

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. Januar 2011 (06.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/000814 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H01L 31/18 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2010/059167
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
29. Juni 2010 (29.06.2010)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2009 026 064.1 29. Juni 2009 (29.06.2009) DE
10 2009 044 022.4
16. September 2009 (16.09.2009) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** REIS GMBH & CO. KG MASCHINENFABRIK [DE/DE]; Walter-Reis-Strasse 1, 63785 Obernburg (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** HEINRICI, Axel [DE/DE]; Peliserkerstr. 63b, 52068 Aachen (DE). NEUMANN, Günter [DE/DE]; Am Branderhof 104, 52066 Aachen (DE). OTT, Lars-Soeren [DE/DE]; Am Hansgraben 2, 52353 Düren (DE).
- (74) **Anwalt:** STOFFREGEN, Hans-Herbert; Friedrich-Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** METHOD FOR EXPOSING AN ELECTRICAL CONTACT

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM FREILEGEN EINES ELEKTRISCHEN KONTAKTS

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for exposing at least one electrical contact, which is covered by at least one layer made of plastic, by means of a laser beam. In order to allow the targeted and reproducible exposing of the electrical contact in an automated process, the location of the at least one electrical contact is determined by means of a sensor, and the at least one layer made of plastic is removed in a flat area, in consideration of the determined location of the electrical contact and according to a pattern stored in a controller of a laser scanner, the projection of said flat area being inside of the contact in the direction of the contact.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Freilegen zumindest eines von zumindest einer aus Kunststoff bestehenden Schicht abgedeckten elektrischen Kontakts mittels eines Laserstrahls. Um in einem automatisierten Arbeitsablauf ein gezieltes und reproduzierbares Freilegen des elektrischen Kontakts zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, dass die Lage des zumindest einen elektrischen Kontakts mittels eines Sensors ermittelt wird und dass unter Berücksichtigung der ermittelten Lage des elektrischen Kontakts entsprechend eines in einer Steuerung eines Laserscanners abgelegten Musters die zumindest eine Schicht aus Kunststoff in einem flächigen Bereich abgetragen wird, dessen Projektion in Richtung des Kontakts innerhalb von diesem liegt.



WO 2011/000814 A2

Verfahren zum Freilegen eines elektrischen Kontakts

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Freilegen von zumindest einem von zumindest einer vorzugsweise aus Kunststoff bestehenden Schicht abgedeckten elektrischen Kontakt einer Solarzelle oder eines Solarzellenmoduls.

Der DE-B-199 64 443 ist eine Vorrichtung zum Abtragen von Schichten auf einem Werkstück mittels eines Laserstrahls zu entnehmen, der auf der zu bearbeitenden Oberfläche ein trapezförmiges Strahlprofil aufweist. Als Werkstück kommen auch Dünnschichtszellensolarzellen in Frage, bei denen zur Kontaktierung der Rückseitenelektrode darüberliegende Schichten selektiv entfernt werden. Als Laser wird ein gepulster Laser vom Typ Nd:YAG benutzt, der mit der Methode der Gütemodulation mit Pulsdauern im Bereich von 25 μ s betrieben wird.

Aus der DE-A-10 2007 011 749 ist ein Verfahren zum Herstellen einer Solarzelle bekannt, bei dem eine transparente Dielektrikumschicht mittels eines Ultraschallkurzimpulslasers lokal entfernt wird.

Um eine Durchbrechung in einer aus einem Polymer bestehenden dielektrischen Schicht zum Freilegen eines elektrischen Kontaktes herzustellen, wird nach der EP-A-0 388 009 eine Laserstrahlung benutzt.

Aus der US-A-5,480,812 (EP-B-0 685 113) ist ein Verfahren zur Reparatur einer Leitung eines Dünnfilm-Bildsensors bekannt. Dabei kann eine nichtleitende Schicht im Reparaturbereich mittels eines Lasers abgetragen werden.

Gegenstand der EP-A-0 649 045 ist ein Verfahren zum Reparieren von Unterbrechungen eines Flüssigkeitskristallsubstrats. Hierzu wird ein Medium auf den unterbrochenen Bereich aufgetragen und mittels Lasers aufgeschmolzen, um die Verbindung zu reparieren.

Um Oberflächen von z. B. Werkstücken zu behandeln, erfolgt nach der DE-A-199 00 910 ein Abtrag der Oberflächen mittels einer Laserstrahlung.

Der JP-A-2004 066 344 ist eine Vorrichtung zum Beobachten von Bereichen zu entnehmen, die mittels Laserstrahlung repariert werden.

Um Grate an Gehäuseseiten zu entfernen, damit elektronische Bauelemente freigelegt werden, sieht die DE-A-103 13 521 vor, dass die Grate mittels Laserstrahlung entfernt werden. Die entsprechenden Bereiche werden mit einem Bilderkennungs- und Verarbeitungssystem erfasst.

Mittels eines CO₂-Lasers werden nach der EP-A- 0 884 128 in einer aus Kunststoff bestehenden Schicht Löcher ausgebildet, um Verbindungen zu einer gedruckten Schaltung zu ermöglichen.

Bei der Produktion von Photovoltaikmodulen ist es nach dem Stand der Technik erforderlich, die Verschaltungsbändchen oder Querverbinder zur Außenkontaktierung vor dem Laminieren der Module aus der die Rückseite abdeckenden transparenten Kunststoffschicht, die aus Ethylenvinylacetat (EVA) oder Silikongummi bestehen kann, auszufädeln, um die Bändchen mit den Anschlüssen einer Kontaktbox zu verbinden. Die benötigten Aussparungen in der Kunststoffschicht sowie der dieser rückseitig abdeckenden Kunststoffverbundfolie z. B. aus Polyvinylfluorid und Polyester werden zum

Beispiel durch Stanzen ausgebildet. Allerdings ist für das Ausfädeln der Querverbinder ein zusätzlicher, meist manueller Eingriff vor dem Laminieren erforderlich.

Fehlerhafte elektrische Verbindungen führen nicht nur dazu, dass der Wirkungsgrad der Module verschlechtert wird, sondern es besteht aufgrund sogenannter Hot Spots die Gefahr, dass eine Wärmeentwicklung entsteht, die einen Brand auslösen kann.

Wird während der Produktion festgestellt, dass eine ordnungsgemäße Verschaltung zwischen den einzelnen Strings des Moduls nicht erfolgt ist, so wird dieses ausgemustert.

Der vorliegenden Erfindung liegt u. a. die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass in einem automatisierten Arbeitsablauf ein gezieltes und reproduzierbares Freilegen eines elektrischen Kontakts ermöglicht wird, um insbesondere bei nachfolgenden Prozessierungen eine gewünschte elektrisch leitende Verbindung zu Anschlüssen zu ermöglichen. Gleichzeitig soll sichergestellt sein, dass beim Freilegen des elektrischen Kontakts eine Beschädigung des den Kontakt ansonsten umgebenden Materials vermieden wird. Nach einem weiteren Aspekt sollen von zumindest einer aus Kunststoff bestehenden Schicht abgedeckte mehrere elektrische Kontakte in definierten Bereichen freigelegt werden, um diese gleichzeitig automatisiert mit weiteren Kontakten verbinden zu können. Insbesondere soll auch die Möglichkeit geschaffen werden, ein Solarzellenmodul in einem automatisierten Arbeitsablauf mit einer Anschlussdose zu verschalten.

Auch ist ein Aspekt der Erfindung, dass mit einfachen Maßnahmen ein Reparieren von fehlerhaften elektrischen Kontakten ermöglicht wird, so dass insbesondere fehlerhafte Solarzellenmodule weiter- bzw. wiederverwendet werden können.

Zur Lösung der Aufgabe bzw. Aspekte sieht die Erfindung im Wesentlichen vor,

- Ermitteln der Lage des zumindest einen Kontakts mittels eines Sensors,
- Abtragen der zumindest einen Schicht mittels eines Laserstrahls eines Laserscanners unter Berücksichtigung der ermittelten Lage und ein in einer Steuerung des Laserscanners abgelegten Musters,

wobei die zumindest eine Schicht in einem flächigen Bereich abgetragen wird, dessen Projektion in Richtung des Kontakts innerhalb oder im Wesentlichen innerhalb von diesem liegt.

Das Abtragen der Schicht in einem Bereich, dessen Projektion in Richtung des Kontakts innerhalb von diesem liegt, bedeutet dabei, dass der Bereich der Schicht, der unmittelbar an den Kontakt angrenzt, innerhalb oder im Wesentlichen innerhalb der Projektion in Richtung des Kontakts liegt. Im Oberflächenbereich der abzutragenden Schicht kann jedoch ein Bereich entfernt werden, der auch außerhalb der Projektion in Richtung des Kontaktes liegt, so dass sich dem Grunde nach ein trichterförmiges Freilegen ergibt. Dies ist von Vorteil für das vorzunehmende Kontaktieren bzw. für den Fall, dass ein Kontakt zu reparieren ist.

Das Merkmal „im Wesentlichen innerhalb des Kontakts“ soll zum Ausdruck bringen, dass die Erfindung auch dann nicht verlassen wird, wenn im unmittelbaren Bereich des Kontakts auch Schichtmaterial abgetragen wird, das seitlich neben dem Kontakt vorhanden ist. Allerdings ist sicherzustellen, dass die zum Abtragen verwendete Laserstrahlung sich nicht in die Glasscheibe einkoppelt, die sich über die zu verschaltenden Solarzellen erstreckt und lichtstrahlungseintrittsseitig verläuft.

Somit zeichnet sich die Erfindung insbesondere auch dadurch aus, dass von der Oberfläche der zumindest einen abzutragenden Schicht ausgehend in Richtung des Kontakts Material derart abgetragen wird, dass sich eine trichterförmige Öffnung in der zumindest einen Schicht ergibt, wobei Projektion der Öffnung im Bereich der Oberfläche in Richtung des Kontakts bereichsweise außerhalb von diesem und Projektion der auf den Kontakt stoßenden Öffnung innerhalb oder im Wesentlichen innerhalb des Kontakts liegt.

Die Erfindung schließt aber insbesondere auch ein, dass der Laserstrahl unmittelbar oberhalb des Kontakts einen Bereich der Schicht abträgt, dessen Projektion in Richtung des Kontakts ausschließlich innerhalb des Kontakts liegt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass mehrere elektrische Kontakte in Form von Querverbindern eines laminierten Solarzellenmoduls freigelegt und mit Kontakten einer Anschlussdose verbunden werden, wobei die Querverbinder solarzellenmodulrückseitig von einer transparenten Kunststoffschicht sowie einer Kunststofffolie abgedeckt sind und die Kunststoffschicht und die Kunststofffolie mittels des Laserstrahls abgetragen werden.

Des Weiteren sieht die Erfindung vor, dass der elektrische Kontakt ein fehlerhafter Kontakt ist, der nach dem Abtragen der zumindest einen Schicht repariert oder erneuert wird.

Zur Lösung eines Aspekts der Erfindung wird somit vorgeschlagen, dass die Lage des zumindest einen elektrischen Kontakts mittels eines Sensors ermittelt wird und dass unter Berücksichtigung der ermittelten Lage des elektrischen Kontakts entsprechend eines in einer Steuerung eines Laserscanners abgelegten Musters die zumindest eine Schicht aus Kunststoff in einem flächigen Bereich abgetragen wird, dessen Projektion in Richtung des Kontakts innerhalb von diesem liegt.

Zur Lösung der Aufgabe eines weiteren Aspekts werden im Wesentlichen die Verfahrensschritte vorgeschlagen:

- Ermitteln der Lage des zu reparierenden Kontakts mittels eines Sensors,
- Abtragen der zumindest einen Schicht mittels eines Laserstrahls eines Laserscanners unter Berücksichtigung der ermittelten Lage und eines in einer Steuerung des Laserscanners abgelegten Musters, und
- Reparieren oder Erneuern des elektrischen Kontakts.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren eines laserbasierten Abtragens von zumindest einer Kunststoffschicht vorgeschlagen, wobei eine Automatisierung gegeben ist, die zu reproduzierbaren Ergebnissen führt und gleichzeitig sicherstellt, dass der zumindest eine elektrische Kontakt ausschließlich in dem Bereich freigelegt wird, in dem eine Kontaktierung zu einem weiteren Kontakt erfolgen soll.

Zum Verschalten von Solarzellenmodulen, bei denen Kontakte freigelegt werden sollen, werden die Querverschaltungsbänder erst nach dem Laminieren freigelegt, wodurch die Folien vor dem Laminieren nicht teilweise geöffnet und durch diese die Querverschaltungsbänder ausgefädelt werden. Hierdurch wird vermieden, dass aus dem geöffneten Bereich verflüssigtes EVA-Material austritt und so die Membran des Laminators verschmutzt und beschädigt.

Als Sensor wird insbesondere ein optischer Sensor mit Bildverarbeitung benutzt, so dass die vorzugsweise im Durchlichtverfahren ermittelten Daten der Lage des zumindest einen elektrischen Kontakts an die Steuerung des Laserscanners übermittelt und dieser nach dem in der Steuerung abgelegten Muster den bzw. die Bereiche in dem elektrischen Kontakt freilegen kann. Dabei kann als Laserscanner ein solcher mit einem zwei-achsigen Scansystem mit vorzugsweise Planfeldoptik oder ein drei-achsiges Scansystem mit Festbrennweite verwendet werden.

Muster bedeutet dabei bzw. schließt ein, wie der Laserstrahl zu dem freizulegenden bzw. zu reparierenden Kontakt bewegt wird. Muster kann aber auch Laserleistung, Breite des auf die abzutragende Schicht auftreffenden Laserstrahls oder sonstige für die Applikation der Laserstrahlung erforderliche Parameter einschließen.

Aufgrund der Absorption und Transmissionseigenschaften der verwendeten Folienwerkstoffe wird vorzugsweise ein CO₂-Lasersystem verwendet. Dabei kann entweder ein cw-Laser zum Einsatz kommen oder aber ein gepulstes Lasersystem. In letzterem Fall wird vorzugsweise mit einer Pulsfrequenz größer als 5 kHz, insbesondere größer als 10 kHz gearbeitet, so dass sich ein quasi-kontinuierlicher Betrieb ergibt.

Die maximale Prozessgeschwindigkeit ist direkt von der Laserleistung abhängig. Zum Abtragen der zumindest einen aus Kunststoff bestehenden Schicht sollte der Laserstrahl über den abzutragenden Bereich mit einer Geschwindigkeit zwischen 200 mm/sec und 7500 mm/sec, insbesondere zwischen 2000 mm/sec und 4000 mm/sec, vorzugsweise zwischen 3300 mm/sec und 3700 mm/sec, bewegt werden.

Für eine Strahlquelle von 300 W liegt ein günstiger Bereich insbesondere zwischen 3300 mm/sec und 4500 mm/sec. Bei sehr hohen verfügbaren Laserleistungen sind jedoch auch höhere Prozessgeschwindigkeiten realisierbar

Die Bewegungsrichtung des Laserstrahls selbst kann beliebig sein. Vorzugsweise kann jedoch eine mäander- oder zickzackförmige Bewegung durchgeführt werden. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass die Bereiche gleichmäßig mit dem Laserstrahl beaufschlagt werden, so dass unerwünschte Wärmebildungen ausgeschlossen sind, die zu Beschädigungen führen könnten.

Unabhängig hiervon sollte die Energie des Laserstrahls derart eingestellt werden, dass der abzutragende Bereich mehrfach, insbesondere zwei- bis fünfmal abgefahren wird, wodurch ein besonders schonendes Sublimieren, also Verdampfen der aus Kunststoff bestehenden Schicht erfolgt, ohne dass eine Beschädigung des elektrischen Kontakts oder der um diesen verlaufenden Bereiche gegeben ist.

Ein reproduzierbares Abtragen ergibt sich auch dann, wenn der Laserstrahl entlang parallel zueinander verlaufenden Linien über die abzutragende Fläche bewegt wird, wobei der Abstand zwischen den Linien kleiner als der auf die Fläche abgebildeten Fokussdurchmesser des Laserstrahls sein sollte.

Erfolgt eine Bewegung derart, dass im Randbereich eine Bewegungsumkehr bei gleichzeitigem Anhalten der den Laserstrahl führenden Spiegel des Laserscanners erfolgt, so wird der Laser im Umkehrpunkt ausgeschaltet, so dass eine unerwünschte Wärmeentwicklung vermieden wird. Brems-/Beschleunigungseffekte der Spiegel des Laserscanners machen sich in diesem Fall nicht bemerkbar, so dass ein gleichmäßiger, also homogener Abtrag gewährleistet ist.

Der Laserstrahl selbst sollte punktförmig auf die abzutragende Fläche mit einem Durchmesser abgebildet werden, der zwischen 0,3 mm und 1,2 mm, insbesondere zwi-

schen 0,4 mm und 0,8 mm liegt. Wird ein kleinerer Fokus benutzt, so ist eine höhere Prozessgeschwindigkeit erzielbar.

Um eine wirtschaftliche Abtragsrate zu erreichen sollte der Laser zumindest mit einer Leistung P von $100 \text{ Watt} \leq P \leq 1000 \text{ Watt}$ betrieben werden. Höhere Leistungen sind möglich und erlauben höhere Prozessgeschwindigkeiten, erfordern jedoch deutlich höhere Investitionskosten.

Der optische Sensor für die Bildverarbeitung zum Erfassen der Lage des elektrischen Kontakts sollte in Bezug auf den Laserscanner auf der gegenüberliegenden Seite verlaufen, wobei im Durchlichtverfahren gemessen werden kann.

Insbesondere zeichnet sich die Erfindung durch ein Verfahren zum Freilegen von mit Kontakt einer Anschlussdose zu verbindenden Querverbindern eines laminierten Solarzellenmoduls aus, wobei die Querverbinder solarzellenmodulrückseitig von einer transparenten Kunststoffschicht aus insbesondere Ethylenvinylacetat (EVA) oder Silikon Gummi sowie einer Kunststofffolie abgedeckt sind, die vorzugsweise Polyvinyl und Polyester enthält.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht nur zum Freilegen von Kontakten geeignet, um diese mit Kontakten einer Anschlussdose zu verbinden. Auch das Freilegen von mit zumindest einem Zellen- oder Stringverbinder zu verbindenden Querverbinder eines laminierten Solarzellenmoduls ist aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre möglich.

Es hat sich gezeigt, dass das erfindungsgemäße Verfahren überaus geeignet ist, Bereiche von elektrischen Kontakten wie Querverbindern von Photovoltaikmodulen laserbasiert freizulegen, also z. B. nach dem Laminieren nachträglich Aussparungen einzubringen, um sodann ein automatisches Verbinden mit Außenkontakten wie den Kontakten einer Anschlussdose zu ermöglichen oder fehlerhafte Kontakte zu reparieren oder zu erneuern. Dabei erfolgt eine Automatisierung derart, dass mittels z. B. einer Bildverarbeitung oder eines sonstigen geeigneten Sensors die Lage der elektrischen Kontakte erfasst, die Positionsdaten der Steuerung eines Laserscanners zugeführt und sodann in

Abhängigkeit von einem abgespeicherten Muster der Laserstrahl über die elektrischen Kontakte geführt wird, so dass die diese abdeckenden Schichten durch Verdampfen abgetragen werden.

Dabei kann der Laserstrahl derart gesteuert werden, dass ausschließlich oder im Wesentlichen ausschließlich Bereiche oberhalb des elektrischen Kontakts freigelegt werden, so dass eine Beschädigung weiterer Bereiche und insbesondere ein Energieeintrag außerhalb des elektrischen Kontakts nicht in einem Umfang erfolgen kann, der dazu führen könnte, dass das Solarzellenmodul frontseitig abdeckende Glas springt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass der bzw. die freigelegten Bereiche mittels Löten wie Laser-, Induktions- oder Kontaktlöten stoffschlüssig verbunden werden.

Im Falle des Freilegens von Querverbindern, um diese mit Kontakten einer Anschlussdose zu verbinden, ist in Weiterbildung vorgesehen, dass nach Freilegen der Querverbinder das Solarzellenmodul einer Bearbeitungsstation zugeführt wird, in der mittels einer Handhabungseinrichtung auf die freigelegten Bereiche der Querverbinder die Kontakte der Anschlussdose aufgelegt und diese sodann mit den freigelegten Bereichen kraft- und/oder stoffschlüssig verbunden werden. Die Bearbeitungsstation kann dabei auch diejenige sein, in der die Kontakte freigelegt werden.

Insbesondere ist vorgesehen, dass die freigelegten Bereiche mittels Löten wie Laser-, Induktions- oder Kontaktlöten stoffschlüssig verbunden werden.

Während des elektrisch leitenden Verbindens der freigelegten Bereiche mit den Kontakten oder danach wird sodann die Anschlussdose mit dem Solarzellenmodul vorzugsweise mittels Silikon oder Klebeband verbunden.

Um die Kontakte der Anschlussdose positionsgenau auf die freigelegten Bereiche der Querverbinder auszurichten, ist vorgesehen, dass Position des Solarzellenmoduls mit den freigelegten Bereichen mittels einer Bildverarbeitung erfasst und so gewonnene Daten der Steuerung der Handhabungseinrichtung übermittelt werden. Somit ist ein

einwandfreier elektrischer Kontakt sichergestellt. Die Positionserfassung kann entfallen, wenn das Freilegen der Querverbinder und Setzen der Anschlussdose in der gleichen Bearbeitungsstation erfolgen.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Anordnung zum Abtragen von einer einen elektrischen Kontakt abdeckenden Kunststoffschicht,
- Fig. 2 ein Detail „A“ von Fig. 1,
- Fig. 3 einen Ausschnitt eines Solarzellenmoduls,
- Fig. 4 ein Detail „A“ der Fig. 3,
- Fig. 5 eine Prinzipdarstellung einer Verschaltung von Querverbindern eines Solarzellenmoduls mit Kontakten einer Anschlussdose,
- Fig. 6 die Anordnung gemäß Fig. 5 in Seitenansicht,
- Fig. 7 eine erste Ausführungsform eines Kontakts einer Anschlussdose mit einem Querverbinder,
- Fig. 8 eine zweite Ausführungsform eines Kontakts einer Anschlussdose mit einem Querverbinder,

Fig. 9 eine Prinzipdarstellung einer weiteren Anordnung zum Abtragen von einer einen elektrischen Kontakt abdeckenden Kunststoffschicht und

Fig. 10 ein Detail „A“ von Fig. 9.

In den Fig. 1 bis 8 wird die erfindungsgemäße Lehre zum Freilegen zumindest eines elektrisch leitenden Kontakts, der von zumindest einer aus Kunststoff bestehenden Schicht abgedeckt ist, anhand eines Solarzellenmoduls beschrieben, ohne dass hierdurch die erfindungsgemäße Lehre eingeschränkt werden soll. Dabei werden in den Figuren für gleiche Elemente grundsätzlich gleiche Bezugszeichen verwendet.

In Fig. 1 ist rein prinzipiell eine Anordnung dargestellt, mit der ein Querverbinder 10 eines Solarzellenmoduls 12 frei gelegt wird, um sodann mit Anschlusskontakten einer Kontaktdose elektrisch leitend verbunden zu werden.

Hierzu ist ein Laserscanner 14 vorgesehen, der neben einer Laserstrahlung emittierenden Laser wie CO₂-Laser Ablenkspiegel und Optiken aufweist, um den Laserstrahl 16 über einen gewünschten Bereich des Solarzellenmoduls 12 zu bewegen, um den Querverbinder 10 abdeckende Schichten 18, 20 durch Verdampfen zu entfernen. Es wird ein Laserscanner benutzt, dessen Aufbau und Funktionsweise für einen Durchschnittsfachmann hinreichend bekannt sind.

Entsprechend dem Ausführungsbeispiel des Solarzellenmoduls 12 handelt es sich bei den Schichten 18, 20 um eine querverbinderseitig verlaufende transparente Kunststoffschicht aus z. B. Ethylvinylacetat (EVA) oder Silikongummi und eine diese außenseitig abdeckende witterungsfeste Kunststoffverbundfolie aus insbesondere Polyvinylfluorid und Polyester.

Im Bereich der Querverbinder 10 verläuft unterhalb dieser eine weitere transparente Kunststoffschicht aus z. B. Ethylvinylacetat oder Silikongummi, die mit 22 gekennzeichnet ist. Die entsprechende Einheit ist auf einer Glasplatte 24 oder einem sonstigen

transparenten Träger angeordnet. Die verschalteten Solarzellen selbst sind nicht dargestellt, die sich zwischen den Schichten 20 und 22 befinden.

Nach Anordnen der einzelnen Schichten und der Solarzellen erfolgt das Laminieren des Moduls insbesondere bei Temperaturen von ca. 150 °C und bei Unterdruck. Beim Laminieren bildet sich aus den ursprünglich milchigen die Solarzelle unmittelbar umgebenden transparenten Kunststoffschichten (EVA oder Silikongummi) eine klare Kunststoffschicht, in der die Solarzellen eingebettet und fest mit der Glasscheibe oder Rückseitenfolie verbunden sind. Insoweit wird jedoch auf hinreichend bekannte Techniken verwiesen.

Um die Querverbinder 10 mit den Anschlusskontakten einer Anschlussdose zu verbinden, wird in den freizulegenden Bereichen 26 der Laserstrahl 16 nach einem vorgegebenen Muster bewegt, das in der Steuerung des Laserscanners 14 abgelegt ist. Dabei erfolgt ein Energieeintrag in einem Umfang, dass die oberhalb des Querverbinders 10 verlaufenden Schichten 18, 20 verdampfen, ohne dass eine Beschädigung der Umgebung, also des angrenzenden Bereichs des Solarzellenmoduls 12 erfolgt. Insbesondere wird vermieden, dass der Laserstrahl 16 neben dem Querverbinder 26 auf den Schichten 18, 20 in einem Umfang auftrifft, dass ein Einkoppeln in die Glasplatte 24 mit der Folge gegeben sein kann, dass diese platzt.

Die Bewegung des Laserstrahls 16 kann mäander- bzw. zickzackförmig oder linienförmig entlang parallel verlaufender Geraden erfolgen. Wesentlich dabei ist jedoch, dass ein gleichmäßiger Abtrag, also ein gleichmäßiges Verdampfen der Schichten 18, 20 oberhalb des Querverbinders 26 erfolgt. Daher ist für den Fall, dass die bzw. der Spiegel des Laserscanners 14 angehalten sind, eine Anhaltverzögerung für den Laser vorgesehen.

Dies bedeutet, dass beim Stillstand des bzw. der Spiegel Laserlicht nicht auf das Modul auftrifft, also der Laser ausgeschaltet ist.

Der Abstand der Laserlinien kann variiert werden, wobei eine Überlappung der Laserlinien erfolgt. Insbesondere kann der Laser derart über den abzutragenden Bereich gefahren werden, dass der Abstand der Laserlinien im Bereich zwischen 0,05 mm und 0,2 mm, vorzugsweise im Bereich zwischen 0,1 mm und 0,2 mm liegt. Somit ist eine hinreichende Überlappung gegeben, da der Durchmesser des Fokus größer als 0,1 mm ist, insbesondere im Bereich zwischen 0,4 mm und 1,0 mm liegt.

Vorzugsweise weist das Lasersystem einen CO₂-Laser mit einem zwei-achsigen Scannsystem auf. Um über die gesamte abzutragende Fläche den Fokus in einer geraden Ebene abzubilden, ist eine entsprechende Planfeldoptik vorgesehen. Es kann jedoch auch ein drei-achsiges Scansystem mit Festbrennweite Verwendung finden.

Unabhängig hiervon sollte der CO₂-Laser mit einem maximalen Tastverhältnis von 50 % arbeiten, wobei die Pulsweiten zwischen 10 µ/sec und 400 µ/sec liegen sollten.

Die Geschwindigkeit, mit der der Laserstrahl den abzutragenden Bereich überfährt, sollte im Bereich zwischen 1000 mm/sec und 4000 mm/sec liegen, wobei besonders gleichmäßige Ergebnisse dann erzielbar sind, wenn der abzutragende Bereich mehrfach von dem Laserstrahl überfahren wird. Geschwindigkeit, Laserleistung und Pulsfrequenz sollten daher derart abgestimmt werden, dass ein zwei- bis dreifaches Überfahren möglich ist. Besonders bevorzugt sollte ein quasi-kontinuierlicher Betrieb eingestellt werden, so dass Pulsfrequenzen von mehr als 10 kHz zu bevorzugen sind.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass die Flächenabtragsrate zwischen 75 mm²/sec und 225 mm²/sec bei einer Dicke der abzutragenden Schichten 18, 20 zwischen 0,5 mm und 1 mm liegt.

Die Fig. 5 und 6 sollen verdeutlichen, dass entsprechende erfindungsgemäß freigelegte Querverbinder 10 des Solarzellenmoduls 12 anschließend mit Anschlusskontakten 28 einer Anschlussdose 30 kontaktiert werden, die ihrerseits mit dem Solarzellenmodul, d. h., dessen Laminat z. B. mit Silikon oder Klebeband verbunden wird. Dies soll rein

prinzipiell durch die mit dem Bezugszeichen 32 gekennzeichnete Umrandung in Fig. 6 verdeutlicht werden.

Zuvor wird mittels eines Bildverarbeitungssystems oder sonstigen Sensors, wie dieser im Zusammenhang mit den Fig. 9 und 10 erläutert wird, das Solarzellenmodul 12 mit den freigelegten Querverbindern 10 gemessen, um sodann die Positionsdaten der Steuerung einer Handhabungseinrichtung zuzuführen, mittels der die Anschlussdose 30 positionsgenau mit ihren Kontakten 28 auf die Querverbinder 10 ausgerichtet wird, um sodann den erforderlichen elektrischen Kontakt herzustellen. Dabei sind in der Fig. 7 zwei Kontaktmöglichkeiten dargestellt. In Fig. 7 wird der Querverbinder 10 mit dem Anschlusskontakt 28 der Anschlussdose 30 stoffschlüssig verbunden. Dies erfolgt insbesondere durch Laser- oder Induktionslötungen. Nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 8 wird der Anschlusskontakt 28 mit dem Querverbinder 10 alternativ über einen Federkontakt 34 hergestellt. Andere Verbindungsarten sind selbstverständlich gleichfalls möglich.

Wie sich aus den Fig. 3 und 4 ergibt, werden rückseitig die Schichten 18, 20 in mehreren Bereichen freigelegt, und zwar überall dort, wo Querverbinder verlaufen, die sodann mit Anschlusskontakt an die Anschlussdose elektrisch leitend zu verbinden sind.

Gemäß der Fig. 3 sind beispielhaft vier entsprechende freigelegte Bereiche 26 von Querverbindern 10 dargestellt.

Des Weiteren ergibt sich aus den Fig. 3 und 4 noch einmal der prinzipielle Aufbau eines Solarzellenmoduls. Der entsprechende Schichtaufbau ist detailliert der Fig. 4 zu entnehmen.

Dabei wird das Solarzellenmodul 12 von der Rückseite aus betrachtet, so dass als erste Schicht die witterungsfeste Kunststoffverbundfolie aus z. B. Polyvinylfluorid und Polyester (Schicht 20), nachfolgend die aus z. B. Ethylenvinylacetat oder Silikongummi bestehende Schicht 18, rein prinzipiell Solarzellen 36, eine weitere aus transparenten Kunststoff bestehende Schicht 38 aus z. B. Ethylenvinylacetat oder Silikongummi und

schließlich eine frontseitige Glasschicht 40 erkennbar sind. Von den in Reihe oder parallel verschalteten Solarzellen 36 gehen sodann die Querverbinder 10 aus, die mit den Kontakten 28 der Anschlussdose 30 verbunden werden.

Erfindungsgemäß erfolgt ein laserbasiertes Abtragen der rückseitigen Schichten 18, 20 des laminierten Solarzellenmoduls 12 in den Bereichen der Querverbinder 10, die mit den Kontakten 28 der Anschlussdose 30 verbunden werden sollen. Dabei erfolgt ein reproduzierbares vollautomatisches Freilegen der Querverbinder 10, ohne dass eine Beschädigung der angrenzenden Bereiche des Solarzellenmoduls 12 erfolgt.

Es können hohe Flächenabtragungsraten erzielt werden, die ohne Weiteres im Bereich zwischen $150 \text{ mm}^2/\text{sec}$ und $200 \text{ mm}^2/\text{sec}$ bei üblichen rückseitigen Schichtdicken liegen, deren Dicken insgesamt zwischen 0,5 mm und 1 mm betragen können.

Durch das genaue Erfassen der Lage der Querverbinder 10 mittels z. B. der Bildverarbeitung ist sichergestellt, dass der Laserstrahl ausschließlich auszuwählende Bereiche der abzutragenden Schichten 18, 20 beaufschlagt. Eine Einkopplung der Laserstrahlung in Bereichen neben dem Querverbinder 10 kann daher in einem Umfang ausgeschlossen werden, dass ein Einkoppeln in das Glas 40 erfolgt, das anderenfalls zerspringen könnte. Die Querverbinder 10 werden dabei in einem Umfang freigelegt, dass ein sicheres stoffschlüssiges Verbinden mit den Anschlusskontakten 28 der Anschlussdose 30 erfolgt.

Auch wenn grundsätzlich verhindert werden soll, dass unmittelbar im Bereich des Kontakts vorhandenes Material entfernt wird, also von der Laserstrahlung beaufschlagt wird, das neben dem Querverbinder 10 verläuft, um ein Einkoppeln der Laserstrahlung in das Glas 40 auszuschließen, so wird die Erfindung nicht verlassen, wenn im oberen Bereich der zumindest äußeren Schicht 20, ggfs. auch bis zum oberen Bereich der Schicht 18 ein Abtrag von Material erfolgt, der eine Flächenerstreckung hat, deren Projektion in Richtung des Kontakts seitlich neben dem Kontakt verläuft, so dass sich quasi ein trichterförmig bzw. im Schnitt trapezförmig freigelegter Bereich von der Oberfläche der Schicht ausgehend bis zum Kontakt erstreckt. Durch die diesbezüglichen Maßnah-

men wird der Vorteil erzielt, dass das Anschließen mit den Anschlusskontakten 28 vereinfacht wird.

Ein gleiches trichterförmiges bzw. im Schnitt trapezförmiges Freilegen kann auch dann durchgeführt werden, wenn z. B. Kontakte repariert werden sollen, wie dies im Zusammenhang mit den Fig. 9 und 10 erläutert wird.

Anhand der Fig. 9 und 10 soll ein weiterer Aspekt der erfindungsgemäßen Lehre erläutert werden, aufgrund dessen ein fehlerhafter elektrischer Kontakt repariert bzw. erneuert werden kann. Dabei wird gleichfalls die Lehre anhand eines Solarzellenmoduls erläutert, ohne dass hierdurch die erfindungsgemäße Lehre eingeschränkt werden soll. Ebenfalls werden für gleiche Elemente grundsätzlich gleiche Bezugszeichen verwendet.

Unabhängig hiervon ist in Bezug auf das verwendete Lasersystem bzw. den Laser, die Parameter, mit denen das Lasersystem betrieben wird oder die Art und der Umfang des Abtrags der Fläche der zumindest einen aus Kunststoff bestehenden Schicht, die sich oberhalb des Kontaktes befindet, auf die Ausführungen zu verweisen, die im Zusammenhang mit den Fig. 1 und 8 dargelegt worden sind.

In Fig. 9 ist rein prinzipiell eine Anordnung dargestellt, mit der ein elektrischer Kontakt zwischen einem Querverbinder 110 und einem Zellen- oder Stringverbinder 112 eines Solarzellenmoduls 114 freigelegt wird, um diese sodann erneut elektrisch leitend zu verbinden.

Zum Freilegen wird ein Laserscanner 116 benutzt, der neben einer Laserstrahlung emittierenden Laser, wie CO₂-Laser, Ablenkspiegel und Optiken aufweist, um den Laserstrahl 118 über einen gewünschten Bereich des Solarzellenmoduls 114 zu bewegen, um die den Querverbinder 110 und den Zellenverbinder 112 abdeckende Schichten 120, 122 durch Verdampfen zu entfernen. Es wird ein Laserscanner benutzt, dessen Aufbau und Funktionsweise für einen Durchschnittsfachmann hinreichend bekannt sind.

Entsprechend dem Ausführungsbeispiel des Solarzellenmoduls 114 handelt es sich bei den Schichten 120, 122 um eine querverbinderseitig verlaufende transparente Kunststoffschicht aus z. B. Ethylvinylacetat (EVA) oder Silikongummi und eine diese außenseitig abdeckende witterungsfeste Kunststoffverbundfolie aus insbesondere Polyvinylfluorid (TEDLAR) und Polyester.

Im Bereich des Querverbinders 110 verläuft unterhalb von diesem eine weitere transparente Kunststoffschicht aus z. B. Ethylvinylacetat oder Silikongummi, die mit 124 gekennzeichnet ist. Die entsprechende Einheit ist auf einer Glasplatte 126 oder einem sonstigen transparenten Träger angeordnet. Die verschalteten Solarzellen selbst sind nicht dargestellt, die sich zwischen den Schichten 120 und 124 befinden.

Nach Fertigstellung des Moduls erfolgt eine Funktionsprüfung. Sollte sich herausstellen, dass Fehler bei der Verschaltung oder nicht hinreichend gute elektrisch leitende Kontakte zwischen den Querverbindern und den String- oder Zellenverbindern vorliegen, so wird nach dem Stand der Technik das Modul ausgesondert, da anderenfalls bei Betrieb die Gefahr einer unzulässigen Erwärmung bis zur Entstehung eines Brandes erwächst.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre erfolgt eine Überprüfung des Moduls dahingehend, dass festgestellt wird, welche elektrischen bzw. welcher elektrische Kontakt fehlerhaft sind bzw. ist. Dies kann mit einer Bildverarbeitung als Sensor erfolgen. Aber auch mittels Temperatursensoren können fehlerhafte Kontaktstellen festgestellt werden.

Sind die fehlerhaften Kontakte ermittelt worden, so wird über den bzw. die freizulegenden Bereiche der Laserstrahl 118 nach einem vorgegebenen Muster bewegt, das in der Steuerung des Laserscanners 116 abgelegt ist. Dabei erfolgt ein Energieeintrag in einem Umfang, dass die oberhalb des Querverbinders 110 und des oder der Stringverbinder 112 verlaufenden Schichten 120, 122 verdampfen.

Muster bedeutet dabei bzw. schließt ein, wie der Laserstrahl zu dem zu reparierenden Kontakt bewegt wird bzw. welche Laserleistung zur Anwendung gelangt. Auch Breite

des auf die abzutragende Schicht auftreffenden Laserstrahls oder sonstige für das Applizieren der Laserstrahlung erforderliche Parameter können den Begriff Muster einschließen.

Erfindungsgemäß wird vermieden, dass der Laserstrahl außerhalb des zu reparierenden Kontakts auf die Schichten 120, 122 in einem Umfang auftreffen kann, dass ein Einkoppeln in die Glasplatte 126 erfolgt. Dies kann z. B. durch eine Schablone oder eine angelegte Freilegkontur erfolgen. Mittels dieser wird ein Bereich für die Strahlung freigegeben, der kleiner als der der zu reparierenden Kontakte ist. Freilegkontur bedeutet, dass die Schicht bzw. Schichten, die den zu reparierenden Kontakt abdecken, in den Bereichen abgedeckt werden, auf die der Laserstrahl nicht auftreffen soll. Es werden die Bereiche freigelassen, in denen ein Abtragen zum Reparieren des Kontakts erfolgen soll.

Die Bewegung des Laserstrahls 118 kann - wie zuvor erläutert - mäander- bzw. zickzackförmig oder linienförmig entlang parallel verlaufender Geraden erfolgen. Wesentlich dabei ist jedoch, dass ein gleichmäßiger Abtrag, also ein gleichmäßiges Verdampfen der Schichten 120, 122 oberhalb der Kontaktstelle erfolgt. Daher ist für den Fall, dass die bzw. der Spiegel des Laserscanners 116 angehalten sind, eine Anhaltverzögerung für den Laser vorgesehen.

Dies bedeutet, dass beim Stillstand des bzw. der Spiegel Laserlicht nicht auf das Modul 114 auftrifft, also der Laser 118 ausgeschaltet ist.

Bezüglich des Abstands der Laserlinien, deren Breite, die Art des verwendeten Lasersystems, Tastverhältnisse und Geschwindigkeit und Art des zu überfahrenden Bereichs ist auf die Ausführungen im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 8 zu verweisen. Gleiches gilt hinsichtlich der Flächenabtragsrate oder sonstiger erfolgter Erläuterungen.

Erfindungsgemäß erfolgt ein laserbasiertes Abtragen der rückseitigen Schichten 120, 122 des laminierten Solarzellenmoduls 114 in den Bereichen, in denen elektrische Kon-

taktverbindungen repariert werden sollen. Dabei erfolgt ein reproduzierbares vollautomatisches Freilegen der Kontaktstelle.

Es können hohe Flächenabtragungsraten erzielt werden, die ohne Weiteres im Bereich zwischen 150 mm²/sec und 200 mm²/sec bei üblichen rückseitigen Schichtdicken liegen, deren Dicken insgesamt zwischen 0,5 mm und 1 mm betragen können.

Durch das genaue Erfassen der Lage der Kontaktstelle mittels des Sensors wie die Bildverarbeitung kann sichergestellt werden, dass der Laserstrahl 118 ausschließlich die Bereiche der abzutragenden Schichten 118, 120 beaufschlagt, die oberhalb der Kontaktstelle verlaufen. Eine Einkopplung der Laserstrahlung in den danebenliegenden Bereichen und damit in das Glas 126 ist ausgeschlossen, das anderenfalls zerspringen könnte. Die Kontaktstelle wird dabei in einem Umfang freigelegt, dass ein sicheres stoffschlüssiges Verbinden zwischen dem Querverbinder 110 und dem bzw. den Zellen- oder Stringverbindern 112 erfolgt.

Patentansprüche

Verfahren zum Freilegen eines elektrischen Kontakts

1. Verfahren zum Freilegen von zumindest einem von zumindest einer vorzugsweise aus Kunststoff bestehenden Schicht abgedeckten elektrischen Kontakt einer Solarzelle oder eines Solarzellenmoduls,
gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte
 - Ermitteln der Lage des zumindest einen Kontakts mittels eines Sensors,
 - Abtragen der zumindest einen Schicht mittels eines Laserstrahls eines Laserscanners unter Berücksichtigung der ermittelten Lage und ein in einer Steuerung des Laserscanners abgelegten Musters,wobei die zumindest eine Schicht in einem flächigen Bereich abgetragen wird, dessen Projektion in Richtung des Kontakts innerhalb oder im Wesentlichen innerhalb von diesem liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere elektrische Kontakte in Form von Querverbindern eines laminierten Solarzellenmoduls freigelegt und mit Kontakten einer Anschlussdose verbunden werden, wobei die Querverbinder solarzellenmodulrückseitig von einer transparenten Kunststoffschicht sowie einer Kunststofffolie abgedeckt sind und die Kunststoffschicht und die Kunststofffolie mittels des Laserstrahls abgetragen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der elektrische Kontakt ein fehlerhafter Kontakt ist, der nach dem Abtragen der zumindest einen Schicht repariert oder erneuert wird.

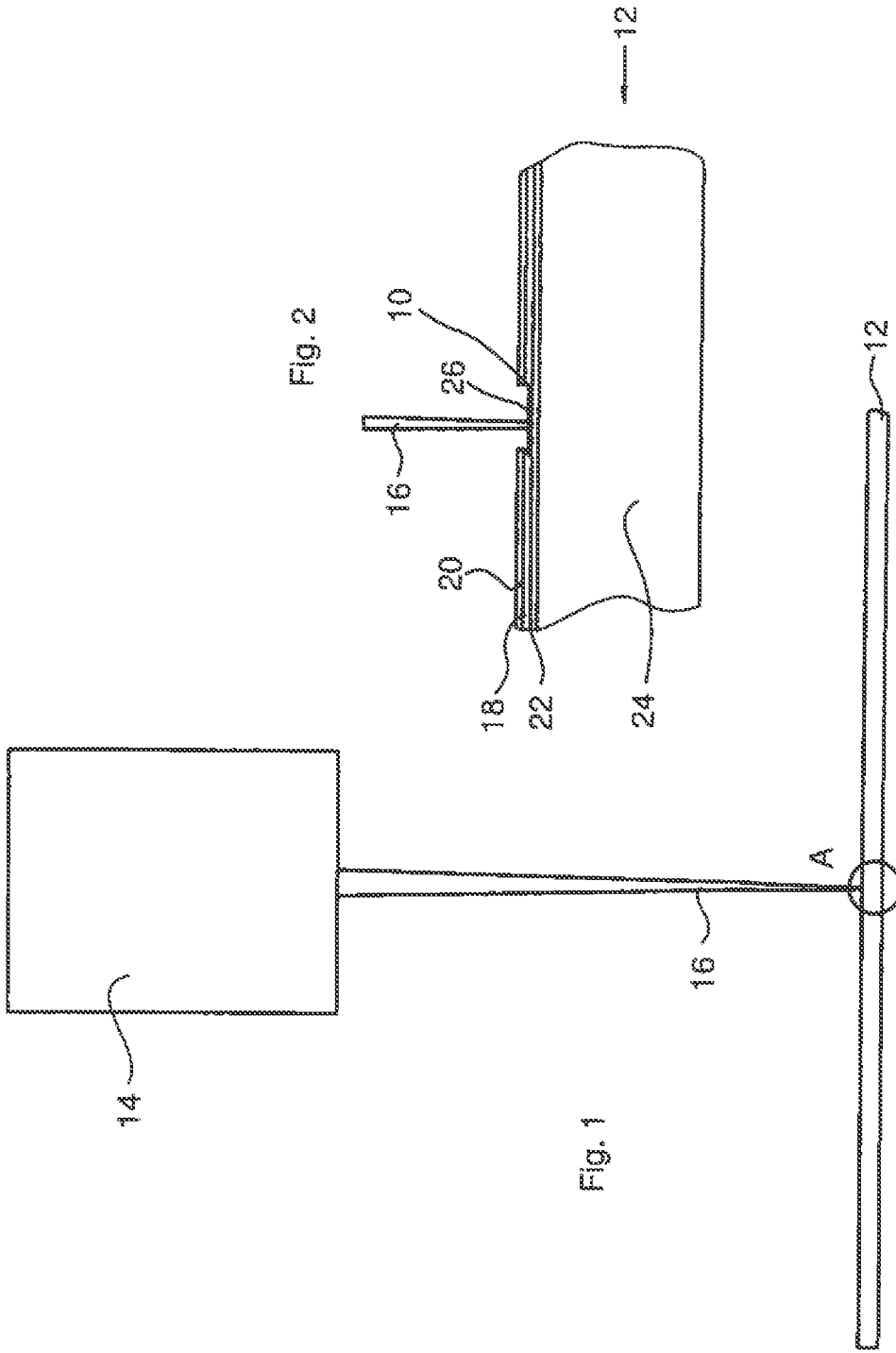
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Schablone oder einer Freilegekontur der Bereich der Schicht unbedeckt bleibt, innerhalb dessen der Kontakt freigelegt wird.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Laserscanner ein solcher mit einem zwei-achsigen Scansystem mit vorzugsweise Planfeldoptik oder ein drei-achsiges Scansystem verwendet wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein CO₂- Lasersystem verwendet wird.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein gepulstes Lasersystem verwendet wird, dessen Pulsfrequenz ν mit $\nu \geq 5$ kHz, insbesondere $\nu \geq 10$ kHz, ist.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abtragen der zumindest einen aus Kunststoff bestehenden Schicht der zum Abtragen verwendete Laserstrahl mit einer Geschwindigkeit V über die abzutragende Fläche bewegt wird, wobei $200 \text{ mm/sec} \leq V \leq 7500 \text{ mm/sec}$, insbesondere $2000 \text{ mm/sec} \leq V \leq 4000 \text{ mm/sec}$, vorzugsweise $3300 \text{ mm/sec} \leq V \leq 3700 \text{ mm/sec}$ beträgt.

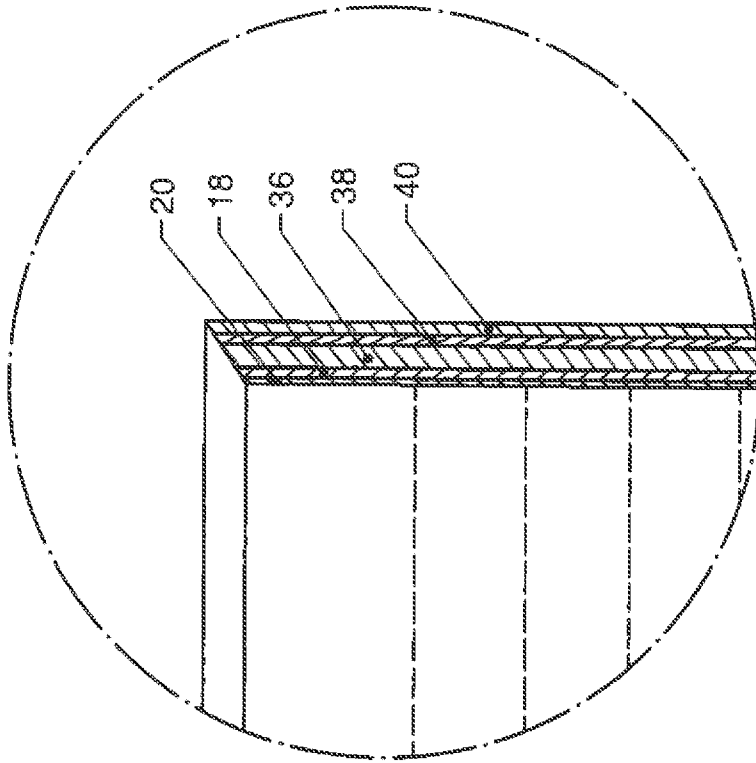
9. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abtragen der zumindest einen aus Kunststoff bestehenden Schicht der Laserstrahl mehrfach über die abzutragende Fläche bewegt wird.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zum Abtragen der zumindest einen aus Kunststoff bestehenden Schicht der Laserstrahl zwei- bis fünfmal, insbesondere zwei- bis dreimal, über die abzutragende Fläche bewegt wird.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl über die abzutragende Fläche mäander- oder zickzackförmig bewegt wird.
12. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl entlang parallel zueinander verlaufender Linien über die abzutragende Fläche bewegt wird, wobei der Abstand zwischen den Linien 0,05 mm bis 0,2 mm, insbesondere zwischen 0,1 mm bis 0,2 mm beträgt.
13. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lasersystem im Randbereich der abzutragenden Fläche anschlussverzögert betrieben wird.
14. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lasersystem derart betrieben wird, dass die Pulsweiten zwischen 10 μ s und 400 μ s liegen.

15. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laser derart betrieben wird, dass die Abtragsrate zwischen $75 \text{ mm}^2/\text{s}$ und $225 \text{ mm}^2/\text{s}$, vorzugsweise $100 \text{ mm}^2/\text{s}$ und $200 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei einer abzutragenden Schichtdicke zwischen $0,5 \text{ mm}$ und $1,0 \text{ mm}$ liegt.
16. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl punktförmig auf die abzutragende Fläche mit einem Durchmesser D mit $0,3 \text{ mm} \leq D \leq 1,2 \text{ mm}$, insbesondere $0,4 \text{ mm} \leq D \leq 0,8 \text{ mm}$ fokussiert wird.
17. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lasersystem mit einer Leistung P mit $100 \text{ Watt} \leq P \leq 1000 \text{ Watt}$, insbesondere $200 \text{ Watt} \leq P \leq 400 \text{ Watt}$, betrieben wird.
18. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensor ein optischer Sensor mit Bildverarbeitung verwendet wird.
19. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensor ein Temperatur messender Sensor verwendet wird.
20. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor bezogen auf den Laserscanner auf gegenüberliegender Seite des zumindest einen elektrischen Kontakts positioniert wird.

21. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des zumindest einen elektrischen Kontakts optisch im Durchlichtverfahren ermittelt wird.
22. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des zumindest einen elektrischen Kontakts induktiv ermittelt wird.
23. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des zumindest einen elektrischen Kontakts mittels Ultraschall ermittelt wird.
24. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine elektrische Kontakt streifenförmig ist, der in seinen die freigelegte Fläche begrenzenden Randbereichen durch mittels des Laserstrahls aufgeschmolzenen Materials der zumindest einen Kunststoffschicht versiegelt wird.
25. Verfahren nach zumindest einem vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der freigelegte elektrische Kontakt mittels Lötens wie Laserlötens in seiner stoffschlüssigen Verbindung erneuert wird.
26. Verfahren nach zumindest Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach Freilegen der Querverbinder das Solarzellenmodul mittels einer Handhabungseinrichtung auf die freigelegten Bereiche der Querverbinder die Kontakte der Anschlussdose aufgelegt und diese sodann mit den freigelegten Bereichen kraft- und/oder stoffschlüssig verbunden werden.

27. Verfahren nach zumindest Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass während des elektrisch leitenden Verbindens der freigelegten Bereiche mit den Kontakten oder danach die Anschlussdose mit dem Solarzellenmodul vorzugsweise mittels Silikon oder Klebeband verbunden wird.
28. Verfahren nach zumindest Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass Position des Solarzellenmoduls mit den freigelegten Bereichen mittels einer Bildverarbeitung erfasst und so gewonnene Daten einer Steuerung einer Handhabungseinrichtung zum Ausrichten der Kontakte auf die freigelegten Bereiche übermittelt werden.
29. Verfahren nach zumindest Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass von der Oberfläche der zumindest einen abzutragenden Schicht in Richtung des Kontakts ausgehend Material derart abgetragen wird, dass sich eine trichterförmige Öffnung in der zumindest einen Schicht ergibt, wobei Projektion der Öffnung im Bereich der Oberfläche in Richtung des Kontakts bereichsweise außerhalb von diesem und Projektion der auf den Kontakt stoßenden Öffnung innerhalb des Kontakts liegt.
30. Verfahren nach zumindest Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Laserstrahl unmittelbar oberhalb des Kontakts einen Bereich der Schicht abträgt, dessen Projektion in Richtung des Kontakts ausschließlich innerhalb des Kontakts liegt.





EINZELHEIT A

Fig. 4

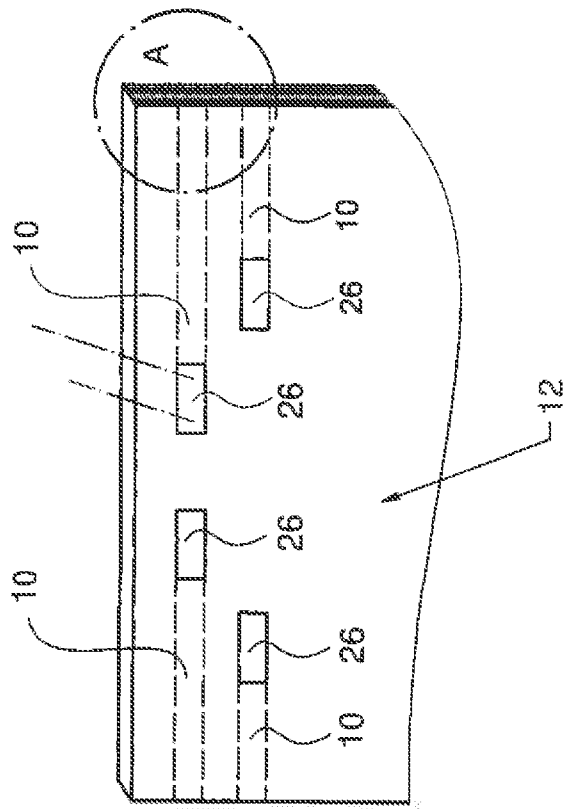


Fig. 3

Fig. 5

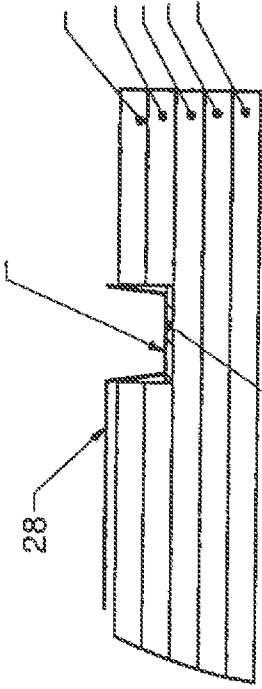
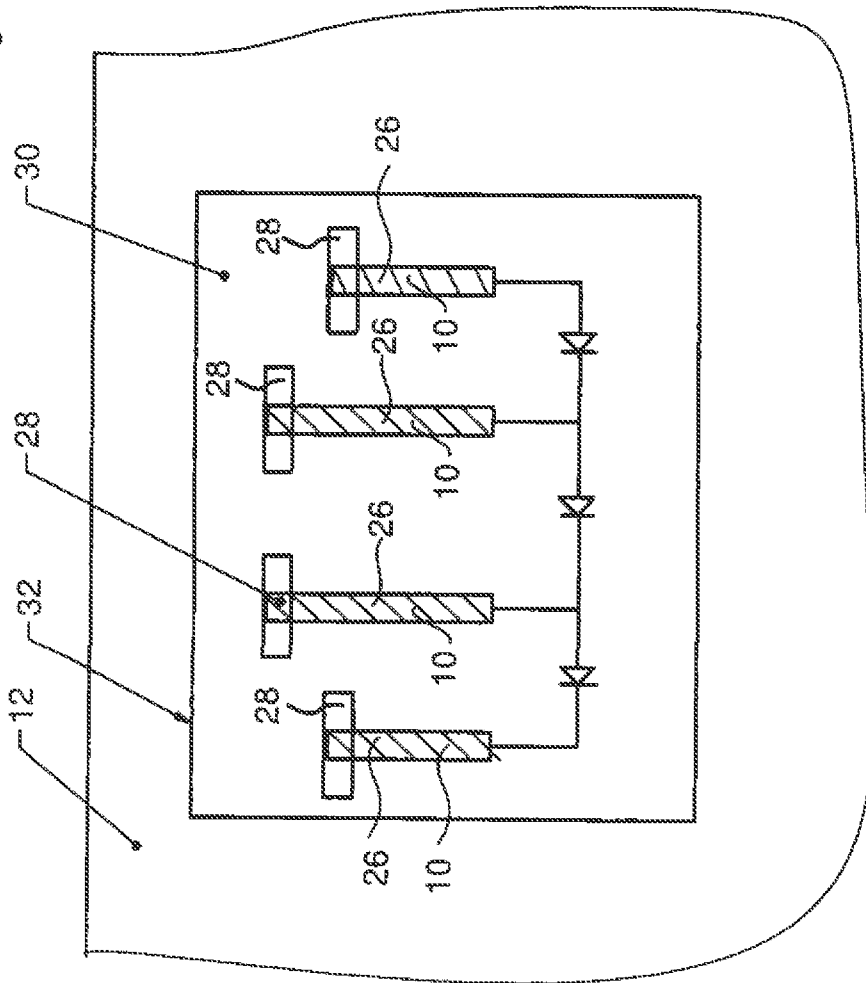


Fig. 7

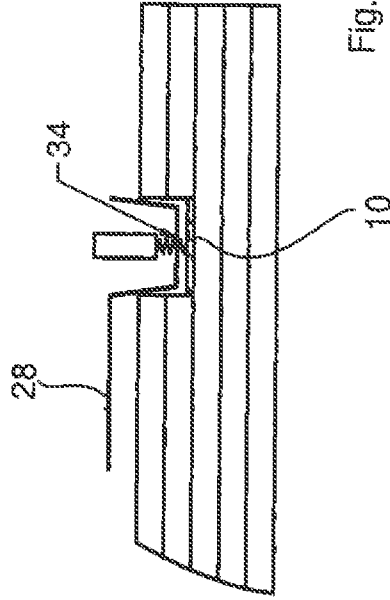
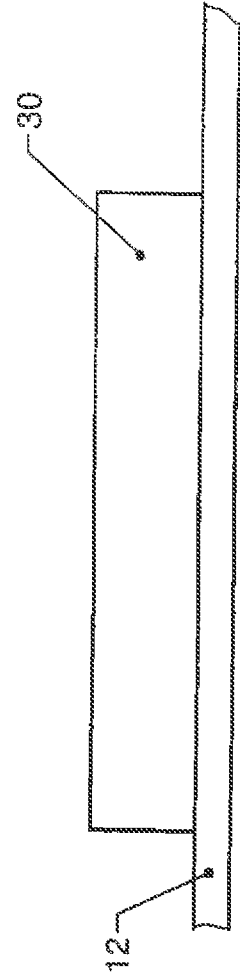


Fig. 8

Fig. 6



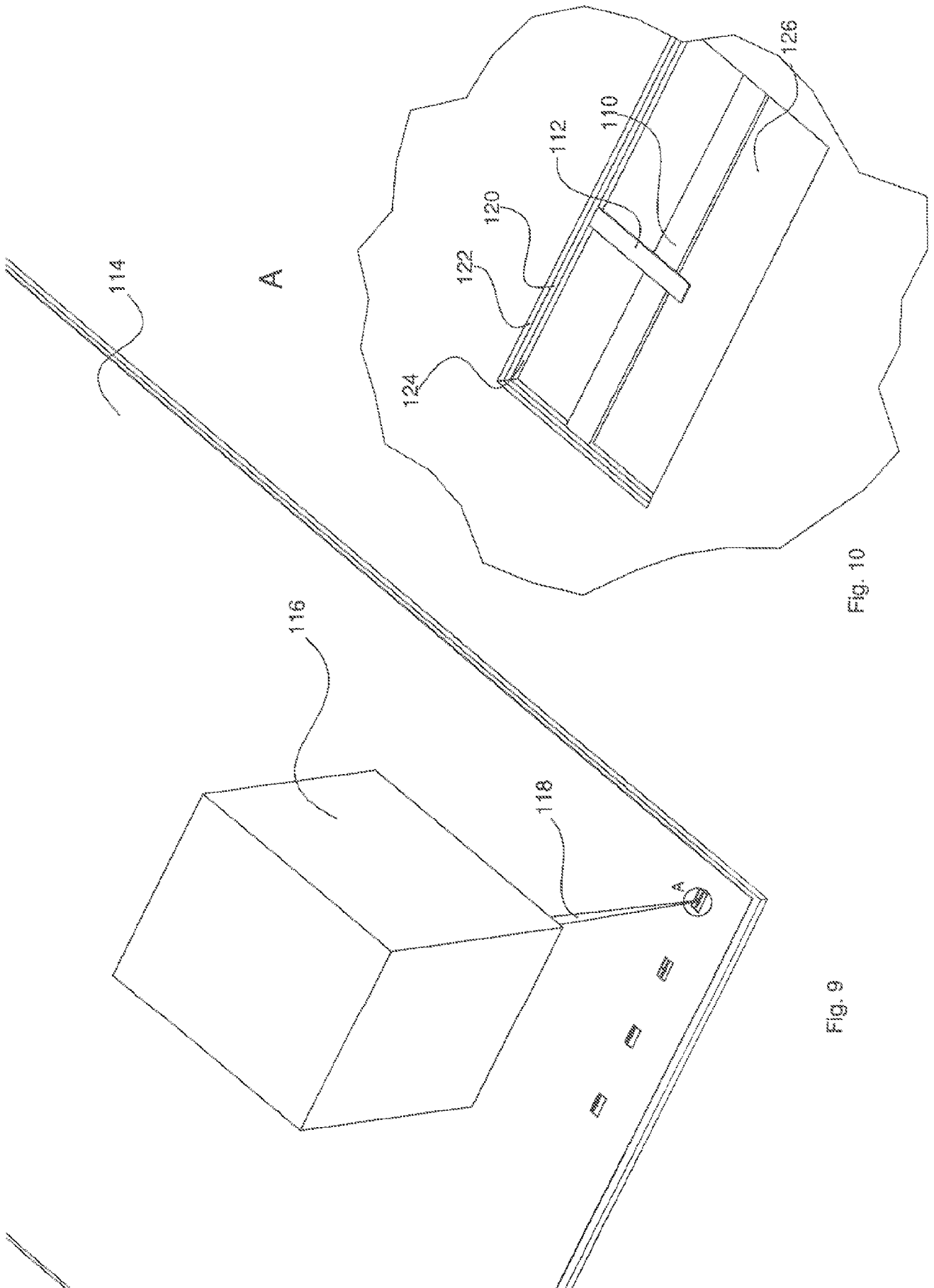


Fig. 9

Fig. 10