

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50683/2018

(22) Anmeldetag: 09.08.2018

(45) Veröffentlicht am: 15.12.2024

(51) Int. Cl.: **H01L 21/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

US 2015333212 A1

WO 2010135622 A1

WO 2013003439 A1

EP 2905313 A1

CN 105161555 A

CN 105070788 A

CH 473477 A

(73) Patentinhaber:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

1220 Wien (AT)

(74) Vertreter:

Gibler & Poth Patentanwälte KG

1010 Wien (AT)

(54) **SUSPENSION ZUR HERSTELLUNG EINER HALBLEITERSCHICHT**

(57) Bei einer Suspension zur Herstellung einer Halbleiterschicht, wobei die Suspension ein Lösungsmittel, ein Bindemittel und ein Pulver aus einem Halbleitermaterial umfasst, wobei das Halbleitermaterial CZTS ist, wobei das Bindemittel Gummi Arabicum ist, wird vorgeschlagen, dass die Halbleiterschicht Poren aufweist, und dass in den Poren ein weiteres Material angeordnet ist.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Suspension zur Herstellung einer Halbleiterschicht gemäß dem Patentanspruch 1.

**[0002]** Zur Herstellung einer Halbleiterschicht sind eine Vielzahl an verschiedenen Herstellungsverfahren bekannt, beispielsweise Vakuumbeschichtungsverfahren wie physikalische Gasphasenabscheidungsverfahren. Derartige Verfahren sind beispielsweise Magnetronspütern oder Aufdampfen. Derartige Vakuumbeschichtungsverfahren haben den Nachteil des hohen apparativen Aufwandes. Weiters ist es sehr schwierig derartige Halbleiterschichten großflächig herzustellen.

**[0003]** Weitere Verfahren sind sogenannte flüssigkeitsbasierte Verfahren. Hierbei sind chemische Abscheidungsverfahren bekannt, bei welchem die Halbleiterschicht durch die Reaktion einzelner Bestandteile erzeugt wird. Dabei werden hauptsächlich zwei Verfahren angewendet. Das erste Verfahren ist ein direkter Prozess, bei welchem die Halbleiterschicht durch eine chemische Reaktion aller Reaktanten direkt gebildet wird. Beim zweiten Verfahren wird zunächst eine metallische Schicht aufgebaut, welche anschließend bei einer Hitzebehandlung einer reaktiven Atmosphäre ausgesetzt wird, um die Halbleiterschicht zu formen. Bei beiden Verfahren werden häufig in einem organischen Lösungsmittel gelöste metallische Salze verwendet.

**[0004]** Die EP 2 905 313 A1 offenbart eine Dispersion umfassend Metallpartikel in einer Größenordnung von 1 nm bis 500 nm, ein Dispersionsmittel und ein Lösungsmittel.

**[0005]** Die WO 2013/003439 A1 offenbart ein Halbleitermaterial als Absorberschicht in einem optoelektronischen Gerät, insbesondere in einer Solarzelle.

**[0006]** Die WO 2010/135622 A1 offenbart Kesterit- und Kupfer-Zink-Zinn-Selenid-Nanopartikel als p-Typ-Halbleiter in einer Absorberschicht in einer Solarzelle.

**[0007]** Die US 2015/0333212 A1 offenbart eine Absorberschicht aus einer kolloidalen Dispersion von CZTS-Partikeln für ein optoelektronisches Gerät.

**[0008]** Die Die CN105161555 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht aus einkristallinen Teilchen für eine Solarzelle.

**[0009]** Die CN105070788 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht aus einkristallinen Teilchen für eine Solarzelle sowie die Herstellung einer Solarzelle.

**[0010]** Die CH473477 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines ein Korn großen dünnen Films, der ein Bindemittel enthält.

**[0011]** Nachteilig daran ist, dass hierbei oftmals toxische Ausgangssubstanzen verwendet werden, wodurch eine großtechnische Anwendung mit einem entsprechenden Umweltrisiko einhergeht. Dabei fallen auch giftige Abfallprodukte in sehr großer Menge an, wodurch bei einer industriellen und großtechnischen Anwendung die Beseitigung der Abfallprodukte aus Sicht des Umweltschutzes sehr problematisch ist. Durch die im Prozess verwendeten oder entstehenden reaktiven, giftigen oder entflammbaren Gase ist weiters ein hoher apparativer Aufwand gegeben. Dies ist insbesondere bei Anwendungsgebieten von großer Bedeutung, bei welchen Halbleiterschichten großflächig aufzutragen sind, beispielsweise bei der Solartechnik. Weiters verbleiben oftmals störende Rückstände der organischen Lösungsmittel.

**[0012]** Aufgabe der Erfindung ist es daher eine Suspension zur Herstellung einer Halbleiterschicht der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher die genannten Nachteile vermieden werden können, und mit welcher umweltschonend und mit wenig Aufwand eine Halbleiterschicht hergestellt werden kann.

**[0013]** Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

**[0014]** Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass die Herstellung der Halbleiterschicht flüssigkeitsbasiert erfolgen kann und der apparative Aufwand gering gehalten wird. Das Aufbringen der Sus-

pension zur Erzeugung der Halbleiterschicht kann dadurch mit einfachen und bewehrten Technologien erfolgen. Dies ermöglicht eine Produktion mit hohem Durchsatz, welche einfach skalierbar ist, wobei auch die Produktionsdauer gering gehalten werden kann. Insbesondere ist die Verwendung kontinuierlicher industrieller Herstellungsprozesse wie ein Rolle zu Rolle Prozess möglich. Weiters kann auf ungiftige und gut verfügbare Ausgangsmaterialien zurückgegriffen werden, wodurch der Herstellungsprozess auch auf einem industriellen Maßstab günstig und ökologisch unbedenklich erfolgen kann. Aufgrund des Fehlens chemisch reaktiver Bestandteile ist die Suspension gut lagerbar und transportierbar.

**[0015]** Weiters ist ein Verfahren zur Herstellung einer Suspension gemäß dem Patentanspruch 11 vorgesehen.

**[0016]** Aufgabe der Erfindung ist es daher weiters ein Verfahren anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, und mit welchem eine Suspension, mit welcher umweltschonend und mit wenig Aufwand eine Halbleiterschicht hergestellt werden kann, einfach erzeugt werden kann.

**[0017]** Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 11 gelöst.

**[0018]** Die Vorteile des Verfahrens entsprechen den Vorteilen der Suspension.

**[0019]** Weiters ist ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterschicht unter Verwendung der erfindungsgemäßen Suspension gemäß dem Patentanspruch 12 vorgesehen.

**[0020]** Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung. Vorgehen ist eine Suspension zur Herstellung einer Halbleiterschicht, wobei die Suspension ein Lösungsmittel, ein Bindemittel und ein Pulver aus einem Halbleitermaterial umfasst. Eine Suspension bezeichnet eine homogene Dispersion aus einer Flüssigkeit, hier zumindest das Lösungsmittel, und einem Festkörper, in diesem Fall das Pulver aus einem Halbleitermaterial. Das Bindemittel kann ein Gemisch von Bindemitteln sein und kann bevorzugt die einzelnen Pulverkörner miteinander verbinden, insbesondere verkleben. Es kann insbesondere vorgesehen sein, dass das Bindemittel die Viskosität der Suspension erhöht. Weiters kann das Bindemittel die Benetzbarkeit der Suspension auf einem Substrat erhöhen. Das Bindemittel kann im Lösungsmittel gelöst sein. Das Lösungsmittel kann ein einzelnes Lösungsmittel oder ein Gemisch von verschiedenen Lösungsmitteln sein. Das Halbleitermaterial kann eine Halbleiterverbindung sein, wobei die chemischen Elemente der Halbleiterverbindung nicht zwingend selber Halbleiter sein müssen. Die Suspension ist zur Herstellung einer Halbleiterschicht, also einer halbleitenden Schicht, vorgesehen. Die Herstellung der Halbleiterschicht kann hierbei einfach durch Aufbringen der Suspension auf ein Substrat und anschließendes Verdampfen des Lösungsmittels erfolgen.

**[0021]** Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass die Herstellung der Halbleiterschicht flüssigkeitsbasiert erfolgen kann und der apparative Aufwand gering gehalten wird. Das Aufbringen der Suspension zur Erzeugung der Halbleiterschicht kann dadurch mit einfachen und bewehrten Technologien erfolgen. Dies ermöglicht eine Produktion mit hohem Durchsatz, welche einfach skalierbar ist, wobei auch die Produktionsdauer gering gehalten werden kann. Insbesondere ist die Verwendung kontinuierlicher industrieller Herstellungsprozesse wie ein Rolle zu Rolle Prozess möglich. Weiters kann auf ungiftige und gut verfügbare Ausgangsmaterialien zurückgegriffen werden, wodurch der Herstellungsprozess auch auf einem industriellen Maßstab günstig und ökologisch unbedenklich erfolgen kann. Aufgrund des Fehlens chemisch reaktiver Bestandteile ist die Suspension gut lagerbar und transportierbar.

**[0022]** Weiters ist ein Verfahren zur Herstellung der Suspension zur Herstellung einer Halbleiterschicht vorgesehen, wobei das Lösungsmittel, das Bindemittel und das Pulver aus einem Halbleitermaterial miteinander vermischt werden.

**[0023]** Weiters ist eine Halbleiterschicht hergestellt aus dieser Suspension vorgesehen. Die Halbleiterschicht kann hier insbesondere eine zusammenhängende, und im Wesentlichen durchbrechungsfreie, Schicht sein. Hierbei besteht die Halbleiterschicht im Wesentlichen aus dem Pulver des Halbleitermaterials, welches mit dem Bindemittel miteinander verbunden, bevorzugt verklebt, ist. Das Lösungsmittel kann im Wesentlichen rückstandsfrei verdampft sein.

**[0024]** Weiters kann ein Verfahren zu Herstellung einer Halbleiterschicht unter Verwendung einer Suspension vorgesehen sein. Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass bei der Halbleiterschicht die Suspension mit einem Tintenaufbringungsverfahren aufgebracht wird. Das Tintenaufbringungsverfahren kann insbesondere Drucken, Aufsprühen, Rakeln oder Rotationsbeschichten sein. Die Suspension kann daher ähnlich wie Tinte mittels ausgereifter technologischer Verfahren direkt auf dem Untergrund gezielt aufgetragen werden.

**[0025]** Das Pulver aus dem Halbleitermaterial kann insbesondere gegenüber dem Lösungsmittel und dem Bindemittel chemisch reaktionsträge sein.

**[0026]** Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass das Halbleitermaterial ein Chalkogenid, insbesondere ein Sulfid oder Selenid, bevorzugt CZTS, ist.

**[0027]** Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass das Halbleitermaterial ein Absorbermaterial für eine photoaktive Schicht, insbesondere für eine Solarzelle, ist. Ein Absorbermaterial für eine photoaktive Schicht einer Solarzelle ist ein Halbleiter mit einer auf das Lichtspektrum abgestimmten Bandlücke. Die Aufgabe dieser Schicht in einer Solarzelle ist es, durch die Absorption von Lichtquanten Ladungsträgerpaare zu erzeugen, deren Absaugung durch das interne Feld zu einem Stromfluss führt. Das Halbleitermaterial kann insbesondere eine Bandlücke im Bereich 1 bis 1,7 eV, insbesondere 1,3 bis 1,55 eV, aufweisen. Dadurch kann mit der Suspension auf einfache Weise die ansonsten schwer zu erzeugende photoaktive Schicht einer Solarzelle hergestellt werden.

**[0028]** Besonders bevorzugt ist das Pulver aus CZTS, also Kupfer-Zink-Zinn-Sulfid mit der chemischen Formel  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ . CZTS hat den Vorteil, dass sämtliche Ausgangsmaterialien gut verfügbar und ungiftig sind. Weiters ergibt sich der Vorteil, dass CZTS mit herkömmlichen Verfahren nur aufwendig und/oder unter Verwendung giftiger Substanzen herstellbar ist, während es bei der Suspension möglich ist, leicht synthetisierbares, reines CZTS-Pulver zu verwenden.

**[0029]** Für die Verwendung als Absorbermaterial für eine photoaktive Schicht einer Solarzelle sind alternativ auch andere Materialien denkbar, wie CIGS, GaAs oder CdTe.

**[0030]** Besonders bevorzugt kann weiters die Verwendung der Suspension zur Herstellung einer photoaktiven Schicht einer Solarzelle vorgesehen sein.

**[0031]** Es sind aber auch andere Einsatzmöglichkeiten denkbar und vorteilhaft.

**[0032]** Alternativ kann die Verwendung der Suspension zur Herstellung einer aktiven Schicht in der Photochemie, Thermoelektrik und/oder als Anodenmaterial eines Akkumulators, insbesondere eines Li-Ionen Akkumulators vorgesehen sein.

**[0033]** Weiters kann die Verwendung der Suspension zur Herstellung von Ausgangsmaterialien eines Vakuumbeschichtungsverfahrens sein, bevorzugt eines sogenannten Sputtertargets.

**[0034]** Die Suspension kann auch zur Herstellung einer Schutzschicht für einen Gegenstand, insbesondere für ein Bauteil, oder als Bremsbelag vorgesehen sein.

**[0035]** Das Lösungsmittel kann insbesondere anorganisch sein.

**[0036]** Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass das Lösungsmittel ein wässriges Lösungsmittel ist. Hierbei ergibt sich der Vorteil, dass bei der Herstellung der Halbleiterschicht keine Kohlenwasserstoffe entweichen, wodurch der Herstellungsprozess ungefährlich ist. Weiters verbleiben keine organischen Rückstände des Lösungsmittels in der Halbleiterschicht. Weiters sind wässrige Lösungsmittel, insbesondere Wasser, ökologisch unbedenklich.

**[0037]** Es kann auch vorgesehen sein, dass das Lösungsmittel ein organisches Lösungsmittel ist. Hierbei kann das Lösungsmittel ein Alkohol, ein Ether, ein Keton, ein Aldehyd, ein chloriertes, ein aliphatisches oder ein aromatisches Lösungsmittel, insbesondere Methanol, Ethanol, Isopropanol, Dimethylsulfoxid, Propanal, Chlorbenzol, Pyridin, Formamid, Chloroform, Polyvinylalkohol, Pentan, Toluol oder Aceton, sein.

**[0038]** Weiters kann besonders bevorzugt vorgesehen sein, dass das Bindemittel wenigstens ein

Polysaccharid enthält. Das Bindemittel kann besonders bevorzugt Gummi Arabicum, Xanthan oder PEG 400 sein. Dadurch kann die Suspension auch ein ökologisch unbedenkliches und gut verfügbares Bindemittel aufweisen. Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass mittels wenigstens eines Polysaccharids oder mittels Gummi Arabicum als Bindemittel besonders kompakte und defektfreie Halbleiterschichten erzeugt werden können.

**[0039]** Es kann vorgesehen sein, dass das Bindemittel eine Zersetzungstemperatur von maximal 350°C, insbesondere maximal 250°C, bevorzugt maximal 150°C, aufweist.

**[0040]** Es kann alternativ vorgesehen sein, dass das Bindemittel eine Zersetzungstemperatur von mindestens 350°C, insbesondere von mindestens 400°C, bevorzugt von mindestens 500°C, aufweist.

**[0041]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein Verhältnis des Bindemittels zu dem Lösungsmittel in der Suspension maximal 10 %, insbesondere maximal 6 %, beträgt. Je nachdem, ob das Bindemittel in fester oder flüssiger Form zugegeben wird kann dies v% oder v/m% sein. Hierbei hat sich gezeigt, dass bei einer derartigen Dosierung von Bindemittel zu Lösungsmittel eine gute Durchmischung sowie gute rheologische Eigenschaften der Suspension ergeben.

**[0042]** Weiters kann vorgesehen sein, dass ein Verhältnis des Pulvers zu dem Lösungsmittel in der Suspension maximal 3,5 g/ml, insbesondere maximal 2,5 g/ml, bevorzugt maximal 1,5 g/ml, beträgt. Auch hier hat sich gezeigt, dass bei einer derartigen Dosierung eine gute Durchmischung sowie gute rheologische Eigenschaften der Suspension ergeben.

**[0043]** Es kann vorgesehen sein, dass ein Verhältnis des Pulvers zu dem Lösungsmittel in der Suspension mindestens 0,1 g/ml, insbesondere mindestens 0,5 g/ml, bevorzugt mindestens 1 g/ml beträgt.

**[0044]** Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass ein Verhältnis des Bindemittels zu dem Lösungsmittel in der Suspension maximal 10 %, insbesondere maximal 6 %, beträgt.

**[0045]** Die Suspension kann insbesondere weitere Zusätze aufweisen, insbesondere ein Netzmittel und/oder Mittel zu Einstellung der Viskosität der Suspension. Auch diese weiteren Zusätze können insbesondere nicht toxisch sein.

**[0046]** Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Suspension frei von toxischen Bestandteilen ist.

**[0047]** Weiters kann vorgesehen sein, dass das Pulver eine Korngröße von mindestens 50 nm, insbesondere mindestens 200 nm, besonders bevorzugt mindestens 500 nm, aufweist. Die Korngröße kann insbesondere dem Äquivalenzdurchmesser einer Kugel mit gleichem Volumen entsprechen. Pulver mit einer derartigen minimalen Korngröße kann einfach dadurch hergestellt werden, dass gröberes und leicht synthetisch herzustellendes Pulver weiter zerkleinert, insbesondere gemahlen wird. Ein derartiges Pulver ist wesentlich einfacher in großen Mengen herstellbar, als Nanopartikel, welche oftmals eine Korngröße bis maximal 20 nm aufweisen. Die aufgrund der minimalen Korngröße verringerte Haftbarkeit der Körner untereinander im Vergleich zu Nanopartikeln wird hierbei durch das Bindemittel entgegen gewirkt. Dadurch kann der Aufwand zur Herstellung des Pulvers gering gehalten werden.

**[0048]** Je nach Anwendungsgebiet kann durch eine unterschiedliche Korngröße des Pulvers die Beschaffenheit der Halbleiterschicht modifiziert werden. Je größer die einzelnen Körner des Pulvers sind, umso größer sind die Hohlräume zwischen den aneinander angrenzenden Körnern.

**[0049]** Weiters kann vorgesehen sein, dass das Pulver eine Korngröße von maximal 2000 nm, insbesondere maximal 1000 nm, besonders bevorzugt maximal 650 nm, aufweist. Durch eine derart geringe Korngröße kann eine zusammenhängende und dünne Halbleiterschicht hergestellt werden. Weiters kann eine Größe der Poren dadurch gering gehalten werden.

**[0050]** Die Korngröße des Pulvers kann bevorzugt im Wesentlichen 600 nm betragen.

**[0051]** Weiters kann vorgesehen sein, dass das Pulver Körner mit unterschiedlichen Korngrößen aufweist, wobei ein Unterscheid zwischen der kleinsten Korngröße und der größten Korngröße

maximal 200 nm, bevorzugt maximal 100 nm, beträgt.

**[0052]** Ein Median der Korngröße kann insbesondere maximal 650 nm betragen, besonders bevorzugt maximal 500 nm betragen.

**[0053]** Die Suspension kann hierbei insbesondere eine kolloidale Suspension sein.

**[0054]** Weiters kann vorgesehen sein, dass eine Dicke der Halbleiterschicht maximal 30  $\mu\text{m}$ , insbesondere maximal 15  $\mu\text{m}$ , bevorzugt maximal 6  $\mu\text{m}$  beträgt.

**[0055]** Es kann vorgesehen sein, dass die Dicke der Halbleiterschicht mindestens das Dreifache der maximalen Korngröße des Pulvers entspricht. Dadurch kann eine im Wesentlichen durchbrechungsfreie Schicht bereits ab mindestens drei Korndurchmessern erzeugt werden. Die Dicke der Halbleiterschicht kann insbesondere mindestens 2000 nm betragen.

**[0056]** Die Halbleiterschicht kann insbesondere porös sein, besonders bevorzugt mesoporös.

**[0057]** Die Halbleiterschicht kann alternativ auch kompakt und defektfrei sein.

**[0058]** Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Halbleiterschicht offenporös ist. Die Poren der Halbleiterschicht sind daher überwiegend nicht geschlossen, sondern gegenüber außen offen. Hierbei ist es bei einigen Anwendungen wie bei der Photochemie oder als Anodenmaterial vorteilhaft, wenn die Halbleiterschicht eine große Oberfläche aufweist.

**[0059]** Weiters können in die Poren weitere Materialien eingebracht werden, um beispielsweise die Bändeigenschaften als photoaktives Absorbermaterial bei einer Solarzelle zu beeinflussen, insbesondere die Anpassung unterschiedlicher Bändeigenschaften.

**[0060]** Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Halbleiterschicht Poren aufweist, und dass in den Poren ein weiteres Material angeordnet ist. Bei der Herstellung kann hierbei zuerst die offenporöse Halbleiterschicht hergestellt werden, und nachträglich das weitere Material in die Poren eingebracht werden. Das weitere Material kann insbesondere ein Polymer sein. Das weitere Material kann alternativ ein weiterer Halbleiter, bevorzugt Perovskit, sein. Das weitere Material kann bevorzugt in Form von Nanopartikeln vorliegen. Hierfür können die Nanopartikel beim Einbringen in die Poren in einem weiteren Lösungsmittel dispergiert sein. Durch das weitere Material in den Poren der Halbleiterschicht kann die Absorption von Licht, und dadurch insbesondere auch der Wirkungsgrad einer Solarzelle, erhöht werden.

**[0061]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Halbleiterschicht weitgehend porenfrei ist. Auch dadurch kann ein Wirkungsgrad einer Solarzelle erhöht werden, da dadurch weniger Elektron-Loch Paare vor deren Extraktion an Fehlstellen rekombinieren.

**[0062]** Das Vermischen bei der Herstellung der Suspension kann insbesondere durch herkömmliche Vermischungsverfahren wie Rühren, Ultraschallbehandlung oder Schütteln erfolgen.

**[0063]** Die Erzeugung einer Halbleiterschicht kann bevorzugt dadurch erfolgen, dass die Suspension mittels einer Auftragungsmethode in einem ersten Schritt auf eine Oberfläche aufgetragen wird, wobei die, auf die Oberfläche aufgetragene Suspension in einem zweiten Schritt wärmebehandelt wird, wobei sich das Lösungsmittel und das Bindemittel während der Wärmebehandlung verflüchtigen und sich eine Schicht aus dem Pulver bildet.

**[0064]** Es kann vorgesehen sein, dass die Wärmebehandlung bei einer Temperatur von maximal 700°C, insbesondere maximal 600°C, bevorzugt maximal 500°C, erfolgt.

**[0065]** Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass die Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 620°C erfolgt.

**[0066]** Die einzelnen Körner werden vorzugsweise mittels einer Grenzflächenreaktion, insbesondere durch Sintern, miteinander verbunden.

## Patentansprüche

1. Suspension zur Herstellung einer Halbleiterschicht, wobei die Suspension ein Lösungsmittel, ein Bindemittel und ein Pulver aus einem Halbleitermaterial umfasst, wobei das Halbleitermaterial CZTS ist, wobei das Bindemittel Gummi Arabicum ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halbleiterschicht Poren aufweist, und dass in den Poren ein weiteres Material angeordnet ist.
2. Suspension nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halbleitermaterial ein Absorbermaterial für eine photoaktive Schicht, insbesondere für eine Solarzelle, ist.
3. Suspension nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pulver eine Korngröße von mindestens 50 nm, insbesondere mindestens 200 nm, besonders bevorzugt mindestens 500 nm, aufweist.
4. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pulver eine Korngröße von maximal 2000 nm, insbesondere maximal 1000 nm, besonders bevorzugt maximal 650 nm, aufweist.
5. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lösungsmittel ein wässriges Lösungsmittel ist.
6. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Verhältnis des Pulvers zu dem Lösungsmittel in der Suspension maximal 3,5 g/ml, insbesondere maximal 2,5 g/ml, bevorzugt maximal 1,5 g/ml, beträgt.
7. Halbleiterschicht hergestellt aus einer Suspension gemäß einer der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Halbleiterschicht eine zusammenhängende und im Wesentlichen durchbrechungsfreie Schicht ist, wobei die Halbleiterschicht im Wesentlichen aus dem Pulver des Halbleitermaterials, welches mit dem Bindemittel miteinander verbunden ist, besteht, wobei das Lösungsmittel im Wesentlichen rückstandsfrei verdampft ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halbleiterschicht Poren aufweist, und dass in den Poren ein weiteres Material angeordnet ist.
8. Halbleiterschicht nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Dicke der Halbleiterschicht maximal 30 µm, insbesondere maximal 15 µm, bevorzugt maximal 6 µm beträgt.
9. Halbleiterschicht nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halbleiterschicht offenporös ist.
10. Verwendung der Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Herstellung einer photoaktiven Schicht einer Solarzelle.
11. Verfahren zur Herstellung einer Suspension zur Herstellung einer Halbleiterschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei ein Lösungsmittel, ein Bindemittel und ein Pulver aus einem Halbleitermaterial miteinander vermischt werden, wobei das Halbleitermaterial CZTS ist und das Bindemittel Gummi Arabicum ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halbleiterschicht Poren aufweist, und dass in den Poren ein weiteres Material angeordnet wird.
12. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterschicht unter Verwendung einer Suspension gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Suspension auf ein Substrat aufgetragen und anschließend das Lösungsmittel verdampft wird, wobei die Halbleiterschicht eine zusammenhängende und im Wesentlichen durchbrechungsfreie Schicht ist, wobei die Halbleiterschicht im Wesentlichen aus dem Pulver des Halbleitermaterials, welches mit dem Bindemittel miteinander verbunden ist, besteht, wobei das Lösungsmittel im Wesentlichen rückstandsfrei verdampft ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halbleiterschicht Poren aufweist, und dass in den Poren ein weiteres Material angeordnet wird.

Hierzu keine Zeichnungen