



(10) **DE 10 2011 054 794 A1** 2012.05.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 054 794.0**

(22) Anmeldetag: **25.10.2011**

(43) Offenlegungstag: **03.05.2012**

(51) Int Cl.: **C23C 14/34** (2011.01)

**C23C 14/06** (2011.01)

**H01L 31/042** (2011.01)

(30) Unionspriorität:  
**12/913,357**                      **27.10.2010**    **US**

(74) Vertreter:  
**Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE**

(71) Anmelder:  
**PrimeStar Solar, Inc., Arvada, Col., US**

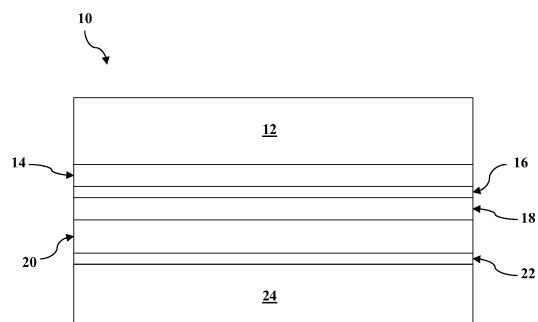
(72) Erfinder:  
**Feldman-Peabody, Scott Daniel, Arvada, Col., US;**  
**Gossman, Robert Dwayne, Arvada, Col., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Gemischte Sputtertargets und ihre Verwendung in Cadmiumsulfidschichten von Cadmiumtelluriddünnschichtphotovoltaikereinrichtungen**

(57) Zusammenfassung: Im Allgemeinen sind Verfahren zum Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht (18) auf ein Substrat (12) bereitgestellt. Die Cadmiumsulfidschicht (18) kann aus einem gemischten Target (64), das Cadmium, Schwefel und Sauerstoff enthält, auf ein Substrat (12) gesputtert werden. Die Cadmiumsulfidschicht (18) kann in Verfahren zur Herstellung von Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikereinrichtungen (10) verwendet werden.

Gemischte Targets (64), die Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid enthalten, sind im Allgemeinen ebenfalls bereitgestellt.



**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Der hier offenbarte Erfindungsgegenstand betrifft allgemein Dünnschicht-Cadmiumsulfidschichten und Abscheidungsverfahren dafür. Der hier offenbarte Erfindungsgegenstand betrifft insbesondere Cadmiumsulfidschichten zur Verwendung in Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtungen und Herstellungsverfahren dafür.

## ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

**[0002]** Dünnschicht-Photovoltaik(PV)-Module (auch als "Solarmodule" bezeichnet) auf der Basis von Cadmiumtellurid (CdTe) in Verbindung mit Cadmiumsulfid (CdS) als photoreaktive Bestandteile werden in der Branche zunehmend allgemein akzeptiert und stoßen auf großes Interesse. CdTe ist ein Halbleiterwerkstoff mit Eigenschaften, durch die er sich besonders für die Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität eignet. CdTe weist beispielsweise einen Bandabstand von ungefähr 1,45 eV auf, wodurch es im Vergleich zu Halbleiterwerkstoffen mit einem kleineren Bandabstand, die üblicherweise in Solarzellenanwendungen verwendet wurden (z. B. ungefähr 1,1 eV bei Silizium) mehr Energie aus dem Sonnenspektrum umwandeln kann. CdTe wandelt zudem verglichen mit den Werkstoffen mit kleinerem Bandabstand Strahlungsenergie unter schlechteren oder diffusen Lichtbedingungen um und weist deshalb im Laufe eines Tages oder bei bedecktem Wetter eine längere nutzbare Umwandlungsdauer auf als andere herkömmliche Werkstoffe. Der Übergang zwischen der n-leitenden Schicht und der p-leitenden Schicht ist im Allgemeinen für die Erzeugung von elektrischem Potenzial und elektrischem Strom verantwortlich, wenn das CdTe-PV-Modul Lichtenergie, beispielsweise Sonnenlicht, ausgesetzt ist. Die Cadmiumtellurid(CdTe)-Schicht und das Cadmiumsulfid (CdS) bilden insbesondere einen p-n-Heteroübergang, wobei die CdTe-Schicht als p-leitende Schicht (d. h. eine positive, Elektronen aufnehmende Schicht) dient und die CdS-Schicht als n-leitende Schicht (d. h. eine negative, Elektronen abgebende Schicht) dient.

**[0003]** Die Cadmiumsulfidschicht ist in der Photovoltaikeinrichtung eine "Fensterschicht", da Lichtenergie durch sie hindurch in die Cadmiumtelluridschicht gelangt. Das Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht aus einem Cadmiumsulfidtarget ist jedoch ein teures Verfahren, bei dem das Ausgangsmaterial im Allgemeinen nicht effizient genutzt wird.

**[0004]** Es besteht Bedarf an einem Verfahren zum kostengünstigeren Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht und zum Herstellen einer im Wesentlichen gleichmäßigen Cadmiumsulfidschicht, insbesondere in einem industriellen Herstellungsverfahren

ren für Cadmiumtellurid-Dünnschicht-Photovoltaikeinrichtungen.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Aspekte und Vorteile der Erfindung sind teilweise nachstehend in der folgenden Beschreibung dargelegt oder können aus der Beschreibung ersichtlich sein oder können durch Anwendung der Erfindung in Erfahrung gebracht werden.

**[0006]** Im Allgemeinen sind Verfahren zum Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht auf ein Substrat bereitgestellt. Die Cadmiumsulfidschicht kann aus einem gemischten Target, das Cadmium, Schwefel und Sauerstoff enthält, auf ein Substrat gesputtert werden. Die Cadmiumsulfidschicht kann in Verfahren zur Herstellung von Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtungen verwendet werden.

**[0007]** Gemischte Targets, die Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid enthalten, sind im Allgemeinen ebenfalls bereitgestellt.

**[0008]** Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind unter Bezug auf die folgende Beschreibung und die beigefügten Ansprüche besser zu verstehen. Die zugehörigen Zeichnungen, die in dieser Beschreibung enthalten sind und einen Teil von ihr darstellen, veranschaulichen Ausführungsformen der Erfindung und dienen gemeinsam mit der Beschreibung dazu, die Grundsätze der Erfindung zu erläutern.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0009]** Eine vollständige und nacharbeitbare Offenbarung der vorliegenden Erfindung, einschließlich der besten Ausführung derselben, die an einen Durchschnittsfachmann gerichtet ist, ist in der Beschreibung dargelegt, die sich auf die beigefügten Figuren bezieht, in denen:

**[0010]** [Fig. 1](#) ein allgemeines Schema einer Querschnittsdarstellung einer beispielhaften Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt,

**[0011]** [Fig. 2](#) ein allgemeines Schema einer Querschnittsdarstellung einer beispielhaften Gleichstrom-Sputterkammer gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, und

**[0012]** [Fig. 3](#) ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung eines Photovoltaikmoduls zeigt, das eine Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtung enthält.

**[0013]** Mit der wiederholten Verwendung von Bezugszeichen sollen in der vorliegenden Beschreibung

und den Zeichnungen dieselben oder entsprechende Merkmale oder Elemente dargestellt werden.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0014]** Es wird nun ausführlich auf Ausführungsformen der Erfindung Bezug genommen, für die ein oder mehrere Beispiele in den Zeichnungen veranschaulicht sind. Jedes Beispiel ist zur Erläuterung der Erfindung, nicht zur Einschränkung der Erfindung aufgeführt. Es ist für einen Fachmann ersichtlich, dass an der vorliegenden Erfindung ohne Abweichung vom Geltungsbereich oder Geist der Erfindung verschiedene Abwandlungen und Varianten vorgenommen werden können. So können zum Beispiel Merkmale, die als Teil einer Ausführungsform dargestellt oder beschrieben sind, bei einer anderen Ausführungsform verwendet werden, um noch eine weitere Ausführungsform zu erzeugen. Es ist somit beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung derartige Abwandlungen und Varianten, die in den Geltungsbereich der beigefügten Ansprüche fallen, und ihre Entsprechungen umfasst.

**[0015]** Wenn in der vorliegenden Offenbarung eine Schicht als "auf" oder "über" einer anderen Schicht oder einem anderen Substrat beschrieben ist, versteht es sich, dass die Schichten einander entweder direkt berühren oder eine weitere Schicht oder ein weiteres Element zwischen den Schichten aufweisen können. Diese Begriffe beschreiben somit einfach die relative Lage der Schichten zueinander und bedeuten nicht unbedingt "oben auf", da die relative Lage über oder unter von der Ausrichtung der Einrichtung zum Betrachter abhängt. Obwohl die Erfindung nicht auf eine bestimmte Schichtdicke begrenzt ist, bezieht sich zudem der Begriff "dünn", mit dem beliebige Schichten der Photovoltaikeinrichtung beschrieben werden, im Allgemeinen auf die Schicht mit einer Dicke von weniger als ungefähr 10 Mikrometern ("Mikron" oder " $\mu\text{m}$ ").

**[0016]** Es versteht sich, dass die hier erwähnten Bereiche und Grenzwerte alle Bereiche umfassen, die innerhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte liegen (d. h. Teilbereiche). So umfasst beispielsweise ein Bereich von etwa 100 bis etwa 200 auch Bereiche von 110 bis 150, 170 bis 190, 153 bis 162 und 145, 3 bis 149,6. Ferner umfasst ein Grenzwert von bis zu ungefähr 7 auch einen Grenzwert von bis zu ungefähr 5, bis zu 3 und bis zu ungefähr 4,5 sowie Bereiche innerhalb des Grenzwerts, beispielsweise von ungefähr 1 bis ungefähr 5 und von ungefähr 3,2 bis ungefähr 6,5.

**[0017]** Im Allgemeinen sind Verfahren zum Sputtern von Cadmiumsulfidschichten aus einem gemischten Target, das Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid enthält, auf ein Substrat offenbart, ins-

besondere von den Cadmiumsulfidschichten, die in einer Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaik-einrichtung enthalten sind. Mit diesen Sputterverfahren kann auf kostengünstige Weise eine im Wesentlichen gleichmäßige Cadmiumsulfidschicht auf dem Substrat hergestellt werden.

**[0018]** Das gemischte Target, das zum Sputtern der Dünnschichtbeschichtung verwendet wird, enthält im Allgemeinen Cadmium, Schwefel und Sauerstoff. Das gemischte Target kann insbesondere ein Gemisch aus Cadmiumsulfid ( $\text{CdS}$ ) und Cadmiumoxid ( $\text{CdO}$ ) enthalten. Das gemischte Target kann beispielsweise hergestellt werden, indem pulverförmiges Cadmiumsulfid und pulverförmiges Cadmiumoxid vermischt und die vermischten Pulver zu einem Target verpresst werden. In einer Ausführungsform können die vermischten Pulver erwärmt werden, um das Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid zu einer dreiteiligen Verbindung reagieren zu lassen (z. B.  $\text{CdS}_{1-x}\text{O}_x$ , wobei  $x$  die gewünschten Molprozent Sauerstoff in der Schicht sind, beispielsweise ungefähr 0,005 bis ungefähr 0,25, wie nachstehend erläutert ist).

**[0019]** Durch die Aufnahme von Sauerstoff in das Target kann Sauerstoff in die Cadmiumsulfidschicht eingebracht werden, wodurch der optische Bandabstand so verschoben werden kann, dass energiereichere Strahlung genutzt wird (beispielsweise blaue und ultraviolette Strahlung). Eine Sauerstoff enthaltende Cadmiumsulfidschicht kann somit zur Cadmiumtelluridschicht mehr Licht zur Umwandlung in elektrischen Strom hindurchlassen, woraus sich eine Photovoltaikeinrichtung mit höherem Wirkungsgrad ergibt. Die Aufnahme von Sauerstoff in das gemischte Target kann für eine bessere stöchiometrische Steuerung des Sauerstoffs in der abgeschiedenen Cadmiumsulfidschicht sorgen, als auf die Aufnahme von Sauerstoff in die Sputteratmosphäre zu vertrauen. Mit dem gemischten Target können zudem über den gesamten Herstellungsprozess (z. B. von Target zu Target) im Wesentlichen gleichmäßige Sauerstoff enthaltende Cadmiumsulfidschichten gebildet werden, ohne auf komplexe Gasmischprogramme zu vertrauen.

**[0020]** Das gemischte Target kann ungefähr 0,5 Mol-% bis ungefähr 25 Mol-% Cadmiumoxid enthalten, beispielsweise ungefähr 1 Mol-% bis ungefähr 20 Mol-% Cadmiumoxid oder ungefähr 5 Mol-% bis ungefähr 15 Mol-%. Umgekehrt kann das gemischte Target ungefähr 75 Mol-% bis ungefähr 99,5 Mol-% Cadmiumsulfid enthalten, beispielsweise ungefähr 80 Mol-% bis ungefähr 99 Mol-% Cadmiumsulfid oder ungefähr 85 Mol-% bis ungefähr 95 Mol-%.

**[0021]** In einer Ausführungsform kann das gemischte Target im Wesentlichen frei von anderen Materialien sein (d. h. im Wesentlichen aus Cadmium, Schwefel und Sauerstoff bestehen). Der Begriff "im Wesent-

lichen frei" bedeutet hier nicht mehr als eine unbedeutende vorhandene Spurenmenge und umfasst vollständig frei (z. B. 0 Mol-% bis 0,0001 Mol-%).

**[0022]** Die Sputteratmosphäre kann ein Inertgas (z. B. Argon) enthalten. Da Sauerstoff aus dem gemischten Target bereitgestellt wird, kann die Sputteratmosphäre im Wesentlichen frei von Sauerstoff sein (abgesehen von dem Cadmiumoxid, das beim Sputtern aus dem gemischten Target herausgeschlagen wird).

**[0023]** In einer besonderen Ausführungsform kann die Sauerstoff enthaltende Cadmiumsulfidschicht in einem Kaltsputterverfahren (z. B. bei einer Sputtertemperatur von ungefähr 10°C bis ungefähr 100°C) ohne anschließendes Tempern aus dem gemischten Target gesputtert werden. Dieses Kaltsputterverfahren kann gegenüber dem herkömmlichen Heißsputtern von Cadmiumsulfid aus einem Cadmiumsulfidtarget von Vorteil sein. Auf Wunsch könnte jedoch durch Erwärmung auf eine Tempertemperatur von ungefähr 250°C bis ungefähr 500°C getempert werden.

**[0024]** Die Sputterdeposition umfasst im Allgemeinen das Herausschlagen von Material aus einem Target, das die Materialquelle ist, und das Aufbringen des herausgeschlagenen Materials auf das Substrat, um die Schicht zu bilden. Gleichstromsputtern umfasst im Allgemeinen das Anlegen einer Gleichspannung an ein Metalltarget (d. h. die Kathode), das in der Nähe des Substrats (d. h. der Anode) platziert ist, in einer Sputterkammer, um eine Gleichstrom-Gasentladung zu erzeugen. Die Sputterkammer kann eine reaktive Atmosphäre aufweisen (die z. B. Schwefel zusätzlich zu Sauerstoff, Stickstoff usw. enthält), die ein Plasmafeld zwischen dem Metalltarget und dem Substrat erzeugt. Es können auch weitere Inertgase (z. B. Argon usw.) vorhanden sein. Der Druck der reaktiven Atmosphäre kann zwischen ungefähr 1 mTorr und ungefähr 20 mTorr beim Magnetronsputtern liegen. Beim Diodensputtern kann der Druck sogar höher sein (z. B. von ungefähr 25 mTorr bis ungefähr 100 mTorr). Wenn Metallatome beim Anlegen der Spannung aus dem Target herausgelöst werden, werden die Metallatome auf der Oberfläche des Substrats abgeschieden. Der für das Ausgangsmaterial verwendete Strom kann je nach Größe des Ausgangsmaterials, Größe der Sputterkammer, Größe der Oberfläche des Substrats und anderen veränderlichen Größen unterschiedlich sein. In einigen Ausführungsformen kann der verwendete Strom von ungefähr 2 Ampere bis ungefähr 20 Ampere betragen. Der verwendete Strom kann in bestimmten Ausführungsformen wie dem gepulsten Gleichstromsputtern, gepulst sein.

**[0025]** Umgekehrt umfasst das HF-Sputtern das Auslösen einer kapazitiven Entladung durch Anlegen eines Wechselstrom- oder Hochfrequenz(HF)-

Signals zwischen dem Target (z. B. einem keramischen Ausgangsmaterial) und dem Substrat. Die Sputterkammer kann eine inerte Atmosphäre (z. B. eine Argonatmosphäre) aufweisen, die reaktive Spezies (z. B. Sauerstoff, Stickstoff usw.) enthalten oder nicht enthalten kann und einen Druck zwischen ungefähr 1 mTorr und ungefähr 20 mTorr beim Magnetronsputtern aufweist. Beim Diodensputtern kann der Druck sogar wieder höher sein (z. B. von ungefähr 25 mTorr bis ungefähr 100 mTorr).

**[0026]** [Fig. 2](#) zeigt ein allgemeines Schema einer beispielhaften Gleichstrom-Sputterkammer **60** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Querschnittsdarstellung. Eine Gleichstromquelle **62** ist zur Steuerung und Versorgung der Kammer **60** mit Gleichstrom eingerichtet. Wie dargestellt ist, wird von der Gleichstromquelle eine Spannung an die Kathode **64** angelegt, um zwischen der Kathode **64** und einer Anode, die durch die Kammerwand gebildet wird, ein Spannungspotenzial zu erzeugen, sodass das Substrat zwischen der Kathode und der Anode liegt. Das Glassubstrat **12** wird zwischen dem oberen Halter **66** und dem unteren Halter **67** über die Drähte **68** beziehungsweise **69** gehalten. Das Glassubstrat **12** befindet sich im Allgemeinen in der Sputterkammer **60**, sodass die Cadmiumsulfidschicht **18** auf der Fläche, die zur Kathode **64** zeigt, und im Allgemeinen auf der TCO-Schicht **14** und der WP-Schicht **16** (nicht dargestellt) gebildet wird, wie nachstehend erläutert ist.

**[0027]** Sobald die Sputteratmosphäre gezündet ist, wird ein Plasmafeld **70** erzeugt und als Reaktion auf das Spannungspotenzial zwischen der Kathode **64** und der Kammerwand, die als Anode dient, aufrechterhalten. Das Spannungspotenzial bewirkt, dass die Plasmaionen im Plasmafeld **70** auf die Kathode **64** zu beschleunigt werden, wodurch Atome aus der Kathode **64** in Richtung der Oberfläche auf dem Glassubstrat **12** herausgeschlagen werden. Die Kathode **64** kann somit als "Target" bezeichnet werden und dient als Ausgangsmaterial zur Bildung der Cadmiumsulfidschicht **18** auf der Oberfläche des Glassubstrats **12**, die zur Kathode **64** zeigt.

**[0028]** Es ist zwar nur eine einzige Gleichstromquelle **62** dargestellt, jedoch kann das Spannungspotenzial durch Verwendung mehrerer miteinander gekoppelter Stromquellen erreicht werden. Es ist dargestellt, dass die beispielhafte Sputterkammer **60** zusätzlich eine senkrechte Ausrichtung aufweist, obwohl jede andere Anordnung verwendet werden kann. Nach Verlassen der Sputterkammer **60** kann das Substrat **12** in einen angrenzenden Temperofen (nicht dargestellt) überführt werden, um mit dem Tempervorgang zu beginnen.

**[0029]** Die vorliegend vorgesehenen Verfahren zum Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht können bei der

Bildung jedes Schichtstapels, bei dem eine Cadmiumsulfidschicht verwendet wird, eingesetzt werden. Die Cadmiumsulfidschicht kann beispielsweise bei der Bildung einer Cadmiumtellurid-Einrichtung verwendet werden, bei der eine Cadmiumtelluridschicht verwendet wird, beispielsweise in der Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtung, die in der Veröffentlichung US 2009/0194165 von Murphy et al. mit dem Titel "Ultra-high Current Density Cadmium Telluride Photovoltaic Modules" offenbart ist.

**[0030]** Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtung 10, die gemäß hier beschriebenen Verfahren gebildet werden kann. Die beispielhafte Einrichtung 10 in Fig. 1 weist eine obere Platte aus Glas 12 auf, die als Substrat verwendet wird. In dieser Ausführungsform kann das Glas 12 als "Superstrat" bezeichnet werden, da es sich um das Substrat handelt, auf dem die nachfolgenden Schichten gebildet werden, obwohl es nach oben zur Strahlenquelle (z. B. der Sonne) zeigt, wenn die Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtung 10 im Einsatz ist. Die obere Platte aus Glas 12 kann ein hochdurchlässiges Glas (z. B. hochdurchlässiges Borosilikatglas), ein Floatglas mit einem geringen Eisengehalt oder ein anderes hochtransparentes Material sein. Das Glas ist im Allgemeinen dick genug, die nachfolgenden Schichten zu tragen (z. B. von ungefähr 0,5 mm bis ungefähr 10 mm dick) und ist im Wesentlichen eben, um eine günstige Oberfläche zum Bilden der nachfolgenden Schichten darzustellen. In einer Ausführungsform kann das Glas 12 ein Floatglas mit einem geringen Eisengehalt sein, das weniger als ungefähr 0,015 Gew.-% Eisen (Fe) enthält, und kann eine Durchlässigkeit von etwa 0,9 oder mehr im interessierenden Spektrum (z. B. Wellenlänge von etwa 300 nm bis etwa 900 nm) aufweisen. In einer weiteren Ausführungsform kann ein Borosilikatglas verwendet werden, um der Hochtemperaturbearbeitung besser standzuhalten.

**[0031]** Auf dem Glas 12 der beispielhaften Einrichtung 10 von Fig. 1 ist die transparente, elektrisch leitfähige Oxidschicht (TCO) 14 dargestellt. Die TCO-Schicht 14 lässt Licht bei minimaler Absorption hindurch und ermöglicht auch, dass der elektrische Strom, den die Einrichtung 10 erzeugt, seitlich zu lichtundurchlässigen Metallleitern (nicht dargestellt) fließt. Die TCO-Schicht 14 kann beispielsweise einen Schichtwiderstand von weniger als etwa 30 Ohm pro Quadrat aufweisen, beispielsweise von etwa 4 Ohm pro Quadrat bis etwa 20 Ohm pro Quadrat (z. B. von etwa 8 Ohm pro Quadrat bis etwa 15 Ohm pro Quadrat). In bestimmten Ausführungsformen kann die TCO-Schicht 14 eine Dicke zwischen ungefähr 0,1 µm und ungefähr 1 µm aufweisen, beispielsweise von ungefähr 0,1 µm bis ungefähr 0,5 µm, beispielsweise von ungefähr 0,25 µm bis ungefähr 0,35 µm.

**[0032]** Auf der TCO-Schicht 14 auf der beispielhaften Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtung 10 ist eine transparente Widerstands- und Pufferschicht 16 (WP-Schicht) dargestellt. Die WP-Schicht 16 weist im Allgemeinen einen größeren Widerstand auf als die TCO-Schicht 14 und kann dazu beitragen, die Einrichtung 10 vor chemischen Wechselwirkungen zwischen der TCO-Schicht 14 und den nachfolgenden Schichten während der Bearbeitung der Einrichtung 10 zu schützen. In bestimmten Ausführungsformen kann die WP-Schicht 16 beispielsweise einen Schichtwiderstand von über etwa 1000 Ohm pro Quadrat aufweisen, beispielsweise von etwa 10 kOhm pro Quadrat bis etwa 1000 MOhm pro Quadrat. Die WP-Schicht 16 kann zudem einen großen optischen Bandabstand aufweisen (z. B. größer als ungefähr 2,5 eV, beispielsweise von ungefähr 2,7 eV bis ungefähr 3,0 eV).

**[0033]** Ohne sich auf eine bestimmte Theorie festlegen zu wollen, wird angenommen, dass durch das Vorhandensein der WP-Schicht 16 zwischen der TCO-Schicht 14 und der Cadmiumsulfidschicht 18 eine relativ dünne Cadmiumsulfidschicht 18 in die Einrichtung 10 eingebracht werden kann, indem die Wahrscheinlichkeit von Grenzflächendefekten (d. h. kleinsten Löchern in der Cadmiumsulfidschicht 18) reduziert wird, die zwischen der TCO-Schicht 14 und der Cadmiumtelluridschicht 20 Shunts erzeugen. Es wird deshalb angenommen, dass die WP-Schicht 16 eine bessere Adhäsion und/oder Wechselwirkung zwischen der TCO-Schicht 14 und der Cadmiumtelluridschicht 20 ermöglicht, wodurch eine relativ dünne Cadmiumtelluridschicht 18 darauf gebildet werden kann, ohne wesentliche nachteilige Auswirkungen, die sich ansonsten aus so einer relativ dünnen Cadmiumsulfidschicht 18 ergeben würden, die direkt auf der TCO-Schicht 14 gebildet wäre.

**[0034]** Die WP-Schicht 16 kann beispielsweise eine Kombination aus Zinkoxid (ZnO) und Zinnoxid (SnO<sub>2</sub>) aufweisen, die als Zink-Zinn-Oxid ("ZTO") bezeichnet werden kann. In einer besonderen Ausführungsform kann die WP-Schicht 16 mehr Zinnoxid als Zinkoxid enthalten. Die WP-Schicht 16 kann beispielsweise eine Zusammensetzung mit einem stöchiometrischen Verhältnis ZnO/SnO<sub>2</sub> zwischen ungefähr 0,25 und ungefähr 3 aufweisen, wie ungefähr bei einem stöchiometrischen Verhältnis Zinnoxid zu Zinkoxid von eins zu zwei (1:2). Die WP-Schicht 16 kann durch Sputtern, chemische Gasphasenabscheidung, Sprühpyrolyse oder ein anderes geeignetes Beschichtungsverfahren gebildet werden. In einer besonderen Ausbildungsform kann die WP-Schicht 16 durch Sputtern (z. B. Gleichstromsputtern oder HF-Sputtern) auf der TCO-Schicht 14 gebildet werden (wie nachstehend ausführlicher bezüglich der Abscheidung der Cadmiumsulfidschicht 18 erläutert ist). Die WP-Schicht 16 kann beispielsweise unter Verwendung eines Gleichstromsputterverfahrens

aufgebracht werden, indem an ein metallisches Ausgangsmaterial (z. B. elementares Zink, elementares Zinn oder eine Mischung davon) eine Gleichspannung angelegt wird und das metallische Ausgangsmaterial in Gegenwart einer oxidierenden Atmosphäre (z. B. O<sub>2</sub>-Gas) auf die TCO-Schicht **14** gesputtert wird. Wenn die oxidierende Atmosphäre Sauerstoffgas (d. h. O<sub>2</sub>) enthält, kann die Atmosphäre mehr als ungefähr 95% reiner Sauerstoff sein, beispielsweise mehr als ungefähr 99%.

**[0035]** In bestimmten Ausführungsformen kann die WP-Schicht **16** eine Dicke zwischen ungefähr 0,075 µm und ungefähr 1 µm aufweisen, beispielsweise von ungefähr 0,1 µm bis ungefähr 0,5 µm. In besonderen Ausführungsformen kann die WP-Schicht **16** eine Dicke zwischen ungefähr 0,08 µm und ungefähr 0,2 µm aufweisen, beispielsweise von ungefähr 0,1 µm bis ungefähr 0,15 µm.

**[0036]** Auf der WP-Schicht **16** der beispielhaften Einrichtung **10** von [Fig. 1](#) ist eine Cadmiumsulfidschicht **18** dargestellt.

**[0037]** Die Cadmiumsulfidschicht **18** ist eine n-leitende Schicht, die im Allgemeinen Cadmiumsulfid (CdS) und Cadmiumoxid (CdO) enthält, wie zuvor erläutert ist, aber auch andere Materialien wie Zinksulfid, Cadmiumzinksulfid usw. und/oder Mischungen davon sowie Dotierstoffe und/oder weitere Fremdstoffe enthalten kann. Die Cadmiumsulfidschicht **18** kann einen großen Bandabstand aufweisen (z. B. von ungefähr 2,25 eV bis ungefähr 2,5 eV, beispielsweise ungefähr 2,4 eV), damit der Großteil der Strahlungsenergie (z. B. Sonnenenergie) sie passieren kann. Die Cadmiumsulfidschicht **18** wird somit als eine transparente Schicht der Einrichtung **10** angesehen.

**[0038]** In einer besonderen Ausbildungsform kann die Cadmiumsulfidschicht **18**, wie zuvor erläutert, durch Sputtern (z. B. Gleichstromsputtern oder Hochfrequenz(HF)-Sputtern) aus einem gemischten CdS/CdO-Target auf der transparenten Widerstands- und Pufferschicht **16** gebildet werden.

**[0039]** Durch das Vorhandensein der transparenten Widerstands- und Pufferschicht **16** kann die Cadmiumsulfidschicht **18** eine Dicke aufweisen, die weniger als ungefähr 0,1 µm beträgt, beispielsweise zwischen ungefähr 10 nm und ungefähr 100 nm, beispielsweise von ungefähr 50 nm bis ungefähr 80 nm, bei minimal vorhandenen kleinsten Löchern zwischen der transparenten Widerstands- und Pufferschicht **16** und der Cadmiumsulfidschicht **18**. Eine Cadmiumsulfidschicht **18** mit einer Dicke von weniger als ungefähr 0,1 µm vermindert zusätzlich jegliche Absorption von Strahlungsenergie durch die Cadmiumsulfidschicht **18**, wodurch die Menge Strahlungsenergie, die die darunterliegende Cadmiumtelluridschicht **20** erreicht, wirksam erhöht wird.

**[0040]** Auf der Cadmiumsulfidschicht **18** in der beispielhaften Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikereinrichtung **10** von [Fig. 1](#) ist eine Cadmiumtelluridschicht **20** dargestellt. Die Cadmiumtelluridschicht **20** ist eine p-leitende Schicht, die im Allgemeinen Cadmiumtellurid (CdTe) enthält, aber auch andere Materialien enthalten kann. Als p-leitende Schicht der Einrichtung **10** ist die Cadmiumtelluridschicht **20** die photovoltaische Schicht, die durch Wechselwirkung mit der Cadmiumsulfidschicht **18** (d. h. der n-leitenden Schicht) Strom aus der Absorption von Strahlungsenergie erzeugt, indem sie aufgrund ihres hohen Absorptionskoeffizienten den Großteil der Strahlungsenergie, die in die Einrichtung **10** gelangt und Elektronen-Loch-Paare erzeugt, absorbiert. Die Cadmiumtelluridschicht **20** kann beispielsweise im Allgemeinen aus Cadmiumtellurid gebildet werden und kann einen Bandabstand aufweisen, der so abgestimmt ist, dass Strahlungsenergie aufgenommen wird (z. B. von ungefähr 1,4 eV bis ungefähr 1,5 eV, beispielsweise ungefähr 1,45 eV), sodass bei der Absorption der Strahlungsenergie die maximale Anzahl von Elektronen-Loch-Paaren mit dem höchsten elektrischen Potenzial (Spannung) erzeugt wird. Elektronen können von der p-Seite (d. h. der Cadmiumtelluridschicht **20**) über den Übergang zur n-Seite (d. h. der Cadmiumsulfidschicht **18**) wandern und umgekehrt können Löcher von der n-Seite zur p-Seite wandern. Der p-n-Übergang, der zwischen der Cadmiumsulfidschicht **18** und der Cadmiumtelluridschicht **20** gebildet wird, bildet somit eine Diode, in der das Ladungsungleichgewicht zur Erzeugung eines elektrischen Felds führt, das sich über den p-n-Übergang erstreckt. Normaler Strom darf nur in eine Richtung fließen und trennt die vom Licht erzeugten Elektronen-Loch-Paare.

**[0041]** Die Cadmiumtelluridschicht **20** kann mit jedem bekannten Verfahren gebildet werden, beispielsweise Gasphasenabscheidung, chemische Gasphasenabscheidung (CVD), Sprühpolymerisation, Galvanisieren, Sputtern, Sublimation bei geringem Abstand (CSS) usw. In einer besonderen Ausführungsform wird die Cadmiumsulfidschicht **18** durch Sputtern aufgebracht und die Cadmiumtelluridschicht **20** wird mittels Sublimation bei geringem Abstand aufgebracht. In besonderen Ausführungsformen kann die Cadmiumtelluridschicht **20** eine Dicke zwischen ungefähr 0,1 µm und ungefähr 10 µm aufweisen, beispielsweise von ungefähr 1 µm bis ungefähr 5 µm. In einer besonderen Ausführungsform kann die Cadmiumtelluridschicht **20** eine Dicke zwischen ungefähr 2 µm und ungefähr 4 µm aufweisen, beispielsweise ungefähr 3 µm.

**[0042]** An der freiliegenden Oberfläche der Cadmiumtelluridschicht **20** kann nach der Bildung eine Reihe von Behandlungen vorgenommen werden. Mit diesen Behandlungen kann die Funktionalität der Cadmiumtelluridschicht **20** abgestimmt und ih-

re Oberfläche für die anschließende Haftung an der bzw. den Rückseitenkontaktschicht(en) **22** vorbereitet werden. Die Cadmiumtelluridschicht **20** kann beispielsweise bei hohen Temperaturen (z. B. von ungefähr 350°C bis ungefähr 500°C, beispielsweise von ungefähr 375°C bis ungefähr 424°C) über eine ausreichende Zeit (z. B. von ungefähr 1 bis ungefähr 10 Minuten) getempert werden, um eine hochwertige p-leitende Cadmiumtelluridschicht zu erzeugen. Ohne sich auf eine Theorie festlegen zu wollen, wird angenommen, dass durch das Tempern der Cadmiumtelluridschicht **20** (und der Einrichtung **10**) die normalerweise leicht p-dotierte oder sogar n-dotierte Cadmiumtelluridschicht **20** in eine stärker p-leitende Cadmiumtelluridschicht **20** mit einem relativ geringen spezifischen Widerstand umgewandelt wird. Die Cadmiumtelluridschicht **20** kann während des Temperns zudem rekristallisieren und es kann zur Kornvergrößerung kommen.

**[0043]** Das Tempern der Cadmiumtelluridschicht **20** kann in Gegenwart von Cadmiumchlorid erfolgen, um die Cadmiumtelluridschicht **20** mit Chloridionen zu dotieren. Die Cadmiumtelluridschicht **20** kann beispielsweise mit einer wässrigen Lösung, die Cadmiumchlorid enthält, gewaschen werden und anschließend bei der hohen Temperatur getempert werden.

**[0044]** In einer besonderen Ausführungsform kann die Oberfläche nach dem Tempern der Cadmiumtelluridschicht **20** in Gegenwart von Cadmiumchlorid gewaschen werden, um sämtliches Cadmiumoxid, das auf der Oberfläche entstanden ist, zu beseitigen. Mit dieser Oberflächenbehandlung kann auf der Cadmiumtelluridschicht **20** eine Te-reiche Oberfläche erreicht werden, da Oxide wie CdO, CdTeO<sub>3</sub>, CdTe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> usw. von der Oberfläche entfernt werden. Die Oberfläche kann beispielsweise mit einem geeigneten Lösungsmittel (z. B. Ethylendiamin, auch als 1,2-Diaminoethan oder "EDA" bekannt) gewaschen werden, um sämtliches Cadmiumoxid von der Oberfläche zu beseitigen.

**[0045]** Der Cadmiumtelluridschicht **20** kann zusätzlich Kupfer zugesetzt werden. Zusammen mit einem geeigneten Ätzmittel kann durch das Zugeben von Kupfer zu der Cadmiumtelluridschicht **20** eine Fläche aus Kupfertellurid auf der Cadmiumtelluridschicht **20** gebildet werden, sodass zwischen der Cadmiumtelluridschicht **20** (d. h. der p-leitenden Schicht) und der bzw. den Rückseitenkontaktschicht(en) ein elektrischer Kontakt mit einem geringem Widerstand hergestellt wird. Durch das Zugeben von Kupfer kann insbesondere eine Oberflächenschicht aus Kupfer(I)-tellurid (Cu<sub>2</sub>Te) zwischen der Cadmiumtelluridschicht **20** und der Rückseitenkontaktschicht **22** erzeugt werden. Die Te-reiche Oberfläche der Cadmiumtelluridschicht **20** kann somit die Abnahme des von der Einrichtung erzeugten Stroms durch einen niedrigeren spezifischen Widerstand zwischen der Cadmiumtelluridschicht **20** und der Rückseitenkontaktschicht **22** verbessern.

uridschicht **20** und der Rückseitenkontaktschicht **22** verbessern.

**[0046]** Kupfer kann mit jedem beliebigen Verfahren auf die freiliegende Oberfläche der Cadmiumtelluridschicht **20** aufgebracht werden. Kupfer kann beispielsweise in einer Lösung mit einem geeigneten Lösungsmittel (z. B. Methanol, Wasser oder Ähnliches oder Kombinationen davon) aufgesprüht oder durch Waschen auf die Oberfläche der Cadmiumtelluridschicht **20** aufgebracht werden, mit anschließendem Tempern. In besonderen Ausführungsformen kann Kupfer in Form von Kupferchlorid, Kupferiodid oder Kupferacetat in der Lösung bereitgestellt sein. Die Tempertemperatur ist ausreichend, damit die Kupferionen in die Cadmiumtelluridschicht **20** diffundieren können, beispielsweise von ungefähr 125°C bis ungefähr 300°C (z. B. von ungefähr 150°C bis ungefähr 200°C) etwa 5 Minuten bis etwa 30 Minuten lang, beispielsweise von etwa 10 bis etwa 25 Minuten lang.

**[0047]** Auf der Cadmiumtelluridschicht **20** ist eine Rückseitenkontaktschicht **22** dargestellt. Die Rückseitenkontaktschicht **22** dient im Allgemeinen als elektrischer Rückseitenkontakt, bezogen auf die gegenüberliegende TCO-Schicht **14**, die als elektrischer Vorderseitenkontakt dient. Die Rückseitenkontaktschicht **22** kann auf der Cadmiumtelluridschicht **20** gebildet werden und berührt sie in einer Ausführungsform direkt. Die Rückseitenkontaktschicht **22** ist entsprechend aus einem oder mehreren sehr gut leitfähigen Material(en) hergestellt, beispielsweise elementarem Nickel, Chrom, Kupfer, Zinn, Aluminium, Gold, Silber, Technetium oder Legierungen oder Mischungen davon. Die Rückseitenkontaktschicht **22** kann zudem eine einzelne Schicht sein oder kann eine Vielzahl von Schichten sein. In einer besonderen Ausführungsform kann die Rückseitenkontaktschicht **22** Graphit enthalten, beispielsweise eine Schicht aus Kohlenstoff, die auf der p-leitenden Schicht aufgebracht ist, gefolgt von einer oder mehreren Metallschicht(en), beispielsweise aus den zuvor beschriebenen Metallen. Wenn die Rückseitenkontaktschicht **22** aus einem oder mehreren Metall(en) besteht oder ein oder mehrere Metall(e) umfasst, wird sie entsprechend mit einem Verfahren wie Sputtern oder Metallbedampfung aufgebracht. Wenn sie aus einer Mischung aus Graphit und einem Polymer oder aus einer Kohlenstoffpaste hergestellt ist, wird die Mischung oder Paste mit einem geeigneten Verfahren zum Verteilen der Mischung oder Paste, beispielsweise Siebdruck, Sprühen oder mit einer Rakel auf das Halbleiterelement aufgebracht. Nach dem Auftragen der Graphitmischung oder Kohlenstoffpaste kann die Einrichtung erwärmt werden, um die Mischung oder Paste in die leitfähige Rückseitenkontaktschicht umzuwandeln. Wenn eine Kohlenstoffschicht verwendet wird, kann sie eine Dicke von ungefähr 0,1 µm bis ungefähr 10 µm aufweisen, bei-

spielsweise von ungefähr 1 µm bis ungefähr 5 µm. Die Dicke einer Metallschicht des Rückseitenkontakts kann, wenn sie für die oder als Teil der Rückseitenkontaktschicht **22** verwendet wird, von etwa 0,1 µm bis etwa 1,5 µm betragen

**[0048]** In der beispielhaften Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikereinrichtung **10** von [Fig. 1](#) ist auch das Verkapselungsglas **24** dargestellt.

**[0049]** In der beispielhaften Einrichtung **10** können weitere Bauteile (nicht dargestellt) enthalten sein, beispielsweise Sammelschienen, eine externe Verdrahtung, Laserätzvorrichtungen usw. Wenn die Einrichtung **10** beispielsweise eine photovoltaische Zelle eines Photovoltaikmoduls bildet, kann eine Vielzahl von photovoltaischen Zellen in Reihe geschaltet werden, um eine gewünschte Spannung zu erreichen, beispielsweise über eine elektrische Verkabelung. Jedes Ende der in Reihe geschalteten Zellen kann an einem geeigneten Leiter wie einer Leitung oder einer Sammelschiene befestigt sein, um den photovoltaisch erzeugten Strom an günstige Stellen für den Anschluss an eine Vorrichtung oder ein anderes System zu leiten, die bzw. das den erzeugten elektrischen Strom nutzt. Ein geeignetes Mittel zum Erreichen dieser Serienschaltung ist das Laserritzen der Einrichtung, um die Einrichtung in eine Reihe von Zellen aufzuteilen, die durch Zwischenverbindungen verbunden sind. In einer besonderen Ausführungsform kann beispielsweise ein Laser verwendet werden, um die abgeschiedenen Schichten des Halbleiterelements zu ritzen, sodass die Vorrichtung in eine Vielzahl von in Reihe geschalteten Zellen aufgeteilt wird.

**[0050]** [Fig. 3](#) zeigt ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens **30** zur Herstellung einer Photovoltaikereinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Gemäß dem beispielhaften Verfahren **30** wird bei **32** eine TCO-Schicht auf einem Glassubstrat gebildet. Bei **34** wird auf der TCO-Schicht eine transparente Widerstands- und Pufferschicht auf der TCO-Schicht gebildet. Bei **36** wird eine Cadmiumsulfidschicht aus einem gemischten Target, das Cadmium, Schwefel und Sauerstoff enthält, auf die transparente Widerstands- und Pufferschicht gesputtert. Auf der Cadmiumsulfidschicht wird bei **38** eine Cadmiumtelluridschicht gebildet. Die Cadmiumtelluridschicht kann bei **40** in Gegenwart von Cadmiumchlorid getempert werden und bei **42** gewaschen werden, um Oxide, die auf der Oberfläche entstanden sind, zu beseitigen. Bei **44** kann die Cadmiumtelluridschicht mit Kupfer dotiert werden. Bei **46** kann bzw. können die Rückseitenkontaktschicht(en) über der Cadmiumtelluridschicht aufgebracht werden und bei **48** kann über der Rückseitenkontaktschicht ein Verkapselungsglas aufgebracht werden.

**[0051]** Ein Durchschnittsfachmann sollte erkennen, dass in das Verfahren **30** eine weitere Bearbeitung und/oder weitere Behandlungen aufgenommen werden können. Das Verfahren kann beispielsweise auch das Laserritzen umfassen, um in der Einrichtung elektrisch isolierte photovoltaische Zellen zu bilden. Diese elektrisch isolierten photovoltaischen Zellen können dann in Reihe geschaltet werden, um ein Photovoltaikmodul zu bilden. An den Plus- und Minuspol des Photovoltaikmoduls können auch Drähte angeschlossen werden, um Anschlussdrähte bereitzustellen, sodass der elektrische Strom, der von dem Photovoltaikmodul erzeugt wird, genutzt werden kann.

**[0052]** In dieser schriftlichen Beschreibung werden Beispiele verwendet, um die Erfindung, einschließlich der besten Ausführungsform, zu offenbaren und auch um es einem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung anzuwenden, einschließlich der Herstellung und Verwendung von Vorrichtungen oder Systemen und der Durchführung von darin enthaltenen Verfahren. Der patentierbare Geltungsbereich der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, an die der Fachmann denkt. Diese weiteren Beispiele sollen in den Geltungsbereich der Ansprüche fallen, wenn sie Strukturelemente umfassen, die nicht vom genauen Wortlaut der Ansprüche abweichen oder wenn sie gleichwertige Strukturelemente mit unwesentlichen Unterschieden zum genauen Wortlaut der Ansprüche umfassen.

**[0053]** Im Allgemeinen sind Verfahren zum Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht **18** auf ein Substrat **12** bereitgestellt. Die Cadmiumsulfidschicht **18** kann aus einem gemischten Target **64**, das Cadmium, Schwefel und Sauerstoff enthält, auf ein Substrat **12** gesputtert werden. Die Cadmiumsulfidschicht **18** kann in Verfahren zur Herstellung von Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikereinrichtungen **10** verwendet werden.

**[0054]** Gemischte Targets **64**, die Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid enthalten, sind im Allgemeinen ebenfalls bereitgestellt.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Photovoltaikereinrichtung
<b>12</b>	Glas
<b>14</b>	Transparente, elektrisch leitfähige Oxidschicht
<b>16</b>	Transparente Widerstands- und Pufferschicht
<b>18</b>	Cadmiumsulfidschicht
<b>20</b>	Cadmiumtelluridschicht



22	Rückseitenkontakt- schicht
24	Verkapselungsglas
30	Verfahren
32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48	Schritte
60	Kammer
62	Gleichstromquelle
64	Kathode
66	Oberer Halter
67	Unterer Halter
68	Drähte
69	Drähte
70	Plasmafeld

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2009/0194165 [\[0029\]](#)

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht (**18**) auf ein Substrat, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht (**18**), die Sauerstoff enthält, auf ein Substrat (**12**) aus einem gemischten Target (**64**), wobei das gemischte Target (**64**) Cadmium, Schwefel und Sauerstoff enthält.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Target (**64**) Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Target (**64**) ungefähr 0,5 Mol-% bis ungefähr 25 Mol-% Cadmiumoxid und ungefähr 75 Mol-% bis ungefähr 99,5 Mol-% Cadmiumsulfid umfasst, vorzugsweise ungefähr 1 Mol-% bis ungefähr 20 Mol-% Cadmiumoxid und ungefähr 80 Mol-% bis ungefähr 99 Mol-% Cadmiumsulfid und bevorzugter ungefähr 5 Mol-% bis ungefähr 15 Mol-% Cadmiumoxid und ungefähr 85 Mol-% bis ungefähr 95 Mol-% Cadmiumsulfid.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Target (**64**) im Wesentlichen aus Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid besteht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sputteratmosphäre ein Inertgas enthält.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Cadmiumsulfidschicht (**18**) bei einer Sputtertemperatur von etwa 10°C bis etwa 100°C gesputtert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Cadmiumsulfidschicht (**18**) ohne anschließendes Tempern gesputtert wird.

8. Verfahren zur Herstellung einer Cadmiumtellurid-Dünnschichtphotovoltaikeinrichtung (**10**), wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Aufbringen einer transparenten Widerstands- und Pufferschicht (**16**) auf einer transparenten, elektrisch leitfähigen Oxidschicht (**14**), wobei sich die transparente, elektrisch leitfähige Oxidschicht (**14**) auf einem Substrat (**12**) befindet,

Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht (**18**) auf die transparente Widerstands- und Pufferschicht (**16**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, und Aufbringen einer Cadmiumtelluridschicht (**20**) auf der Cadmiumsulfidschicht (**18**).

9. Gemischtes Target (**64**) zum Sputtern einer Cadmiumsulfidschicht (**18**), die Sauerstoff enthält, wobei das gemischte Target (**64**) Folgendes enthält:  
Cadmiumsulfid und  
Cadmiumoxid,

wobei das gemischte Target (**64**) dafür eingerichtet ist, gesputtert zu werden, um eine Dünnschicht-Cadmiumsulfidschicht (**18**), die Sauerstoff enthält, auf einem Substrat (**12**) zu bilden.

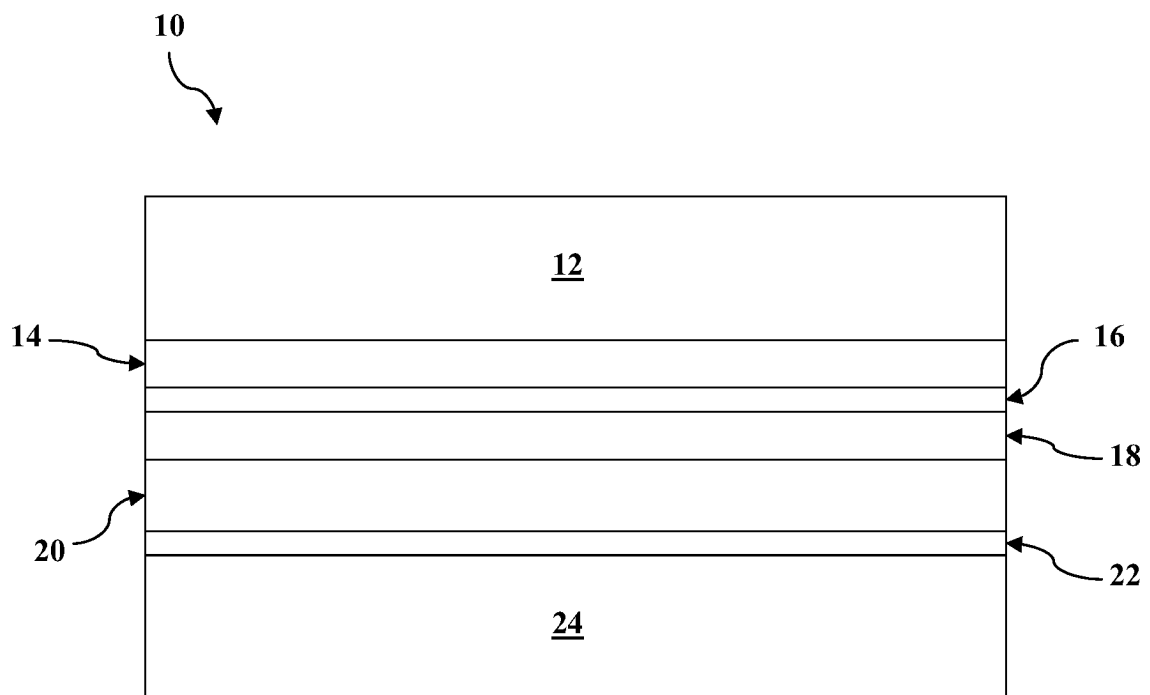
10. Gemischtes Target (**64**) nach Anspruch 9, wobei das Target (**64**) ungefähr 0,5 Mol-% bis ungefähr 25 Mol-% Cadmiumoxid und ungefähr 75 Mol-% bis ungefähr 99,5 Mol-% Cadmiumsulfid enthält.

11. Gemischtes Target (**64**) nach Anspruch 9, wobei das Target (**64**) ungefähr 1 Mol-% bis ungefähr 20 Mol-% Cadmiumoxid und ungefähr 80 Mol-% bis ungefähr 99 Mol-% Cadmiumsulfid enthält.

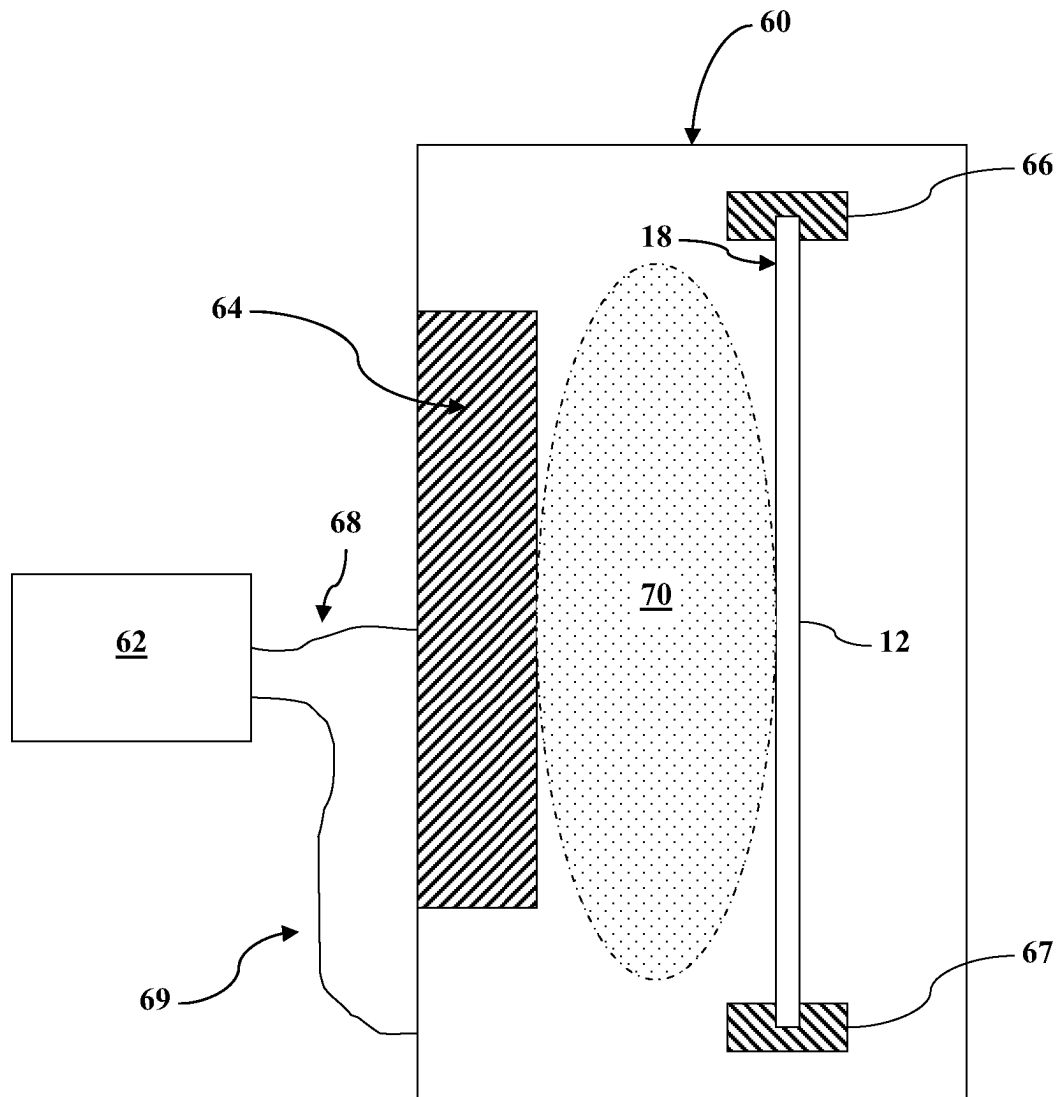
12. Gemischtes Target (**64**) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei das gemischte Target im Wesentlichen aus Cadmiumsulfid und Cadmiumoxid besteht.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

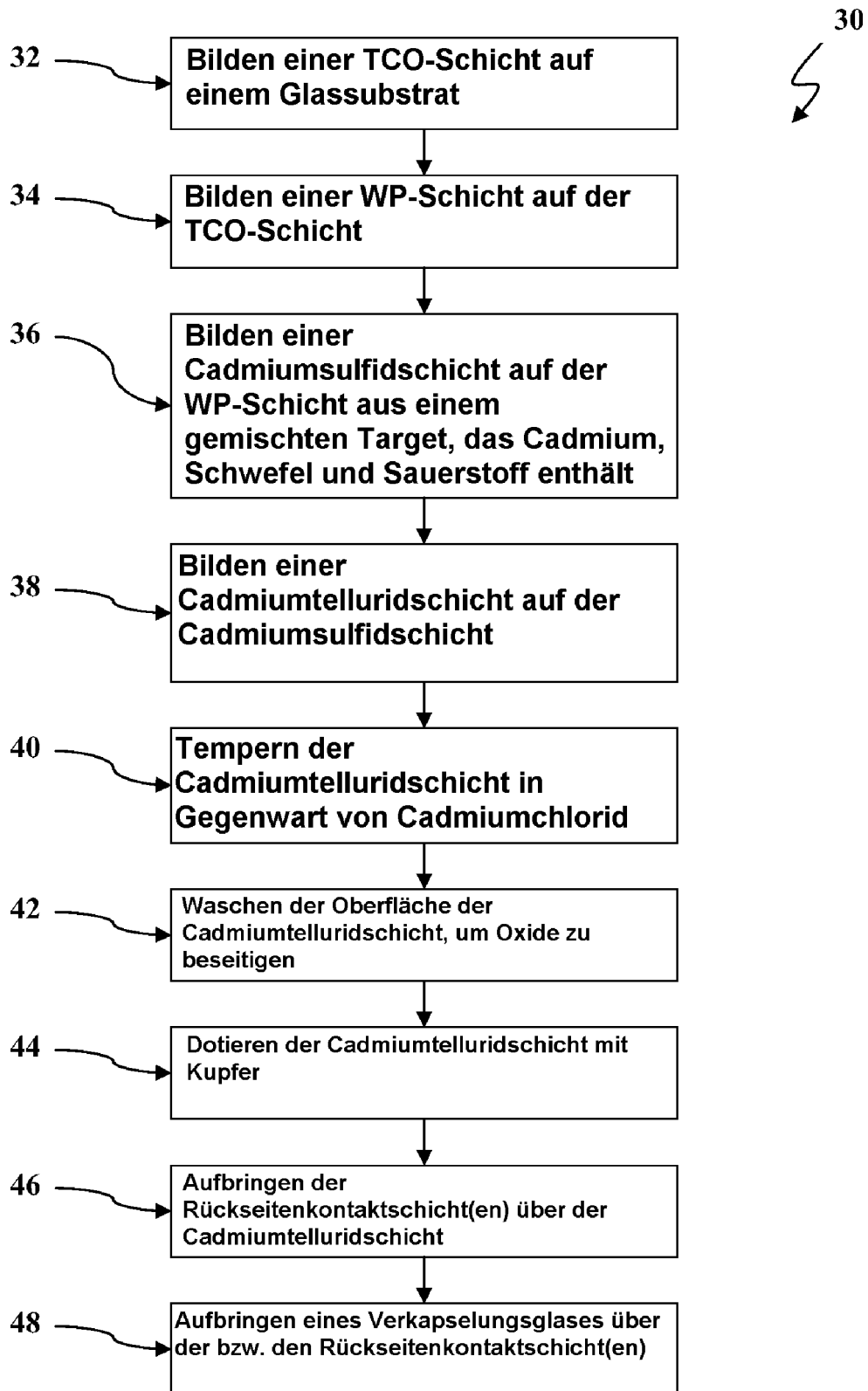
Anhängende Zeichnungen



**Fig. 1**



**Fig. 2**

**Fig. 3**