



(10) **DE 10 2010 038 259 B4** 2013.02.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 038 259.0**
(22) Anmeldetag: **19.10.2010**
(43) Offenlegungstag: **19.04.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.02.2013**

(51) Int Cl.: **B23K 26/36** (2006.01)
B23K 26/067 (2006.01)
B23K 26/08 (2013.01)
B21D 43/08 (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)
H01L 21/268 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
4JET Sales + Service GmbH, 52477, Alsdorf, DE

(74) Vertreter:
**BAUER WAGNER PRIESMEYER, Patent- und
Rechtsanwälte, 52070, Aachen, DE**

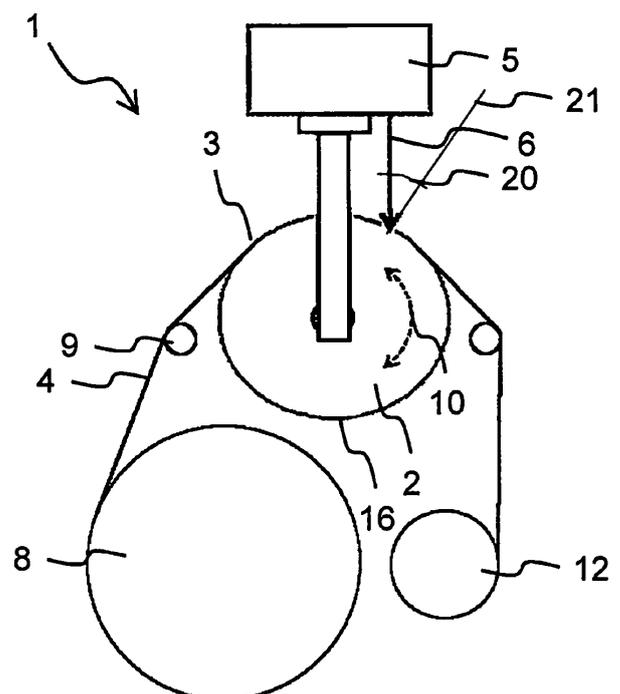
(72) Erfinder:
Bergfeld, Stefan, Dr., 52062, Aachen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 034 644 A1
US 2010 / 0 224 604 A1
WO 2010/ 082 644 A1
JP 10 027 918 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Gravieren eines flexiblen Bands**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Gravieren eines flexiblen Bands (4), wobei das Band (4) in einer Längsrichtung des Bands (4) bewegt, dabei auf einem Oberflächensegment eines Zylinders (2) als Stützfläche (3) in einer Umfangsrichtung (10) des Zylinders (2) geführt und mittels mindestens eines aus einem Bearbeitungskopf (5) auf die Stützfläche (3) gerichteten Werkzeugs (6) graviert wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Bearbeitungskopf (5) über der Stützfläche (3) um eine Längsachse (15) des Zylinders (2) geschwenkt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gravieren eines flexiblen Bands, wobei das Band in einer Längsrichtung des Bands bewegt, dabei auf einem Oberflächensegment eines Zylinders als Stützfläche in einer Umfangsrichtung des Zylinders geführt und mittels mindestens eines aus einem Bearbeitungskopf auf die Stützfläche gerichteten Werkzeugs graviert wird und eine Vorrichtung zum Gravieren eines flexiblen Bands mit einer Vortriebeinrichtung zum Bewegen des Bands in einer Längsrichtung des Bands, mit einer Führungseinrichtung zum Führen des Bands in einer Umfangsrichtung eines Zylinders über ein Oberflächensegment des Zylinders als Stützfläche, mit einem auf die Stützfläche gerichteten Bearbeitungskopf zum Gravieren des Bands mittels mindestens eines auf die Stützfläche gerichteten Werkzeugs, und mit einer Antriebseinrichtung zum Bewegen des Bearbeitungskopfes.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen der vorgenannten Art kommen insbesondere zum Einsatz, um flexible Solarmodule, die als mehrschichtiges Band auf Rollen vorliegen, in einem kontinuierlichen Prozess zu strukturieren. Mittels eines Laserstrahls als Werkzeug werden eine oder mehrere Funktionsschichten des Bands abgetragen, um einzelne Solarzellen voneinander oder von Randbereichen des Rollenmaterials zu trennen oder um Gräben für Leiterbahnen vorzubereiten.

[0003] Ein Verfahren zum Gravieren eines in seiner Längsrichtung bewegten flexiblen Bandes mittels eines aus einem Bearbeitungskopf emittierten Laserstrahls, wobei das Band auf einem Oberflächensegment eines Zylinders abgestützt ist und in einer Umfangsrichtung des Zylinders geführt wird und eine Vorrichtung der vorgenannten Art ist bekannt aus JP 10 027 918 A. Weitere Verfahren und Vorrichtungen der vorgenannten Art sind aus US 2010/0224604 A1 und aus WO 2010/082644 A1 bekannt.

[0004] In DE 10 2007 034 644 A1 wird im Hintergrund der Erfindung weiterhin vorgeschlagen, das Band von einer ersten Rolle über eine ebene Stützfläche zu führen und es nach dem Gravieren auf einer zweiten Rolle wieder aufzuwickeln. In diesem Verfahren hebt das Band insbesondere wegen thermisch bedingter lokaler Ausdehnung während der Bearbeitung von der Stützfläche ab. Dieses Abheben führt zu Qualitätseinbußen beim Gravieren, da der Prozess gegenüber Änderungen des Abstands zwischen dem Band und dem Bearbeitungskopf empfindlich reagiert.

Aufgabe

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Bearbeitungskopf in einem konstanten Abstand zur Stützfläche in der Umfangs- und/oder Längsrichtung des Zylinders zu bewegen.

Lösung

[0006] Ausgehend von dem bekannten Verfahren wird nach der Erfindung vorgeschlagen, dass der Bearbeitungskopf über der Stützfläche um eine Längsachse des Zylinders geschwenkt wird. Durch die Bewegung des Bearbeitungskopfes in der Umfangsrichtung bei gleichzeitig konstantem Vorschub des Bands von der Rolle wird lokal der Vorschub des Werkzeugs auf dem Band beschleunigt oder verlangsamt. Bei Einsatz eines Laserstrahls als Werkzeug wird bei konstanter Laserleistung die Gravur entsprechend abgeschwächt oder intensiviert. In Kombination mit der Bewegung des Bearbeitungskopfes in Längsrichtung des Zylinders werden beliebige Gravuren möglich, wie beispielsweise Querlinien oder auch Bahnen in Schleifenform. Bei gleichzeitiger Anpassung der Laserleistung oder mit variablem Vorschub von der Rolle können solche beliebigen Gravuren auch mit lokal konstantem Leistungseintrag ausgeführt werden.

[0007] In einer vorteilhaften Ausprägung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist das mindestens eine Werkzeug ein Laserstrahl. Alternativ kann das mindestens eine Werkzeug auch eine Nadel zum mechanischen Ritzen des Bands sein.

[0008] Besonders bevorzugt wird in einem solchen erfindungsgemäßen Verfahren der Laserstrahl zunächst in einer Längsachse des Zylinders geführt, dann in eine Radialrichtung, danach in eine Längsrichtung des Zylinders und in dem Bearbeitungskopf auf die Stützfläche umgelenkt. Durch die Strahlführung zunächst in der Längsachse des Zylinders wird die Umlenkung in die Ebene eines um diese Längsachse schwenkbaren Bearbeitungskopfes vereinfacht: Hierfür ist nur ein einzelnes, fest mit der verschwenkten Einheit verbundenes Umlenkelement erforderlich, der Bearbeitungskopf kann geschwenkt werden, ohne dass der Laserstrahl aktiv nachgeführt werden müsste. Durch die Strahlführung in Radialrichtung wird die Umlenkung in die Ebene eines radial verstellbaren Bearbeitungskopfes vereinfacht: Bei radialer Verstellung wird lediglich der Abstand zum nächsten Umlenkelement vergrößert. Durch die weitere Strahlführung in einer Längsrichtung des Zylinders in der Ebene eines in der Längsrichtung verstellbaren Bearbeitungskopfes ist die Umlenkung auf die Stützfläche vereinfacht: Bei Verstellung in der Längsrichtung wird wiederum lediglich der Abstand zum nächsten Umlenkelement vergrößert. Je nach Anforderung können diese drei Varianten der Führung des

Laserstrahls in einem erfindungsgemäßen Verfahren auch einzeln zum Einsatz kommen.

[0009] In einer besonders vorteilhaften Variante eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Mehrzahl der Laserstrahlen in dem Bearbeitungskopf geteilt und parallel auf die Stützfläche gerichtet. Durch die Teilung der Laserstrahlen (beispielsweise nach dem aus DE 2007 034 644 A1 bekannten Prinzip) können alle Laserstrahlen in einer gemeinsamen Lichtquelle erzeugt und die Erzeugung besonders einfach gesteuert werden. Alternativ können mehrere der Laserstrahlen beispielsweise in dem Bearbeitungskopf getrennt erzeugt und getrennt gesteuert werden.

[0010] Ausgehend von der bekannten Vorrichtung wird nach der Erfindung vorgeschlagen, dass der Bearbeitungskopf mittels der Antriebseinrichtung um eine Längsachse des Zylinders schwenkbar ist. Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens und zeichnet sich durch die für dieses aufgeführten Vorteile aus.

[0011] Bevorzugt ist an einer erfindungsgemäßen Vorrichtung der Zylinder um eine Längsachse des Zylinders rotierbar gelagert. In einer solchen Vorrichtung kann entweder der Zylinder von dem Band angetrieben werden oder der Zylinder kann das Band antreiben. Die Umfangsgeschwindigkeit entspricht dann jeweils im Wesentlichen der Vorschubgeschwindigkeit des Bands. So wird das Band besonders schonend über die Stützfläche geführt, die mit der Umfangsgeschwindigkeit über die Oberfläche des Zylinders „wandert“. Eine Beschädigung durch „Zerkratzen“ der Unterseite des Bands wird so vermieden.

[0012] Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung können insbesondere komplexere geometrische Figuren in das Band graviert werden. Insbesondere weist eine erfindungsgemäße Vorrichtung Antriebs-elemente auf zum Schwenken des Bearbeitungskopfs um die Längsachse, zum Bewegen in einer Längsrichtung und/oder zum Bewegen in einer Radialrichtung des Zylinders. Durch Bewegen in der Radialrichtung kann der Abstand des Bearbeitungskopfes zur Stützfläche eingestellt werden. Das ist insbesondere beim Einsatz eines Laserstrahls als Werkzeug wichtig, wenn Band mit unterschiedlichen Dicken bearbeitet, der Laserfleck-Durchmesser auf dem Band oder die auf das Band eingebrachte Laserleistung lokal angepasst werden soll.

[0013] In einer vorteilhaften Ausprägung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Werkzeug gegen die Vortriebsrichtung des Bands um einen Anstellwinkel von 30 bis 60° gegenüber einem Lot auf die Stützfläche angestellt. Bei Verwendung eines Laserstrahls als Werkzeug trifft dieser dann unter dem Anstellwin-

kel auf das Band auf. Beim Gravieren abplatzendes Material wird so nicht zurück in den Laserstrahl geführt, insbesondere dort nicht aufgeheizt, verdampft oder zersplittert und beeinflusst nicht die weitere Bearbeitung.

[0014] Die Zylinderoberfläche besteht vorteilhafter Weise aus einem Material, das weder durch die Laserstrahlung abgetragen oder anderweitig dauerhaft beeinflusst wird, noch die Laserstrahlung derart zurück reflektiert, dass die zurückreflektierte Strahlung das zu bearbeitende Material negativ beeinträchtigt.

Ausführungsbeispiel

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Prinzipskizzen erläutert. Es zeigen

[0016] **Fig. 1** eine erfindungsgemäße Vorrichtung in einer Seitenansicht und

[0017] **Fig. 2** die erfindungsgemäße Vorrichtung in Vorderansicht.

[0018] Die in den Figuren gezeigte erfindungsgemäße Vorrichtung **1** weist einen Zylinder **2** mit einer Stützfläche **3** zum Stützen eines flexiblen Bands **4** und einen Bearbeitungskopf **5** zum Gravieren des Bands **4** mit neun parallel auf die Stützfläche **3** geführten Laserstrahlen als Werkzeug **6** auf. Das Band **4** ist ein mehrschichtiges Vorprodukt mit einer Breite **7** von 30 cm zur Herstellung von Solarmodulen und wird von einer losen ersten Rolle **8** über eine von unten stützende Führungsrolle **9** auf die Stützfläche **3** abgerollt, in einer Umfangsrichtung **10** des Zylinders **2** über die Stützfläche **3** geführt und nach dem Gravieren hinter der Stützfläche **3** über eine weitere von unten stützende Führungsrolle **11** auf einer angetriebenen zweiten Rolle **12** wieder aufgewickelt.

[0019] Der Zylinder **2** weist einen Durchmesser **13** von 30 cm auf und eine Breite **14**, die die Breite **7** des Vorprodukts um 2 bis 4 cm übersteigt, ist an der Vorrichtung **1** um seine Längsachse **15** rotierbar gelagert und wird – ebenso wie die Führungsrollen **9**, **11** – von dem Band **4** mitgenommen. Durch eine nicht dargestellte Bremse an der ersten Rolle **8** wird das Band **4** leicht unter Spannung gehalten. Die Oberfläche **16** des Zylinders **2** ist keramisch beschichtet und wird aktiv gekühlt.

[0020] Der Bearbeitungskopf **5** ist gleichfalls an der Vorrichtung **1** um die Längsachse **15** schwenkbar gelagert und mit Schwenkantrieb, sowie je einem Antrieb zum Verfahren in der Radialrichtung **17** und in einer Längsrichtung **18** des Zylinders **2** versehen. Der Schwenkantrieb und die beiden weiteren Antriebe des Bearbeitungskopfes **5** sind nicht dargestellt.

[0021] Die Laserstrahlen werden ausgehend von einem nicht dargestellten gepulsten Infrarot-Pikosekundenlaser mit einer Wellenlänge λ von 1030 oder 1064 nm bei einer Pulslänge zwischen 5 und 20 ps als gemeinsamer Lichtquelle zunächst in der Längsachse **15** geführt, dann mittels zweier Spiegel **19** in Radialrichtung **17** und schließlich wieder in Längsrichtung **18** des Zylinders **2** umgelenkt. In dem Bearbeitungskopf **5** werden die Laserstrahlen geteilt und parallel auf die Stützfläche **3** geführt. In dem Bearbeitungskopf **5** können die einzelnen Laserstrahlen mit nicht dargestellten Einzelköpfen gegeneinander verschoben werden.

[0022] Die Laserstrahlen sind gegen die Vortriebsrichtung des Bands **4** um einen Anstellwinkel **20** von 45° gegenüber einem Lot **21** auf die Stützfläche **3** angestellt. So wird vermieden, dass von dem Band **4** abgetragenen Material den Laserstrahl und damit die Bearbeitung beeinflusst, dass der Laserstrahl das abgeplatzte Material aufheizt, dieses verdampft oder weiter zerplatzt und dass die Teilprodukte zurück auf die zu bearbeitenden Oberfläche befördert werden.

[0023] Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** weist nahe der Auftrefforte der Laserstrahlen auf dem Band **4** nicht dargestellte Gasdüsen zum Eintragen von Druckluft, Inertgas oder prozessunterstützendem Gas auf. Im laufenden Prozess unterstützt das Gas das Herausfordern des abgetragenen Materials aus dem Bereich des Laserstrahls und von der Oberfläche des Bands **4**. Auf der anderen Seite der Laserstrahlen saugt eine Absaugöffnung das herausgeförderte Material und das durch die Düsen einströmende Gas ab.

[0024] Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** weist darüber hinaus einen nicht dargestellten Erkennungssensor auf, der Strukturen auf oder an der Folie (insbesondere Kanten, Strukturen oder Markierungen, die in Vorprozessen angebracht wurden) erkennt. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** können so auf dem Band **4** Strukturen erzeugt werden, die sehr präzise an vorhandenen Strukturen ausgerichtet sind.

[0025] Schließlich weist die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** eines Galvo-Scanner im Bearbeitungskopf **5** auf, mit dem beispielsweise eine Randentschichtung „on the fly“, also während der Vorwärtsbewegung und quer zur Förderrichtung erfolgen kann, ohne dass der Bearbeitungsabstand sich ändert. Bei längerer Bearbeitung kann zudem die eingeführte Wärme in das Material über die Walze abgeführt werden.

[0026] Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** ist eine Pilotanlage. Der produktive Einsatz einer anderen erfindungsgemäßen Vorrichtung erscheint mit Vorprodukten in Breiten bis zu 150 cm, insbesondere 120

cm oder anderen Vielfachen von 30 cm sinnvoll. Der Durchmesser des Zylinders **2** sollte in einer anderen erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht kleiner als 10 cm und nicht größer als 100 cm gewählt werden, um einerseits das Vorprodukt nicht übermäßig zu biegen und andererseits das Gewicht des Zylinders **2** in handhabbaren Grenzen zu halten.

[0027] Andere erfindungsgemäße Vorrichtungen können andere Laserparameter, insbesondere andere Wellenlängen und Pulsdauern aufweisen. Für ein Schichtsystem werden unterschiedliche Wellenlängen gewählt, um die Absorption in der abzutragenden Schicht zu maximieren und gleichzeitig die Absorption des verbleibenden Materials zu minimieren. Durch die Pulsdauer kann die wärmebeeinflusste Zone in den Randbereichen der Bearbeitung beeinflusst werden. Bei sehr kurzen Pulsen (unter zehn Pikosekunden) kann in bestimmten Materialien die Absorption wiederum erhöht werden.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
2	Zylinder
3	Stützfläche
4	Band
5	Bearbeitungskopf
6	Werkzeug
7	Breite
8	Rolle
9	Führungsrolle
10	Umfangsrichtung
11	Führungsrolle
12	Rolle
13	Durchmesser
14	Breite
15	Langsachse
16	Oberfläche
17	Radialrichtung
18	Längsrichtung
19	Spiegel
20	Anstellwinkel
21	Lot

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gravieren eines flexiblen Bands (**4**), wobei das Band (**4**) in einer Längsrichtung des Bands (**4**) bewegt, dabei auf einem Oberflächensegment eines Zylinders (**2**) als Stützfläche (**3**) in einer Umfangsrichtung (**10**) des Zylinders (**2**) geführt und mittels mindestens eines aus einem Bearbeitungskopf (**5**) auf die Stützfläche (**3**) gerichteten Werkzeugs (**6**) graviert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bearbeitungskopf (**5**) über der Stützfläche (**3**) um eine Längsachse (**15**) des Zylinders (**2**) geschwenkt wird.

2. Verfahren nach dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Werkzeug (6) ein Laserstrahl ist.

3. Verfahren nach dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl zunächst in einer Längsachse (15) des Zylinders (2) geführt, dann in eine Radialrichtung (17), danach in eine Längsrichtung (18) des Zylinders (2) und in dem Bearbeitungskopf (5) auf die Stützfläche (3) umgelenkt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl der Laserstrahlen in dem Bearbeitungskopf (5) geteilt und parallel auf die Stützfläche (3) gerichtet wird.

5. Vorrichtung (1) zum Gravieren eines flexiblen Bands (4) mit einer Vortriebeinrichtung zum Bewegen des Bands (4) in einer Längsrichtung des Bands (4), mit einer Führungseinrichtung zum Führen des Bands (4) in einer Umfangsrichtung (10) eines Zylinders (2) über ein Oberflächensegment des Zylinders (2) als Stützfläche (3), mit einem auf die Stützfläche (3) gerichteten Bearbeitungskopf (5) zum Gravieren des Bands (4) mittels mindestens eines auf die Stützfläche (3) gerichteten Werkzeugs (6), und mit einer Antriebseinrichtung zum Bewegen des Bearbeitungskopfes (5), dadurch gekennzeichnet, dass der Bearbeitungskopf (5) mittels der Antriebseinrichtung um eine Längsachse (15) des Zylinders (2) schwenkbar ist.

6. Vorrichtung (1) nach dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinder (2) an der Vorrichtung (1) um eine Längsachse (15) des Zylinders (2) rotierbar gelagert ist.

7. Vorrichtung (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Werkzeug (6) gegen die Vortriebsrichtung des Bands (4) um einen Anstellwinkel (20) von 30 bis 60° gegenüber einem Lot (21) auf die Stützfläche (3) angestellt ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

