vào quá trình sản xuất theo dây chuyền. Từ các chi tiết nền, các pin mặt trời được sản xuất một phần và cuối cùng được sản xuất trong quy trình sản xuất trong dây chuyền theo trình tự của các thiết bị xử lý. Hơn nữa, dữ liệu đầu vào sản xuất có thể có các đặc tính vật chất của vật liệu tiêu hao được sử dụng trong các thiết bị xử lý tương ứng dọc theo trình tự sản xuất theo dây chuyền cho các phương pháp xử lý diễn ra trong các thiết bị xử lý. Ví dụ có các chất lỏng để làm sạch hoặc loại bỏ các bề mặt, khí để lắng đọng các lớp mỏng, hoặc bột nhão kim loại để tạo ra các màng kim loại.

Với sự hỗ trợ của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử này, không chỉ dữ liệu đo lường kiểm tra, dữ liệu đo lường sản xuất và dữ liệu đầu vào sản xuất được ghi lại, được biểu diễn và ghi lại như bình thường, mà hệ thống kiểm tra pin mặt trời tạo ra các thông báo được nhắm mục tiêu độc lập mà được định cấu hình làm các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý. Các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý này được thông báo đến nhóm người được chỉ định, phụ thuộc vào nội dung tương ứng. Nhóm người liên kết là một hoặc nhiều nhóm người sau: nhân viên sản xuất, nhân viên giám sát ca trực, nhân viên kỹ thuật và nhân viên giám sát sản xuất.

Các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý có thể chứa các nhiệm vụ được thực hiện hoặc bắt đầu trực tiếp hoặc sau khi kiểm tra các tham số khác bởi chính nhóm người liên quan. Việc chỉ định các đề xuất xử lý và/hoặc các hướng dẫn xử lý cho nhóm người

có liên quan được quy định bởi hệ thống phân cấp trách nhiệm hoặc thông tin cụ thể đối với máy sản xuất theo dây chuyền tương ứng. Việc thông báo được thực hiện đến các nhóm người được phân công khác nhau bằng cách lựa chọn phương tiện thông báo và thời gian thông báo phù hợp với hoàn cảnh.

Hệ thống kiểm tra cho phép phân tích tự động hoàn toàn hoặc một phần nhiều giá trị đặc trưng dưới dạng dữ liệu đo lường kiểm tra, dữ liệu đo lường sản xuất và dữ liệu đầu vào sản xuất, bao gồm dữ liệu tổng thể. Mặc dù dữ liệu sản xuất này không thu được từ máy sản xuất theo dây chuyền, nhưng chúng vẫn liên quan đến các pin mặt trời được sản xuất. Cụ thể, chúng là các giá trị đặc trưng của các chất ban đầu được xử lý trong máy sản xuất theo dây chuyền và các vật liệu tiêu hao được sử dụng.

Mỗi tổn hao hiệu suất của các pin mặt trời được tạo ra, được xác định bằng hệ thống kiểm tra pin mặt trời, có "dấu vân" rõ ràng khi đánh giá về dữ liệu tổng thể được phân tích trong không gian dữ liệu tổng thể. Sự phát triển của "dấu vân" cụ thể tương ứng và sự chồng chất của nhiều "dấu vân" như vậy trong không gian dữ liệu tổng thể được phát hiện bằng cách đánh giá dữ liệu tổng thể. Là một phần của đánh giá, các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra và dữ liệu đo lường sản xuất và dữ liệu đầu vào sản xuất tốt hơn là có mối tương quan với nhau. Đặc biệt thuận lợi để tạo tương quan các phân tích thống kê về dữ liệu của một hoặc nhiều phương pháp đo lường kiểm tra hình ảnh và/hoặc đo lường sản xuất với các phương pháp đo lường kiểm tra không có hình ảnh và/hoặc đo lường sản xuất.

Với hệ thống thử nghiệm này, mức độ dễ thấy của sai lệch sản xuất và tổn hao hiệu suất tạo ra từ đó không còn phụ thuộc vào thời điểm nhân viên sản xuất xem lại các kết quả của các phép đo thử nghiệm và/hoặc các phép đo sản xuất và thực sự nhận thấy dữ liệu dễ thấy, và sau đó cũng giải thích chúng một cách chính xác. Các nguyên nhân khác của sự chậm trễ bao gồm yếu tố con người, địa điểm và thời điểm nhân viên kỹ thuật thực hiện cụ thể vòng kiểm tra của họ hoặc khi nhân viên sản xuất báo cáo định kỳ tiếp theo cho nhân viên kỹ thuật có liên quan đến sự tổn hao hiệu suất. Hệ thống kiểm tra ngay lập tức chỉ ra độ lệch quan sát được và đề xuất hoặc hướng dẫn hành động bằng các thông báo được tạo ra. Điều này có nghĩa là hệ thống kiểm tra cung cấp cho nhân viên dây chuyền các chỉ dẫn trực tiếp, khi cần thiết yêu cầu các kiểm tra hoặc đo lường cụ thể và/hoặc tạm thời tiếp nhận sự hướng dẫn của nhân viên sản xuất cho đến khi nhân

viên kỹ thuật đến theo định kỳ hoặc theo yêu cầu. Với thông báo bao gồm cảnh báo và cũng được ghi lại, nhân viên thuộc đội ngũ nhân viên sản xuất có thể gặp khó khăn khi viện lý do rằng họ không nhận thấy gì hoặc không nghĩ đến việc thực hiện biện pháp này hoặc biện pháp kia bởi vì, ví dụ, lỗi xảy ra rất hiếm khi xảy ra. Nhờ các thông báo được tạo ra bởi hệ thống kiểm tra, khởi động việc xử lý nhanh chóng chống lại sự thiếu hụt hiệu suất, dẫn đến tiết kiệm đáng kể chi phí sản xuất bằng cách tránh được thời gian ngừng hoạt động kéo dài.

Hơn nữa, các quy tắc suy diễn mới cần bổ sung được sẵn sàng để sử dụng trực tiếp và trước tiên không cần phải giải thích cho nhân viên làm việc trên dây chuyền bằng cách đào tạo.

Tốt hơn là, hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử khác biệt ở chỗ thiết bị liên lạc được điều chỉnh và được cấu hình theo cách mà

- thiết bị hiển thị được bố trí trên thiết bị tạo phoi sáng và đo lường và/hoặc
- thiết bị hiển thị được bố trí trên bộ điều khiển và đánh giá và/hoặc
- thiết bị hiển thị được bố trí trên thiết bị xử lý của máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền và/hoặc
- thiết bị đầu cuối kỹ thuật số di động

thông báo ít nhất một đề xuất xử lý và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý đến ít nhất một nhóm người được chỉ định. Lựa chọn phương tiện được sử dụng cho việc truyền đạt của đề xuất xử lý và hướng dẫn xử lý trong trường hợp này được thực hiện tùy theo tình huống. Nếu nhiều nhóm người được chỉ định, việc truyền đạt có thể được thực hiện với phương tiện truyền thông giống nhau hoặc khác nhau.

Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử được tinh chỉnh một cách thuận lợi sao cho thiết bị liên lạc được điều chỉnh và được cấu hình theo cách mà thiết bị liên lạc chọn ít nhất một nhóm người được chỉ định cụ thể như chức năng của ít nhất một đề xuất xử lý được suy diễn và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý được suy diễn.

Các đề xuất xử lý và các hướng dẫn xử lý có thể được truyền đạt theo những cách rất khác nhau. Ví dụ, chúng có thể được gửi tự động đến các nhân viên sản xuất theo cách tương ứng tại nơi làm việc. Các hướng dẫn dưới dạng các đề xuất xử lý và các hướng dẫn xử lý có thể được truyền đạt bằng các đèn chỉ báo đặc thù, các âm thanh cảnh

báo đặc thù, các chỉ báo hiển thị dưới dạng văn bản hoặc dưới dạng kết hợp của chúng. Tùy thuộc vào bản chất và mức độ nghiêm trọng của các thiếu sót trong quy trình, việc thông báo có thể được thực hiện cho các nhóm người được chỉ định cho một nhóm người lớn hơn. Trong trường hợp này, phương tiện liên lạc và nội dung của thông báo có thể khác nhau. Ví dụ, sự sai lệch quy trình nhỏ chỉ được thể hiện trên màn hình hiển thị là “chú ý” và không có chức năng hướng dẫn cho nhân viên sản xuất chịu trách nhiệm về thiết bị xử lý này. Ví dụ, các thiếu sót lớn trong quy trình có thể được truyền đạt bằng âm thanh cảnh báo đặc thù, cần được báo nhận ở giao diện được cấu hình tương ứng và, dưới dạng hướng dẫn xử lý, nhắc nhở nhân viên sản xuất các biện pháp được xác định trước. Trong trường hợp này, có báo cáo cho nhân viên giám sát ca trực. Trong các trường hợp rất nghiêm trọng, điều này có thể dẫn đến yêu cầu ngừng sản xuất mà phải được xác nhận chỉ bởi nhân viên giám sát sản xuất. Điều này cũng có thể được thực hiện trực tuyến từ xa.

Trong các trường hợp nghiêm trọng, hệ thống có thể được ủy quyền để chỉ đạo nhân viên sản xuất và thường có các đề xuất xử lý. Tùy thuộc vào mức độ nghiêm trọng, những điều này phải được báo nhận và do đó được xác nhận. Nếu điều này không xảy ra, việc thông báo sẽ được thực hiện đến nhóm người được chỉ định thay thế theo cách tương tự hoặc theo cách khác. Tùy thuộc vào mức độ liên quan của thông báo, nhân viên kỹ thuật và/hoặc nhóm người cấp bậc cao hơn có thể được thông báo trực tiếp, các thiết bị đầu cuối kỹ thuật số và liên lạc qua tin nhắn văn bản/thoại là phù hợp cho việc này. Ví dụ, sự liên quan có thể tương quan với giá trị ngưỡng bị vượt quá, hoặc có thể được gây ra bởi báo cáo cho nhân viên sản xuất không được báo nhận. Cách thức của việc thông báo có thể nâng đến mức độ phù hợp cao hơn với khoảng thời gian xảy ra sự thiếu sót quy trình ngày càng tăng, ví dụ bằng cách thay đổi đề xuất xử lý thành hướng dẫn xử lý.

Ưu điểm là, hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử khác biệt ở chỗ bộ điều khiển và đánh giá được điều chỉnh và được cấu hình

- để thực hiện các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất bằng các giá trị đo lường sản xuất nhận được của các thiết bị đo lường sản xuất và/hoặc
- để nhận được từ các thiết bị đo lường sản xuất các phân tích thống kê, được tạo ra trong các thiết bị đo lường sản xuất, của dữ liệu đo lường sản xuất. Các phân tích

thống kê đã nêu bao gồm các phân tích trung bình và phương sai thông thường. Đối với các phép đo kiểm tra được thực hiện liên tục và các phép đo sản xuất, hoặc chúng có thể được thực hiện tập trung bởi bộ điều khiển và đánh giá hoặc các đánh giá này đã được thực hiện bởi các thiết bị đo lường sản xuất được cấu hình tương ứng, mà sau đó sẽ truyền các kết quả đánh giá thống kê đến bộ điều khiển và đánh giá.

Tốt hơn là, các quy tắc suy diễn được lưu trữ trong bộ nhớ kỹ thuật số của bộ điều khiển và đánh giá. Các quy tắc suy diễn mà có thể được sử dụng tùy thuộc vào các phép đo kiểm tra và các phép đo sản xuất có sẵn. Các quy tắc suy diễn có thể kích hoạt được lựa chọn từ phía của nhân viên kỹ thuật.

Cụ thể tốt hơn là, các quy tắc suy diễn được lưu trữ trong bộ nhớ kỹ thuật số của bộ điều khiển và đánh giá theo cách mà chúng có thể được sửa đổi qua giao diện kỹ thuật số. Sự cải tiến này có ưu điểm là các quy tắc suy diễn bổ sung mới và thông báo tạo ra từ đó dưới dạng các đề xuất xử lý và/hoặc các hướng dẫn xử lý có thể được lập trình bởi nhân viên kỹ thuật. Tương tự như vậy, nhân viên kỹ thuật có thể tự mình xác định các quy tắc suy diễn khác và các thông báo tạo ra từ đó bởi quan sát thực nghiệm của hệ thống với dữ liệu tổng thể của nó trong các tình huống tương quan khác nhau.

Theo cải tiến có lợi của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử, thiết bị hiển thị của thiết bị tạo phoi sáng và đo lường và/hoặc thiết bị hiển thị của bộ điều khiển và đánh giá và/hoặc các thiết bị hiển thị của các thiết bị xử lý và/hoặc các thiết bị đầu cuối kỹ thuật số di động được cấu hình và được điều chỉnh để nhận được tín hiệu báo nhận được tạo ra bởi ít nhất một nhóm người được chỉ định cụ thể. Các tín hiệu báo nhận này được yêu cầu trong trường hợp truyền đạt thông báo dưới dạng các đề xuất xử lý và/hoặc hướng dẫn xử lý. Nếu các tín hiệu xác nhận sự báo nhận được yêu cầu không đến, yêu cầu sẽ được lập lại. Tùy thuộc vào mức độ liên quan của thông báo, nếu tín hiệu báo nhận vẫn không đến, nhóm người khác có thể được chỉ định và được thông báo.

Tốt hơn là, hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử khác biệt ở chỗ thiết bị hiển thị của thiết bị tạo phoi sáng và đo lường và/hoặc thiết bị hiển thị của bộ điều khiển và đánh giá và/hoặc thiết bị hiển thị của thiết bị xử lý và/hoặc ít nhất một của các thiết bị đầu cuối kỹ thuật số di động được cấu hình và được điều chỉnh để nhận được tín hiệu đánh giá, tín hiệu đánh giá truyền đạt trên một phần của ít nhất một nhóm người được chỉ định liệu có đề xuất xử lý được tạo ra bởi bộ điều khiển và đánh giá và/hoặc hướng

dẫn xử lý được tạo ra bởi bộ điều khiển và đánh giá là thích hợp khi xem xét nhóm người được chỉ định. Các tín hiệu đánh giá này tốt hơn là được đánh giá từ phía nhân viên kỹ thuật và sau đó được sử dụng để xác minh, và nếu cần thiết sẽ điều chỉnh hoặc thậm chí loại bỏ, các quy tắc suy diễn sắp được sử dụng.

Theo cách khác, cũng như vậy có thể đơn giản lưu trữ các thông báo dưới dạng các đề xuất xử lý và/hoặc các hướng dẫn xử lý được tạo ra sau sự tương quan giữa các phân tích thống kê của dữ liệu và việc áp dụng các quy tắc suy diễn. Sau đó, tính phù hợp của các thông báo có thể được nhân viên kỹ thuật kiểm tra và xác nhận hoặc từ chối. Với sự hỗ trợ của phản hồi này, các quy tắc suy diễn sau đó được điều chỉnh theo cách thủ công và do đó được tối ưu hóa.

Theo một cách cải tiến ưu tiên của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử được mô tả ở trên với các tín hiệu đánh giá, bộ điều khiển và đánh giá được điều chỉnh và được cấu hình để thực hiện phân tích thống kê giữa các đề xuất xử lý và các hướng dẫn xử lý được tạo ra và các tín hiệu đánh giá thu được trong phản hồi tới đó, và để xác minh và điều chỉnh các quy tắc suy diễn khi sử dụng trên cơ sở của các phân tích thống kê này. Trong sự cải biến này, công việc đánh giá được mô tả ở trên của nhân viên kỹ thuật được tự động hầu hết hoặc hoàn toàn để tạo ra hệ thống tự học. Vì vậy, các hệ thống có trí thông minh nhân tạo có thể được sử dụng và đào tạo, ví dụ bằng cách sử dụng các mạng thần kinh.

Mục đích của sáng chế cũng đạt được bởi phương pháp để tối ưu hóa sự sản xuất của các pin mặt trời bằng máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử như được mô tả ở trên. Máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền, như được giải thích ở trên, gồm có nhiều thiết bị xử lý có các thiết bị đo lường quy trình để thực hiện các phép đo sản xuất, để tạo ra dữ liệu đo lường sản xuất.

Tốt hơn là, phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời được nâng cao chất lượng trong đó

- các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra của các phép đo kiểm tra khác nhau có tương quan với nhau và/hoặc

- các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra của các phép đo kiểm tra có tương quan với các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất và/hoặc

- các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra có tương quan với dữ liệu đầu vào sản xuất, và/hoặc

các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất có tương quan với dữ liệu đầu vào sản xuất,

để tạo ra các kết quả tương quan và để lấy được từ ít nhất một đề xuất xử lý và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý, mà được chỉ định đến ít nhất một nhóm người tham gia vào sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời, từ các kết quả tương quan với sự hỗ trợ của các quy tắc suy diễn, và ít nhất một đề xuất xử lý và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý được truyền đến ít nhất một nhóm người được chỉ định. Từ sự tương quan của các nhóm dữ liệu khác nhau với nhau và các hình ảnh tạo ra từ đó trong không gian dữ liệu tổng thể, có thể đã dự đoán được khả năng xảy ra các tổn hao hiệu suất, ngay cả nếu pin mặt trời được sản xuất một phần trong quy trình sản xuất theo dây chuyền chưa được cải tiến đến phép đo kiểm tra. Theo cách này, những tổn hao hiệu suất như vậy có thể được khắc phục sớm hơn.

Tốt hơn là, phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời được nâng cao chất lượng trong đó các quy tắc suy diễn của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử được kiểm tra và được điều chỉnh bởi hệ thống phản hồi nhằm mục đích sản xuất pin mặt trời với chất lượng tối ưu, hệ thống phản hồi được cung cấp thông tin phản hồi bởi ít nhất một nhóm người tham gia vào quá trình sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền. Cụ thể tốt hơn là các nhân viên kỹ thuật được giao cho nhiệm vụ này với kiến thức toàn diện về các mối quan hệ và có nhiều kinh nghiệm thu được từ thực nghiệm về máy sản xuất. Sự tối ưu hóa hoàn toàn thủ công hoặc tối ưu hóa tự động một phần có thể được thực hiện. Trong trường hợp sự tối ưu hóa tự động một phần, hệ thống đã đề xuất một số sửa đổi của các quy tắc suy diễn, mà được xác nhận, điều chỉnh hoặc loại bỏ từ phía nhân viên kỹ thuật. Trong trường hợp này, các hệ thống có trí tuệ nhân tạo được sử dụng và được đào tạo, ví dụ bằng cách sử dụng các mạng nơ-ron.

Theo cải biến có lợi khác của phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời, các quy tắc suy diễn được kiểm tra và được điều chỉnh bởi chương trình tối ưu hóa tự động. Nhân viên kỹ thuật có trách nhiệm vẫn có thể được sử dụng để giám sát tính hợp lý của các quy tắc suy diễn đã được kiểm tra và điều chỉnh.

Sự cải tiến ưu tiên của phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời khác biệt ở chỗ các đề xuất xử lý và/hoặc các hướng dẫn xử lý mà không có phản hồi tới đó từ phía nhóm người được chỉ định sau khi thời gian báo nhận đã trôi qua được truyền đạt với mức độ đáng chú ý cao hơn hoặc mức độ liên quan cao hơn và/hoặc được truyền đạt tới các nhóm người khác. Theo cách này, đảm bảo phản hồi nhanh chóng đối với các thông báo do hệ thống kiểm tra tạo ra. Do đó, sẽ giảm khả năng xảy ra việc vô tình không nhận thấy hoặc cố ý bỏ qua các thông báo, cũng như thời gian phản hồi để bắt đầu các biện pháp đối phó trong trường hợp sắp xảy ra hoặc đã bắt đầu các tổn hao hiệu suất của các pin mặt trời được sản xuất trong máy sản xuất theo dây chuyền.

Ưu điểm là, phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời được tinh chỉnh để các mẫu dữ liệu chỉ ra các dấu hiệu hao mòn và/hoặc yêu cầu bảo trì của các thiết bị xử lý được xác định từ các kết quả tương quan được tạo ra. Các dấu hiệu hao mòn và yêu cầu bảo trì đối với các thiết bị xử lý được chú ý sớm hơn khi xem xét đa chiều về không gian dữ liệu tổng thể của các phép đo kiểm tra và các phép đo sản xuất, do đó có thể tránh được việc ngừng sản xuất với thời gian ngừng sản xuất kéo dài do các biện pháp phòng ngừa tương ứng để bảo trì hoặc bộ phận bị mòn cần thay thế đã được chuẩn bị sẵn để có thể đáp ứng nhanh chóng khi có yêu cầu. Theo cách này, thời gian ngừng sản xuất của máy sản xuất theo dây chuyền được làm giảm hơn nữa và do đó chi phí sản xuất được giảm xuống.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các khía cạnh khác của sáng chế sẽ được giải thích với sự hỗ trợ của phương án chỉ mang tính ví dụ về hệ thống kiểm tra và về phương pháp để tối ưu hóa sự sản xuất theo dây chuyền của pin mặt trời bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra như vậy có tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 thể hiện phương án làm ví dụ của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử được tích hợp vào trong máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền trong biểu diễn dạng sơ đồ đơn thuần và

Fig.2 thể hiện phương án làm ví dụ của phương pháp để tối ưu hóa sự sản xuất của các pin mặt trời bằng máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử như được biểu diễn cụ thể trên Fig.1.

Mô tả chi tiết sáng chế

Máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền được trình bày ở đây dưới dạng sơ đồ và qua ví dụ bằng dây thẳng hàng của nhiều thiết bị xử lý PE1, PE2, PEn. Ví dụ, trong máy sản xuất theo dây chuyền như vậy, pin mặt trời SC có thể được sản xuất trên cơ sở các phiên bản dẫn. Các pin mặt trời được sản xuất cuối cùng SC được đo bằng thiết bị tạo phơi sáng và đo lường 10 để xác định các tham số chất lượng của chúng. Thiết bị tạo phơi sáng và đo lường 10 là một phần của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử, mà còn được gọi theo ngôn ngữ kỹ thuật là “bộ chớp sáng”. Để xác định các tham số chất lượng, một loạt các phép đo kiểm tra thường được thực hiện để tạo ra dữ liệu đo lường kiểm tra TM.

Dữ liệu đo lường kiểm tra TM được xác định từ các pin mặt trời SC tương ứng được nạp vào bộ điều khiển và đánh giá 20 được chỉ định đến hệ thống kiểm tra. Hơn nữa, bộ điều khiển và đánh giá 20 này nhận dữ liệu đo lường sản xuất PM từ mỗi thiết bị xử lý PE1, PE2, PEn, mà được trang bị với ít nhất một thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn được chỉ định cho nó. Mỗi thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn lần lượt tạo ra dữ liệu đo lường sản xuất PM cụ thể. Dữ liệu đo lường sản xuất PM này quay trở lại được nạp vào bộ điều khiển và đánh giá 20 của hệ thống kiểm tra.

Trong trường hợp này, một số mức độ đánh giá của dữ liệu đo lường sản xuất PM được tạo ra tại các thiết bị đo lường sản xuất tương ứng PM1, PM2, PMn có thể đã được thực hiện trên một phần của các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn. Các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn sau đó được cấu hình theo cách mà chúng không chỉ tạo ra dữ liệu đo lường sản xuất PM mà còn xử lý chúng thêm bằng các bộ đánh giá của riêng chúng. Hơn nữa, điều này dẫn đến dữ liệu đo lường sản xuất PM mà, tuy nhiên, đã được nạp ở dạng được xử lý đầy đủ hoặc một phần cho bộ điều khiển và đánh giá 20. Trong suốt quá trình xử lý toàn bộ hoặc một phần dữ liệu đo lường xử lý PM, các phân tích thống kê về dữ liệu đo lường quá trình PMstat được tạo ra. Ví dụ, điều này liên quan đến việc hình thành các giá trị trung bình thời gian và/hoặc phân tích phương sai. Tuy nhiên, do thiếu các bộ đánh giá tương ứng của các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn, các phân tích như vậy cũng có thể theo cách tương tự được thực hiện tập trung trong bộ điều khiển và đánh giá 20 của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử. Bộ điều khiển và đánh giá 20 có thể được ghép nối sát khít theo cấu trúc

vào thiết bị tạo phoi sáng và đo lường 10. Tương tự như vậy, có thể hình dung chức năng này diễn ra trong không gian tách biệt khỏi nơi tạo dữ liệu đo kiểm tra TM. Chỉ cần đảm bảo là dữ liệu đo lường kiểm tra TM được nạp vào bộ điều khiển và đánh giá 20.

Dữ liệu đo lường sản xuất PM có thể được tạo ra bởi các phép đo khác nhau trong vùng của các thiết bị xử lý PE1, PE2, PEn. Cụ thể có các phép đo trên pin mặt trời được xử lý một phần SC trong thiết bị xử lý tương ứng PE1, PE2, PEn. Theo cách khác hoặc ngoài ra, các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn của các thiết bị xử lý cũng tạo ra dữ liệu đo lường sản xuất PM dưới dạng các tham số xử lý của phương pháp xử lý diễn ra trong các thiết bị xử lý tương ứng PE1, PE2, PEn. Để đảm bảo chất lượng, trong mọi trường hợp cần phải theo dõi các tham số xử lý này bằng các phép đo. Ở mức độ này, các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn theo tất cả các phương án của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử được cấu hình và điều chỉnh theo cách mà chúng tạo ra và cung cấp nhiều loại dữ liệu đo lường sản xuất của một hoặc cải biến khác.

Đối với luồng dữ liệu khác, cái gọi là dữ liệu đầu vào sản xuất PED được nạp vào bộ điều khiển và đánh giá 20. Có các tham số vật liệu của cả các nguyên liệu thô được sử dụng, mà được xử lý thêm để tạo ra pin mặt trời, và các tham số vật liệu của các vật liệu tiêu hao mà được sử dụng trong các phương pháp xử lý riêng lẻ của các thiết bị xử lý tương ứng PE1, PE2, PEn.

Trong toàn bộ không gian dữ liệu có sẵn cho bộ kiểm soát và đánh giá 20, bộ sau thực hiện các phân tích thống kê và tạo sự tương quan chúng với nhau. Từ các phân tích và/hoặc các tương quan của dữ liệu, các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý được tạo ra với sự hỗ trợ của các quy tắc suy diễn. Phương pháp này sẽ được giải thích chi tiết hơn bên dưới tham chiếu đến Fig.2. Các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý này được chuyển bằng thiết bị liên lạc 21 mà thuộc về hệ thống kiểm tra đến các thiết bị hiển thị PD1, PD2, PDn của các thiết bị xử lý PE1, PE2, PEn và được hiển thị ở đó. Ngoài ra hoặc theo cách khác, các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý có thể cũng được hiển thị trên thiết bị hiển thị 22 mà thuộc về bộ điều khiển và đánh giá 20 hoặc trên thiết bị hiển thị 12 mà thuộc về thiết bị tạo phoi sáng và đo lường 10.

Cụ thể, các đề xuất xử lý hoặc các hướng dẫn xử lý thu hút sự chú ý của các nhóm người khác nhau PG1, PG2, PGn dọc theo máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền bằng các thiết bị hiển thị của các thiết bị xử lý PD1, PD2, PDn. Ngoài ra hoặc thay thế cho các thiết bị hiển thị của các thiết bị xử lý PD1, PD2, PDn, các hướng dẫn xử lý có thể cũng được truyền không dây bằng thiết bị liên lạc 21 đến các thiết bị đầu cuối di động M1, M2, Mn của các nhóm người được chỉ định tương ứng PG1, PG2, PGn.

Bộ điều khiển và đánh giá 20 còn bao gồm bộ nhớ kỹ thuật số 23 trong đó các quy tắc suy diễn được lưu trữ. Theo phương án này, giao diện kỹ thuật số 24 của bộ điều khiển và đánh giá 20 còn được đề xuất, mà nhờ đó các quy tắc suy diễn có thể được sửa đổi bởi công cụ được kết nối.

Fig.2 thể hiện phương án làm ví dụ của phương pháp để tối ưu hóa sự sản xuất của các pin mặt trời bằng máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử như được biểu diễn cụ thể trên Fig.1. Phương pháp này được thực hiện về mặt chức năng trong bộ điều khiển và đánh giá 20 của pin mặt trời hệ thống kiểm tra. Vì vậy, các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra TM được tạo ra bởi thiết bị tạo phơi sáng và đo lường 10 của pin mặt trời hệ thống kiểm tra, mà được gọi là TMstat, được thực hiện trong bộ điều khiển và đánh giá 20. Các phân tích thống kê này có thể cũng được thực hiện với dữ liệu đo lường sản xuất PM được tạo ra từ phía các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn. Như được mô tả ở trên, các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn thực hiện các phép đo trong phạm vi của phương pháp xử lý diễn ra trong các thiết bị xử lý tương ứng PE1, PE2, PEn và tạo ra các giá trị đo lường thu được làm dữ liệu đo lường sản xuất PM. Các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất PMstat có thể đã được tạo ra bởi các bộ đánh giá tương ứng của các thiết bị đo lường sản xuất PM1, PM2, PMn và/hoặc bởi bộ điều khiển và đánh giá 20 của pin mặt trời hệ thống kiểm tra. Do đó có các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra TMstat, các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất PMstat và dữ liệu đầu vào sản xuất PED được mô tả ở trên. Từ các dữ liệu này, các phân tích tương quan 201 được thực hiện trong bộ điều khiển và đánh giá 20 để tạo ra các kết quả tương quan. Các kết quả tương quan này được xử lý trong bước tiếp theo của phương pháp bằng cách sử dụng các quy tắc suy diễn 202. Kết quả là, việc áp dụng các quy tắc suy diễn 202 cung cấp ít nhất một đề xuất xử lý 203 và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý 204, và/hoặc dữ liệu đo lường kiểm tra TM hoặc dữ liệu đo lường sản

xuất PM khác hoặc ít nhất một sự tương quan nữa được chọn từ các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra TMstat, các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất PMstat, và dữ liệu đầu vào sản xuất PED, được yêu cầu trước khi việc áp dụng mới của các quy tắc suy diễn 202 đến các kết quả tương quan 201 diễn ra. Các đề xuất xử lý 203 và các hướng dẫn xử lý 204 được tạo ra được truyền bằng thiết bị liên lạc 21 của bộ điều khiển và đánh giá 20 đến các nhóm người khác nhau PG1, PG2, PGn đang làm việc trong các khu vực nhiệm vụ khác nhau trong máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền. Các nhóm người này PG1, PG2, PGn tốt hơn là tạo ra các tín hiệu báo nhận EQ1, EQ2, EQn, mà xác nhận là các đề xuất xử lý 203 và/hoặc các hướng dẫn xử lý 204 đã được lưu ý. Tốt hơn là, các tín hiệu đánh giá mà liên quan đến các đề xuất xử lý 203 và các hướng dẫn xử lý 204 nhận được trước đó còn được tạo ra từ phía các nhóm người khác nhau PG1, PG2, PGn. Theo cách này, bằng loại vòng lặp phản hồi, bộ kiểm tra và đánh giá 20 nhằm mục đích nhận biết được các đề xuất xử lý 203 và/hoặc các hướng dẫn xử lý 204 đã nhận được ở mức độ nào và liệu đã được phân loại là phù hợp từ phía các nhóm người khác nhau PG1, PG2, PGn. Vòng lặp phản hồi này có thể được sử dụng để trang bị chức năng tự học cho bộ kiểm tra và đánh giá 20.

Danh sách các ký hiệu tham khảo

10: thiết bị tạo phoi sáng và đo lường

12: thiết bị hiển thị của thiết bị tạo phoi sáng và đo lường

20: bộ điều khiển và đánh giá

200: các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra và dữ liệu đo lường sản xuất

201: các kết quả tương quan thu được từ sự tương quan của các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra và/hoặc các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất và/hoặc dữ liệu đầu vào sản xuất

202: sự áp dụng của các quy tắc suy diễn đến các kết quả tương quan

203: đề xuất xử lý

204: hướng dẫn xử lý

205: hệ thống phản hồi

21: thiết bị liên lạc

22: thiết bị hiển thị của bộ điều khiển và đánh giá

23: bộ nhớ kỹ thuật số của bộ điều khiển và đánh giá

24: giao diện kỹ thuật số của bộ điều khiển và đánh giá

PE1, PE2, Pen: các thiết bị xử lý của máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền

PM1, PM2, PMn: các thiết bị đo lường sản xuất của các thiết bị xử lý

PD1, PD2, PDn: các thiết bị hiển thị của các thiết bị xử lý

TM: dữ liệu đo lường kiểm tra

TMstat: các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra

PM: dữ liệu đo lường sản xuất

PMstat: các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất

PED: dữ liệu đầu vào sản xuất

PG1, PG2, PGn: các nhóm người được chỉ định

M_1, M_2, M_n : các thiết bị đầu cuối di động của các nhóm người được chỉ định

EQ_1, EQ_2, EQ_n : các tín hiệu báo nhận được tạo ra bởi các nhóm người

F_1, F_2, F_n : các tín hiệu đánh giá được truyền đạt bởi các nhóm người

SC: pin mặt trời

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử dùng cho máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền, pin mặt trời hệ thống kiểm tra bao gồm:

- thiết bị tạo phơi sáng và đo lường (10) cho phép đo trong dây chuyền của các pin mặt trời, và

- bộ điều khiển và đánh giá (20) được ghép với thiết bị tạo phơi sáng và đo lường (10),

thiết bị tạo phơi sáng và đo lường (10) được cấu hình và được điều chỉnh để thực hiện một hoặc nhiều phép đo kiểm tra (TM) trên pin mặt trời (SC) để tạo ra dữ liệu đo lường kiểm tra,

các phép đo kiểm tra (TM) được chọn từ nhóm gồm có:

- phép đo hình ảnh hồng ngoại của pin mặt trời được cấp năng lượng theo hướng ngược lại để xác định các phần bị ngắn mạch cục bộ trong pin mặt trời,

- sự phơi sáng chớp nhoáng với quang phổ phơi sáng để đo ít nhất một đường cong đặc tính dòng-điện áp của pin mặt trời,

- nhiều sự phơi sáng chớp nhoáng khác biệt về phổ để đo các đường cong đặc tính dòng điện được phân giải phổ của pin mặt trời và/hoặc để đo hiệu suất lượng tử gần như bên ngoài của pin mặt trời,

- phép đo điện phát quang của pin mặt trời, cụ thể để xác định các vết vi nứt trong vật liệu pin mặt trời và/hoặc để xác định các sự gián đoạn cấu trúc điện cực và/hoặc các vấn đề tiếp xúc giữa các cấu trúc điện cực và nền và/hoặc để xác định các vùng không hoạt động về điện và/hoặc các phần bị ngắn mạch cục bộ,

- phép đo của đường cong đặc tính sáng và phép đo của đường cong đặc tính tối của pin mặt trời để tính toán điện trở nối tiếp của pin mặt trời,

- phép đo điện trở của các cấu trúc điện cực bao gồm các thanh dẫn điện phụ điện cực để xác định chất lượng của các cấu trúc điện cực kim loại,

khác biệt ở chỗ

bộ điều khiển và đánh giá (20) được điều chỉnh và được cấu hình để thực hiện các phân tích thống kê (200) với dữ liệu đo lường kiểm tra của cùng các phép đo kiểm tra (TM), được thực hiện nhờ thiết bị tạo phơi sáng và đo lường (10) trên nhiều pin mặt trời (SC) được sản xuất theo dây chuyền, và

- để tạo tương quan các phân tích thống kê (200) của dữ liệu đo lường kiểm tra của các phép đo kiểm tra khác nhau (TM) với nhau và/hoặc

- để tạo tương quan các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra (TMstat) với các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất (PMstat) và/hoặc

- để tạo tương quan các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra (TMstat) và/hoặc các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất (PMstat) với dữ liệu đầu vào sản xuất (PED),

để tạo ra các kết quả tương quan (201) và để lấy được từ ít nhất một đề xuất xử lý (203) và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý (204), mà được chỉ định đến ít nhất một nhóm người (PG1, PG2, PGn) tham gia vào sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời, từ các kết quả tương quan (201) với sự hỗ trợ của các quy tắc suy diễn (202), bộ điều khiển và đánh giá (20) bao gồm thiết bị liên lạc (21) mà truyền ít nhất một đề xuất xử lý (203) và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý (204) đến ít nhất một nhóm người được chỉ định (PG1, PG2, PGn).

2. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm 1, khác biệt ở chỗ thiết bị liên lạc (21) được điều chỉnh và được cấu hình theo cách mà

- thiết bị hiển thị (12) được bố trí trên thiết bị tạo phơi sáng và đo lường (10) và/hoặc

- thiết bị hiển thị (22) được bố trí trên bộ điều khiển và đánh giá (20) và/hoặc

- thiết bị hiển thị (PD1, PD2, PDn) được bố trí trên thiết bị xử lý (PE1, PE2, PEn) của máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền và/hoặc

- thiết bị đầu cuối kỹ thuật số di động (M1, M2, Mn)

thông báo ít nhất một đề xuất xử lý (203) và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý (204) đến ít nhất một nhóm người được chỉ định (PG1, PG2, PGn).

3. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm 2, khác biệt ở chỗ thiết bị liên lạc (21) được điều chỉnh và được cấu hình theo cách mà thiết bị liên lạc (21) lựa chọn ít nhất một nhóm người được chỉ định cụ thể (PG1, PG2, PGn) làm chức năng của ít nhất một đề xuất xử lý được suy diễn (203) và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý được suy diễn (204).

4. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2 và 3, khác biệt ở chỗ bộ điều khiển và đánh giá (20) được điều chỉnh và được cấu hình

- để thực hiện các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất (PMstat) bằng các giá trị đo lường sản xuất nhận được (PM) của các thiết bị đo lường sản xuất (PM1, PM2, PMn) và/hoặc

- để nhận được từ các thiết bị đo lường sản xuất (PM1, PM2, PMn) các phân tích thống kê, được tạo ra trong các thiết bị đo lường sản xuất (PM1, PM2, PMn), của dữ liệu đo lường sản xuất (PMstat).

5. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2 đến 4, khác biệt ở chỗ các quy tắc suy diễn (202) được lưu trữ trong bộ nhớ kỹ thuật số (23) của bộ điều khiển và đánh giá (20).

6. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm 5, khác biệt ở chỗ các quy tắc suy diễn (202) được lưu trữ trong bộ nhớ kỹ thuật số (23) của bộ điều khiển và đánh giá (20) theo cách mà chúng có thể được sửa đổi qua giao diện kỹ thuật số (24).

7. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2 đến 6, khác biệt ở chỗ thiết bị hiển thị (12) của thiết bị tạo phôi sáng và đo lường (10) và/hoặc thiết bị hiển thị (22) của bộ điều khiển và đánh giá (20) và/hoặc các thiết bị hiển thị (PD1, PD2, PDn) của các thiết bị xử lý (PE1, PE2, PEn) và/hoặc các thiết bị đầu cuối kỹ thuật số di động (M1, M2, Mn) được cấu hình và được điều chỉnh để nhận được tín hiệu báo nhận (EQ1, EQ2, EQn) được tạo ra bởi ít nhất một nhóm người được chỉ định cụ thể (PG1, PG2, PGn).

8. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2 đến 7, khác biệt ở chỗ thiết bị hiển thị (12) của thiết bị tạo phôi sáng và đo lường (10) và/hoặc thiết bị hiển thị (22) của bộ điều khiển và đánh giá (20) và/hoặc thiết bị hiển thị

(PD1, PD2, PDn) của thiết bị xử lý (PE1, PE2, PEn) và/hoặc ít nhất một của các thiết bị đầu cuối kỹ thuật số di động (M1, M2, Mn) được cấu hình và được điều chỉnh để nhận được tín hiệu đánh giá (F1, F2, Fn), tín hiệu đánh giá (F1, F2, Fn) truyền đạt trên một phần của ít nhất một nhóm người được chỉ định (PG1, PG2, PGn) liệu đề xuất xử lý (203) được tạo ra bởi bộ điều khiển và đánh giá (20) và/hoặc hướng dẫn xử lý (204) được tạo ra bởi bộ điều khiển và đánh giá (20) là thích hợp khi xem xét nhóm người được chỉ định (PG1, PG2, PGn).

9. Hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm 8, khác biệt ở chỗ bộ điều khiển và đánh giá (20) được điều chỉnh và được cấu hình để thực hiện phân tích thống kê giữa các đề xuất xử lý (203) và các hướng dẫn xử lý (204) được tạo ra và các tín hiệu đánh giá (F1, F2, Fn) thu được trong phản hồi tới đó, và để xác minh và điều chỉnh các quy tắc suy diễn (202) dựa trên các phân tích thống kê này.

10. Phương pháp để tối ưu hóa sự sản xuất của các pin mặt trời bằng máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử theo điểm bất kỳ trong số các điểm đã nêu, trong đó máy sản xuất pin mặt trời theo dây chuyền gồm có nhiều thiết bị xử lý (PE1, PE2, PEn) có các thiết bị đo lường quy trình (PM1, PM2, PMn) để tạo ra dữ liệu đo lường sản xuất (PM).

11. Phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời theo điểm 10, khác biệt ở chỗ

- các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra (TMstat) của các phép đo kiểm tra khác nhau có tương quan với nhau và/hoặc

- các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra (TMstat) của các phép đo kiểm tra có tương quan với các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất (PMstat) của các phép đo sản xuất và/hoặc

- các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường kiểm tra (TMstat) có tương quan với dữ liệu đầu vào sản xuất (PED), và/hoặc

các phân tích thống kê của dữ liệu đo lường sản xuất (PMstat) có tương quan với dữ liệu đầu vào sản xuất (PED),

để tạo ra các kết quả tương quan (201) và để lấy được từ ít nhất một đề xuất xử lý (203) và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý (204), mà được chỉ định đến ít nhất một nhóm người (PG1, PG2, PGn) tham gia vào sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời, từ các kết quả tương quan (201) với sự hỗ trợ của các quy tắc suy diễn (202), và ít nhất một đề xuất xử lý (203) và/hoặc ít nhất một hướng dẫn xử lý (204) được truyền đến ít nhất một nhóm người được chỉ định (PG1, PG2, PGn).

12. Phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời theo điểm 11, khác biệt ở chỗ các quy tắc suy diễn (202) của hệ thống kiểm tra pin mặt trời quang điện tử được kiểm tra và được điều chỉnh bởi hệ thống phản hồi với mục đích sản xuất các pin mặt trời có chất lượng được tối ưu hóa, hệ thống phản hồi (205) được cung cấp thông tin phản hồi (F1, F2, Fn) bởi ít nhất một nhóm người (PG1, PG2, PGn) tham gia vào sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời.

13. Phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời theo điểm 12, khác biệt ở chỗ các quy tắc suy diễn (202) được kiểm tra và được điều chỉnh bởi chương trình tối ưu hóa tự động.

14. Phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời theo điểm bất kỳ trong số các điểm 10 đến 13, khác biệt ở chỗ các đề xuất xử lý (203) và/hoặc các hướng dẫn xử lý (204) mà không có phản hồi đến đó từ phía nhóm người được chỉ định (PG1, PG2, PGn) sau khi thời gian xác nhận đã trôi qua được giao tiếp với độ chú ý cao hơn hoặc mức liên quan cao hơn và/hoặc được truyền đạt đến các nhóm người khác (PG1, PG2, PGn).

15. Phương pháp để tối ưu hóa sản xuất theo dây chuyền của các pin mặt trời theo điểm bất kỳ trong số các điểm 10 đến 14, khác biệt ở chỗ các mẫu dữ liệu mà chỉ ra các dấu hiệu của sự mài mòn và/hoặc yêu cầu bảo trì của các thiết bị xử lý (PE1, PE2, PEn) được xác định từ các kết quả tương quan (201) được tạo ra.

Fig.1

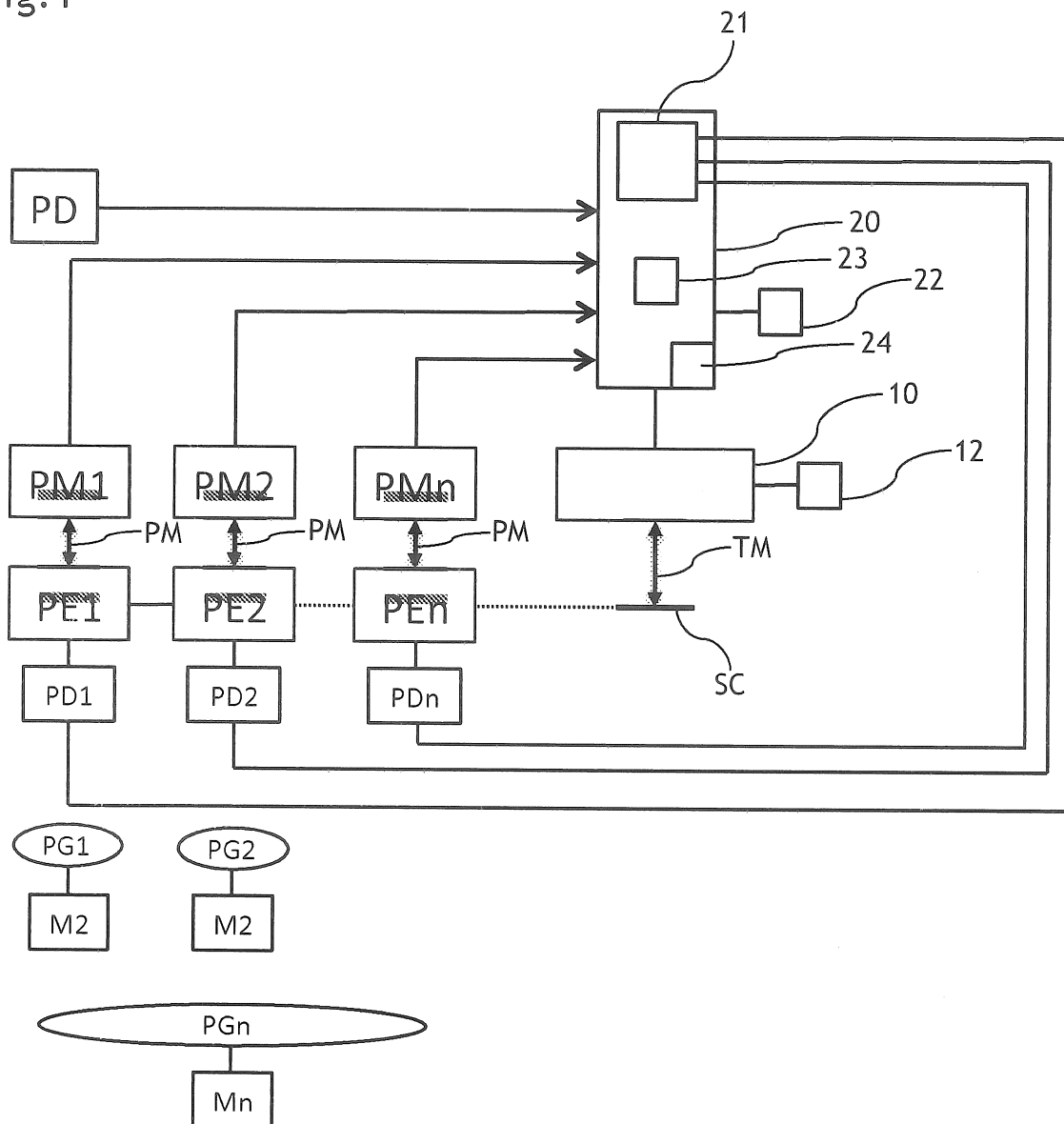


Fig.2

