



(10) **DE 10 2012 202 216 B4** 2023.01.05

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 202 216.3**  
(22) Anmeldetag: **14.02.2012**  
(43) Offenlegungstag: **16.08.2012**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **05.01.2023**

(51) Int Cl.: **H10K 85/00 (2023.01)**  
**H10K 71/00 (2023.01)**  
**H10K 30/00 (2023.01)**

Innerhalb von neun 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).

(30) Unionspriorität:  
**13/027,306**                      **15.02.2011**      **US**

(73) Patentinhaber:  
**Xerox Corp., Norwalk, Conn., US**

(74) Vertreter:  
**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB,  
80802 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Lin, Liang-Bih, Carlsbad, Calif., US; Cardoso,  
George C., Webster, N.Y., US; Preske, Amanda,  
Rochester, N.Y., US; Balantrapu, Krishna,  
Marlborough, Mass., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US**                                      **2011 / 0 037 065**      **A1**  
**US**                                      **5 028 687**              **A**

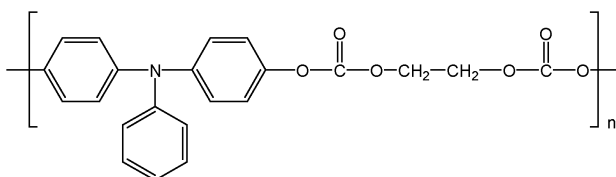
**BENSON-SMITH J. J. [et al.]: Formation of a Ground-State Charge-Transfer Complex in Polyfluorene/[6,6]-Phenyl-C61 Butyric Acid Methyl Ester (PCBM) Blend Films and Its Role in the Function of Polymer/PCBM Solar Cells. In: Adv. Funct. Mater., Vol. 17, 2007, S. 451-457.**

**THOMPSON, B. C.; Fréchet, J. M. J.: Polymer-Fullerene Composite Solar Cells. In: Angew. Chem. Int. Ed., 47, 2008, S. 58 - 77. - ISSN 1521-3773**

**VADDIRAJU, S. [u.a.]: Radical Salt-Doped Hole Transporters in Organic Photovoltaic Devices. In: Chem. Mater., 19, 2007, S. 4049 - 4055. - ISSN 0897-4756**

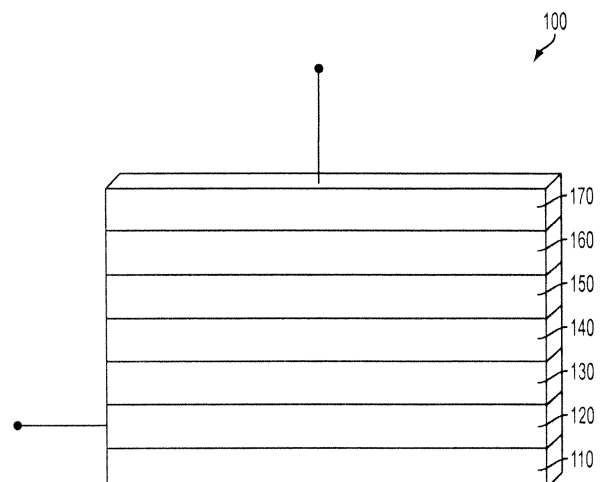
(54) Bezeichnung: **Photovoltaikvorrichtung und Verfahren zum Herstellen einer Photovoltaikvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Photovoltaikvorrichtung mit einer aktiven Schicht, die einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylamminbiscarbonatester der Formel (A) aufweist:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft eine Photovoltaikvorrichtung (das heißt eine photoelektrische Vorrichtung), die mit Licht aus einem breiten Spektrum, wie zum Beispiel mit Sonnenlicht, bestrahlt werden kann, um einen elektrischen Strom zu erzeugen. Die Materialien, die hier beschrieben werden, können zur Herstellung organischer Solarzellen verwendet werden. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Photovoltaikvorrichtung.

**[0002]** Eine Photovoltaikvorrichtung enthält gewöhnlich eine Schicht mit einem photoaktiven Material (das heißt eine aktive Schicht), die zwischen zwei Elektroden (das heißt einer Kathode und einer Anode) angeordnet ist. Die photoaktive Schicht kann die Energie eines Photons absorbieren, welches durch Strahlung, wie beispielsweise Sonnenlicht, emittiert wurde. Diese Photonenenergie erzeugt ein Exciton, oder gebundenes Elektron-Loch Paar. Abhängig von dem Material können das Elektron und das Loch eine kurze Entfernung (im Bereich von einigen zehn Nanometern) zurücklegen, bevor eine spontane Rekombination erfolgt. Das Exciton kann sich zu einem Übergang bewegen, an welchem sie getrennt werden können, so dass die Elektronen an einer Elektrode und die Löcher an der anderen Elektrode gesammelt werden. Dies ermöglicht, dass Strom durch einen externen Stromkreis fließt.

**[0003]** Die meisten organischen/polymeren Halbleitermaterialien, die in Solarzellen verwendet werden, haben eine begrenzte Lebensdauer, was zu Problemen bei deren Verwendung führt. Poly(3-hexylthiophen), das an besten bekannte Material für Kunststoff-Solarzellen, hat beispielsweise eine Lebensdauer von nur etwa einem Jahr. Die meisten photoaktiven Materialien müssen, nachdem sie auf einem Substrat aufgebracht wurden, thermisch und/oder unter Anwendung eines Vakuums behandelt werden, und es sind zusätzliche Pufferschichten oder Sperrschichten in solchen Strukturen erforderlich, um einen Leckstrom zu verhindern oder um die gewünschten photoelektrischen Eigenschaften zu erhalten. Diese Faktoren erschweren die Herstellung der Solarzellen.

**[0004]** Es besteht deshalb ein Bedarf an einer neuen Photovoltaikvorrichtung, die eine längere Lebensdauer hat und die unter Umgebungsbedingungen hergestellt werden kann, ohne dass nach dem Aufbringen der aktiven Schicht auf einem Substrat eine Behandlung durchgeführt werden muss und ohne dass Puffer- oder Sperrschichten verwendet werden müssen. Es besteht ebenfalls ein Bedarf an einer Photovoltaikvorrichtung, die mehr Lichtenergie des Sonnenlichtes aufnehmen kann und die eine größere Menge an Strom erzeugen kann, wodurch der Wirkungsgrad verbessert wird.

**[0005]** US 5 028 687 A offenbart polymere tertiäre Arylaminverbindungen und elektrographische Abbildungselemente und Verfahren, die solche polymeren tertiären Arylaminverbindungen verwenden.

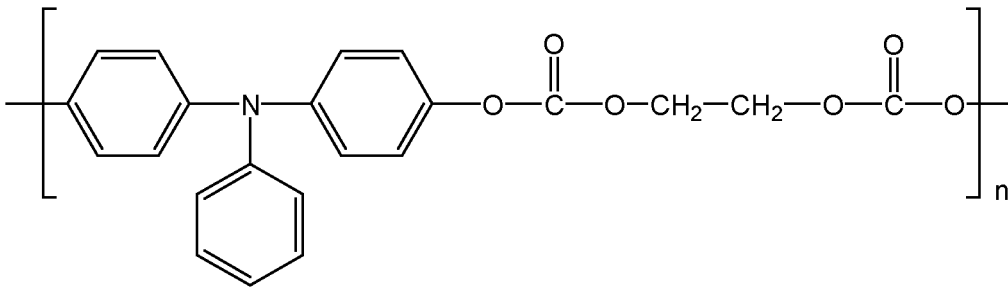
**[0006]** S. Vaddiraju et. al., „Radical Salt-Doped Hole Transporters in Organic Photovoltaic Devices“, Chem. Mater., 19, 2007, S. 4049-4055, betrifft eine Studie, in der aus dicken Polymerfilmen unter Verwendung ternärer Mischungen aus C60, einem mit Polycarbonat verknüpften TPD (N,N,N',N'-Tetrakis(phenyl)benzidin)-Polymer (PTPD) und einem radikalischen Salz eines TPD-Derivats mit geringem Molekulargewicht in einer Indium-ZinnOxid/Mischung/Al-Konfiguration effiziente photovoltaische Bauelemente hergestellt wurden. Die binären PTPD-Mischungen mit Salz und C60 wurden ebenfalls in einer ähnlichen Konfiguration untersucht.

**[0007]** B. C. Thompson et. al., „Polymer-Fullerene Composite Solar Cells“, Angew. Chem. Int. Ed., 47, 2008, S. 58-77, betrifft Polymer-Fulleren-Komposite für Solarzellen.

**[0008]** J.J. Benson-Smith et. al., „Formation of a Ground-State Charge-Transfer Complex in Polyfluorene/[6,6]-Phenyl-C61 Butyric Acid Methyl Ester (PCBM) Blend Films and Its Role in the Function of Polymer/PCBM Solar Cells“, Adv. Funct. Mater., Vol. 17, 2007, S. 451-457, betrifft eine Studie über die Bildung eines schwachen Grundzustand-Ladungsübertragungskomplexes in den Blend-Filmen von Poly[9,9-dioctylfluoren-co-N-(4-methoxyphenyl)diphenylamin]-Polymer (TFMO) und [6,6]-Phenyl-C61-buttersäuremethylester (PCBM) unter Verwendung von photothermischer Ablenkungsspektroskopie (PDS) und Photolumineszenz (PL)-Spektroskopie.

**[0009]** US 2011/0 037 065 A1 offenbart eine Vorrichtung, die ein Substrat, zwei oder mehr einander gegenüberliegende Elektroden, die auf dem Substrat angeordnet sind, und eine positive Lochinjektions-Transportschicht umfasst, die zwischen zwei Elektroden unter den zwei oder mehr Elektroden angeordnet ist, wobei die positive Lochinjektions-Transportschicht ein Reaktionsprodukt eines Molybdän- oder Wolframkomplexes enthält.

**[0010]** Die vorliegende Erfindung stellt eine Photovoltaikvorrichtung mit einer aktiven Schicht bereit, die einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylamminbiscarbonatester der Formel (A) umfasst:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung stellt außerdem eine Photovoltaikvorrichtung bereit, umfassend:

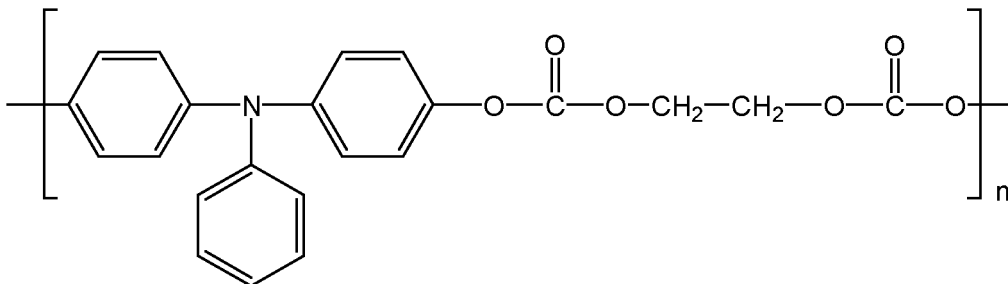
ein Substrat;

eine erste Elektrode auf dem Substrat;

eine zweite Elektrode; und

eine aktive Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode;

wobei die aktive Schicht [6,6]-Phenyl-C<sub>61</sub>-buttersäuremethylester (PCBM) und einen Polyarylamminbiscarbonatester der Formel (A) umfasst:



Formel (A)

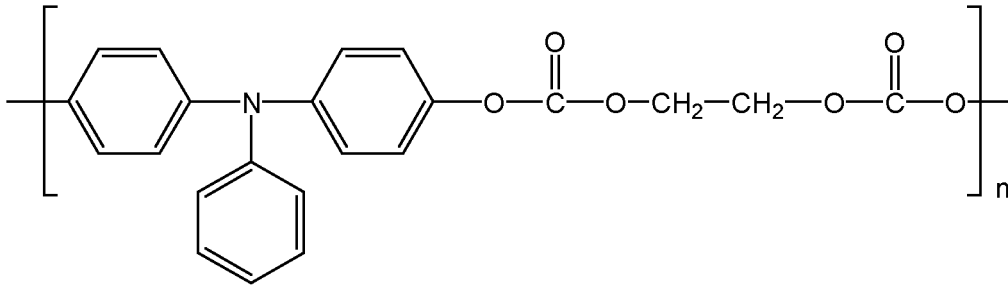
worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung stellt weiterhin ein Verfahren zum Herstellen einer Photovoltaikvorrichtung bereit, umfassend die folgenden Schritte:

das Aufbringen einer Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht auf einer Elektrode unter Anwendung eines Flüssigbeschichtungsprozesses; und

das Trocknen der Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht, um eine aktive Schicht auf der Elektrode zu bilden;

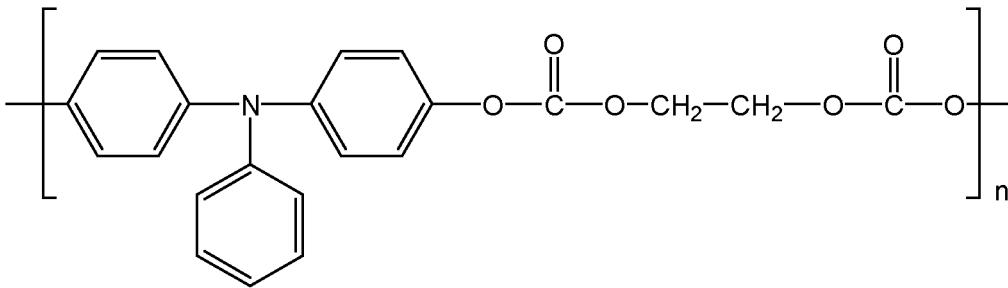
wobei die Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylamminbiscarbonatester der Formel (A) umfasst:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Photovoltaikvorrichtung weist eine aktive Schicht auf, die einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylaminebiscarbonatester der Formel (A) umfasst:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

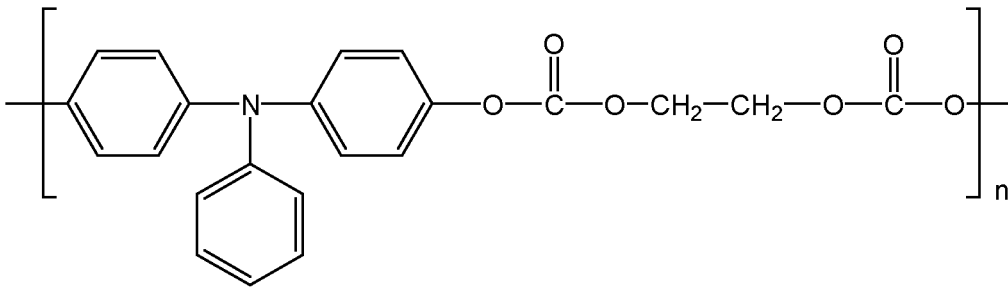
**[0014]** Der Polyarylaminebiscarbonatester kann 5 bis 5000 sich wiederholenden Einheiten umfassen ( $n = 5$  bis 5000).

**[0015]** Der Elektronenakzeptor kann  $C_{60}$  Fulleren, [6,6]-Phenyl- $C_{61}$ -buttersäuremethylester (PCBM),  $C_{70}$  Fulleren, [6,6]-Phenyl- $C_{71}$ -buttersäuremethylester oder ein Fullerenderivat sein.

**[0016]** Das Gewichtsverhältnis von Polyarylaminebiscarbonatester zu Elektronenakzeptor kann im Bereich von 15:85 bis 30:70 liegen und beträgt bevorzugt 25:75.

**[0017]** Die Photovoltaikvorrichtung kann weiterhin ein Substrat, eine erste Elektrode auf dem Substrat sowie eine zweite Elektrode umfassen, wobei die aktive Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist. In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung umfasst die Vorrichtung keine Elektronensperrschichten oder Lochsperrschichten. In anderen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist die aktive Schicht in direktem Kontakt mit der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet.

**[0018]** Eine andere Ausführungsform der Erfindung ist eine Photovoltaikvorrichtung, die ein Substrat, eine erste Elektrode auf dem Substrat, eine zweite Elektrode und eine aktive Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode umfasst, wobei die aktive Schicht [6,6]-Phenyl- $C_{61}$ -buttersäuremethylester (PCBM) und einen Polyarylaminebiscarbonatester der Formel (A) umfasst:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

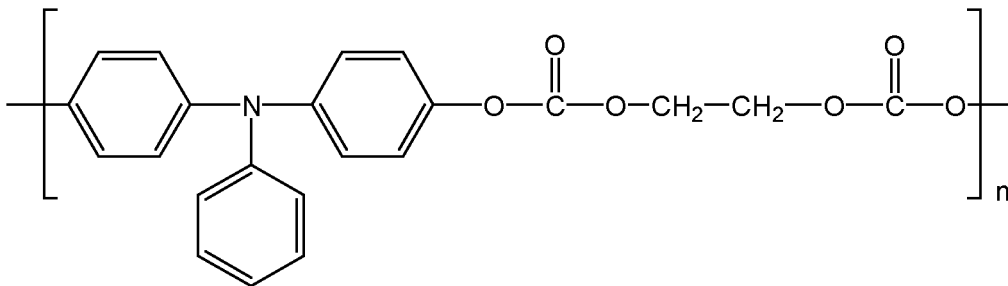
**[0019]** Die aktive Schicht enthält bevorzugt 15 bis 30 Gewichtsprozent des Polyarylaminebiscarbonatesters.

**[0020]** Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zum Herstellen einer Photovoltaikvorrichtung, das die folgenden Schritte umfasst:

das Aufbringen einer Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht auf einer Elektrode unter Anwendung eines Flüssigbeschichtungsprozesses; und

das Trocknen der Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht, um eine aktive Schicht auf der Elektrode zu bilden;

wobei die Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylaminebiscarbonatester der Formel (A) umfasst:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

**[0021]** Es ist bevorzugt, dass die aktive Schicht nach dem Trocknen nicht thermisch und/oder unter Anwendung eines Vakuums behandelt wird.

**[0022]** Die **Fig. 1** zeigt eine Querschnittsansicht einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Photovoltaikvorrichtung.

**[0023]** Die **Fig. 2** zeigt eine Querschnittsansicht einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Photovoltaikvorrichtung.

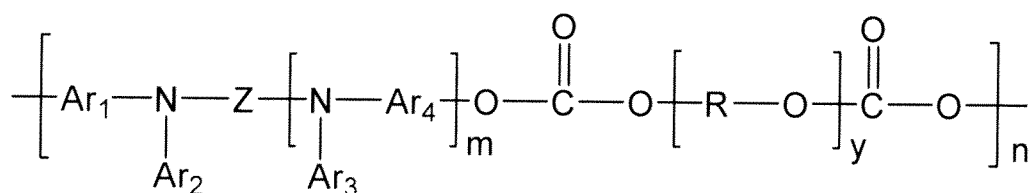
**[0024]** Die **Fig. 3** ist ein Diagramm, in dem der Wirkungsgrad ( $\eta$  in Prozent) der erfindungsgemäßen Photovoltaikvorrichtung in Abhängigkeit von der Menge (in Gewichtsprozent) an Polyarylaminebiscarbonatester in der aktiven Schicht dargestellt ist.

**[0025]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Photovoltaikvorrichtung mit einer aktiven Schicht. Die aktive Schicht umfasst einen Polyarylaminebiscarbonatester (oder PABC) und einen Elektronenakzeptor.

**[0026]** Die **Fig. 1** zeigt eine Seitenquerschnittsansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Photovoltaikvorrichtung 100. Die Vorrichtung umfasst ein Substrat 110. Eine erste Elektrode, wie zum Beispiel eine Anode 120, ist auf dem Substrat 110 angeordnet. Eine Halbleiterschicht, wie zum Beispiel eine aktive Schicht 140, ist auf der Anode 120 angeordnet. Zwischen der Anode 120 und der Halbleiterschicht 140 kann eine optionale Elektronensperrschicht 130 angeordnet sein. Eine zweite Elektrode, wie zum Beispiel eine Kathode 170, ist auf dem Substrat 110 und auf der aktiven Schicht 140 angeordnet. Auf der aktiven Schicht 140 kann eine optionale Elektronentransportschicht 150 angeordnet sein. Auf der optionalen Elektronentransportschicht 150 kann eine optionale Lochsperrschicht 160 angeordnet sein. Die Anode 120 ist näher am Substrat 110 angeordnet als die Kathode 170.

**[0027]** Die **Fig. 2** zeigt eine Seitenquerschnittsansicht einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Photovoltaikvorrichtung 100. Die Vorrichtung umfasst ein Substrat 110, eine Anode 120, eine Halbleiterschicht 140 und eine Kathode 170; lediglich diese Bestandteile sind erforderlich, damit die Photovoltaikvorrichtung funktioniert. Wenn jedoch die zuvor beschriebenen zusätzlichen Schichten in die Photovoltaikvorrichtung eingebracht werden, kann eine Photovoltaikvorrichtung mit einem hohen Wirkungsgrad erhalten werden. Es ist jedoch bevorzugt, dass die Photovoltaikvorrichtung keine Lochsperrschicht oder Elektronensperrschicht umfasst.

**[0028]** Die aktive Schicht enthält einen Polyarylamino-biscarbonatester der Formel (A):

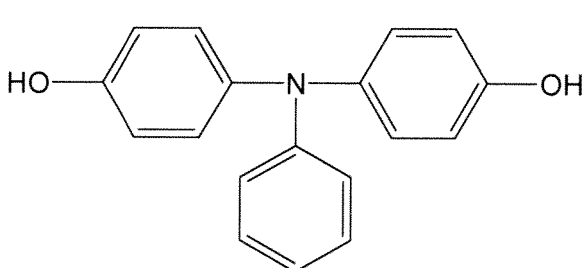


Formel (I)

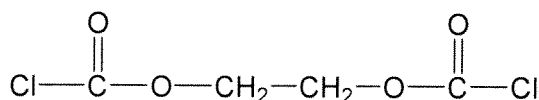
worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

**[0029]** Entsprechend einer Ausführungsform der Erfindung liegt n im Bereich von 5 bis 5000.

**[0030]** Man kann den Polyarylamino-biscarbonatester der Formel (A) als Polycarbonatcopolymer betrachten, das bei der Umsetzung (i) einer Stickstoffverbindung mit zwei Hydroxygruppen mit (ii) einem Bischlorformiat erhalten werden kann. Die Reaktion kann mit Triethylamin katalysiert werden. Der PABC der Formel (A) wird erhalten, indem die Monomere Bis(4-hydroxyphenyl)phenylamin und Ethylenglycolbischlorformiat miteinander umgesetzt werden.



Bis(4-hydroxyphenyl)phenylamin

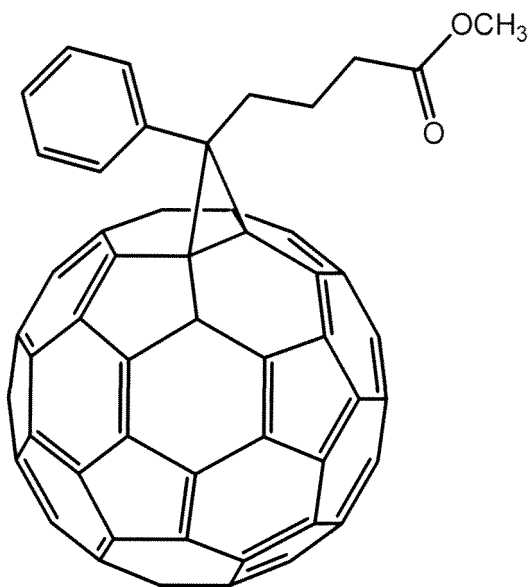


Ethylenglycolbischlorformiat

**[0031]** Die aktive Schicht enthält weiterhin einen Elektronenakzeptor. Ein Elektronenakzeptor ist ein Material (das eine Verbindung sein kann), das Elektronen von einer anderen Verbindung aufnehmen kann. Mit anderen Worten, der Elektronenakzeptor bewegt Elektronen effizienter als der Polyarylamino-biscarbonatester. Der Elektronenakzeptor kann ein Fulleren oder ein Fullerenderivat sein. Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, dass

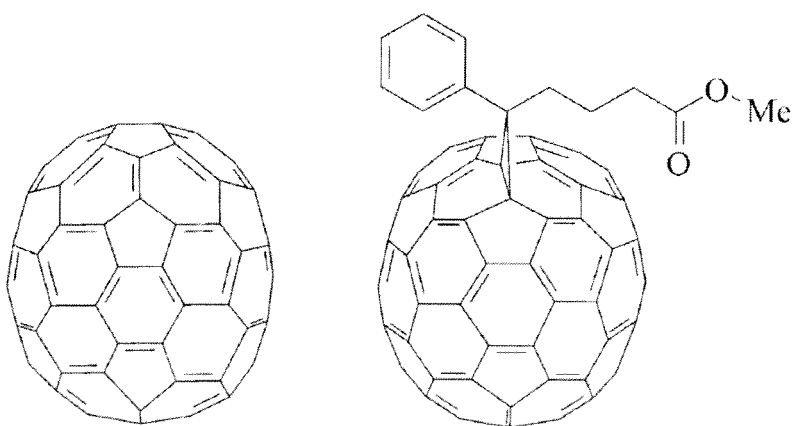
der Elektronenakzeptor C<sub>60</sub> Fulleren, [6,6]-Phenyl-C<sub>61</sub>-buttersäuremethylester (PCBM), C<sub>70</sub> Fulleren oder [6,6]-Phenyl-C<sub>71</sub>-buttersäuremethylester ist.

**[0032]** Es ist besonders bevorzugt, dass der Elektronenakzeptor PCBM ist. PCBM hat die folgende Formel:



PCBM

C<sub>70</sub> Fulleren und PC[70]BM haben die folgenden Formeln:

C<sub>70</sub> Fulleren

PC[70]BM

**[0033]** Ein wesentlicher Vorteil des Polyarylamminbiscarbonatesters der Formel (A) ist der, dass er eine lange Lebensdauer von mehr als einem Jahrzehnt hat und deshalb lange verwendet werden kann. Im Gegensatz dazu beträgt die Lebensdauer von Polythiophenen gewöhnlich weniger als 18 Monate. Weiterhin reagieren die meisten bekannten photoaktiven Materialien empfindlich auf Sauerstoff, so dass die Herstellung in einer inerten Atmosphäre durchgeführt werden muss. Im Gegensatz dazu kann die erfindungsgemäße Halbleiterschicht unter Umgebungsbedingungen hergestellt werden. Erfindungsgemäß ist es ebenfalls möglich, eine Photovoltaikvorrichtung mit einer hohen Leistungsfähigkeit herzustellen, ohne dass Elektronensperrschichten oder Lochsperrschichten verwendet werden müssen.

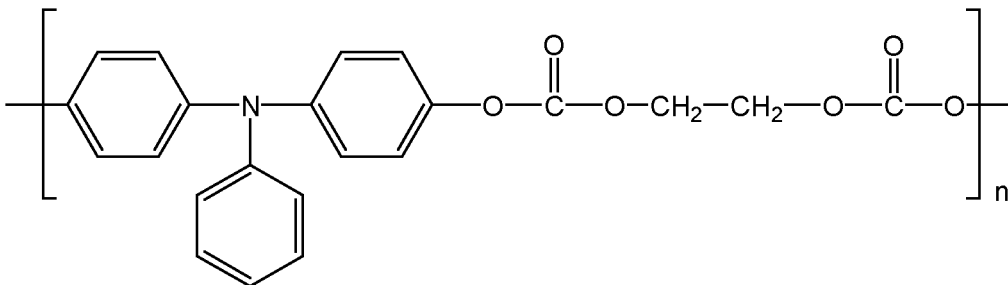
**[0034]** Die Halbleiterschicht kann unter Anwendung eines Flüssigbeschichtungsprozesses hergestellt werden, wie zum Beispiel durch Schleuderbeschichten, durch Eintauchbeschichten, durch Beschichten mit einer

Rakel, durch Beschichten mit einem Stab, mittels Siebdruck, durch Beschichten mit einem Stempel oder unter Verwendung eines Tintenstrahldruckers, oder unter Anwendung eines anderen geeigneten und bekannten Verfahrens. Gewöhnlich wird eine Halbleiterzusammensetzung hergestellt, die den PABC der Formel (A), den Elektronenakzeptor und ein Lösungsmittel enthält. Beispiele für geeignete Lösungsmittel umfassen Wasser; Alkohole, wie beispielsweise Methanol, Ethanol, Propanol, Butanol, Pentanol, Hexanol, Ethylenglycol, Dowanol oder Methoxyethanol; Acetate, wie beispielsweise Ethylacetat oder Propylenglycolmonoethyletheracetat; Ketone, wie beispielsweise Methylisobutylketon, Methylisoamylketon, Aceton, Methylethylketon oder Methylpropylketon; Ether, wie beispielsweise Petroleumether, Tetrahydrofuran oder Methyl-t-butylether; Kohlenwasserstoffe, wie beispielsweise Hexan, Cyclohexan, Cyclopentan, Hexadecan oder Isooctan; aromatische Kohlenwasserstoffe, wie beispielsweise Toluol, Xylol, Ethylbenzol oder Mesitylen; Chlor-enthaltende Lösungsmittel, wie beispielsweise Chloroform, Dichlormethan, Dichlorethan, Chlorbenzol, Dichlorbenzol oder Trichlorbenzol; und andere Lösungsmittel, wie beispielsweise Dimethylsulfoxid, Trifluoressigsäure, Acetonitril, Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Pyridin oder N-Methyl-a-pyrrolidinon.

**[0035]** Die Zusammensetzungen, die PABC und PCBM enthalten, zeichnen sich bei verschiedensten Gewichtsverhältnissen dieser Bestandteile durch gute Filmbildungseigenschaften aus. Bei bestimmten Verhältnissen von PABC zu PCBM hat die erfindungsgemäße Photovoltaikvorrichtung einen besonders guten Wirkungsgrad. Es ist bevorzugt, dass das Gewichtsverhältnis von Polyarylamminbiscarbonatester zu Elektronenakzeptor (in der Halbleiterzusammensetzung, die zur Herstellung der Halbleiterschicht verwendet wird, oder in der Halbleiterschicht als solcher) im Bereich von 15:85 bis 30:70 liegt. Es ist besonders bevorzugt, dass das Gewichtsverhältnis von Polyarylamminbiscarbonatester zu Elektronenakzeptor 25:75 beträgt. Mit anderen Worten, es ist bevorzugt, dass die aktive Schicht 15 bis 30 Gewichtsprozent des Polyarylamminbiscarbonatesters enthält.

**[0036]** Es ist ebenfalls bevorzugt, dass die aktive Schicht eine Dicke im Bereich von 50 nm bis 150 nm hat.

**[0037]** Die Photovoltaikvorrichtung kann hergestellt werden, indem eine Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht auf einer Elektrode unter Anwendung eines Flüssigbeschichtungsprozesses aufgebracht wird. Die die Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht umfasst einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylamminbiscarbonatester der Formel (A):



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

**[0038]** Die Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht wird dann getrocknet, wobei die aktive Schicht erhalten wird. Die erfindungsgemäße Photovoltaikvorrichtung kann hergestellt werden, ohne dass die aktive Schicht nach dem Trocknen thermisch und/oder unter Anwendung eines Vakuums behandelt wird.

**[0039]** Auf dem Substrat 110 der erfindungsgemäßen Photovoltaikvorrichtung sind die anderen Bestandteile der Photovoltaikvorrichtung aufgebracht. Das Substrat sollte zumindest vom violetten bis zum roten Bereich des Spektrums optisch lichtdurchlässig sein, so dass das Licht auf die Halbleiterschicht treffen kann. Es ist bevorzugt, dass das Substrat aus einem Material besteht, ausgewählt aus Glas, Silicium und Kunststofffilmen oder -folien. Für flexible Vorrichtungen können Kunststoffsubstrate, wie zum Beispiel Polyester-, Polycarbonat- oder Polyimidfolien, oder andere geeignete Substrate verwendet werden. Die Dicke des Substrats liegt bevorzugt im Bereich von 10 µm bis mehr als 10 mm und besonders bevorzugt im Bereich von 50 µm bis 5 mm, insbesondere bei flexiblen Kunststoffsubstraten, und besonders bevorzugt im Bereich von 0,5 bis 10 mm bei starren Substraten, wie beispielsweise Glas oder Silicium.



**[0040]** Die Anode 120 und die Kathode 170 bestehen aus elektrisch leitfähigen Materialien. Beispiele für geeignete Materialien für die Elektroden umfassen Aluminium, Gold, Silber, Chrom, Nickel, Platin, Indiumzinnoxid (ITO), Zinkoxid (ZnO) und dergleichen. Es ist bevorzugt, dass eine der Elektroden, insbesondere die Anode, aus einem optisch lichtdurchlässigen Material, wie beispielsweise ITO oder ZnO besteht. Es ist besonders bevorzugt, dass die Anode aus ITO besteht und dass die Kathode aus Aluminium besteht. Die Dicke der Elektroden liegt bevorzugt im Bereich von 40 nm bis 1 µm und besonders bevorzugt im Bereich von 40 bis 400 nm.

**[0041]** Zwischen der Anode 120 und der Halbleiterschicht 140 kann eine Elektronensperrschicht 130 angeordnet sein. Diese Schicht verhindert eine Rekombination an der Anode, indem die Bewegung von Elektronen zur Anode inhibiert wird. Beispiele für geeignete Materialien umfassen Poly(3,4-ethylenedioxythiophen): Poly(styrolsulfonsäure) (PEDOT:PSS), MoO<sub>3</sub> und V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Die Elektronensperrschicht kann eine Dicke im Bereich von 1 bis 100 nm haben.

**[0042]** Zwischen der Halbleiterschicht 140 und der Kathode 170 kann eine Elektronentransportschicht 150 angeordnet sein. Diese Schicht besteht gewöhnlich aus einem Material, in dem sich Elektronen gut bewegen können und das Licht bestimmter Wellenlängen absorbiert. Beispiele für die Materialien für die Elektronentransportschicht umfassen C<sub>60</sub> Fulleren, [6,6]-Phenyl-C<sub>61</sub>-buttersäuremethylester (PCBM), C<sub>70</sub> Fulleren, [6,6]-Phenyl-C<sub>71</sub>-buttersäuremethylester (PC[70]BM) und Fullerenderivate. Die Elektronentransportschicht kann eine Dicke im Bereich von 1 nm bis 50 nm haben.

**[0043]** Zwischen der Halbleiterschicht 140 und der Kathode 170 kann ebenfalls eine Lochsperrschicht 160 angeordnet sein. Wenn die Photovoltaikvorrichtung eine Elektronentransportschicht umfasst, ist die Lochsperrschicht 160 zwischen der Elektronentransportschicht 150 und der Kathode 170 angeordnet. Beispiele für geeignete Materialien für die Lochsperrschicht umfassen Bathocuproin (BCP), Lithiumfluorid und Bathophenanthrolin. Die Lochsperrschicht kann eine Dicke im Bereich von 0,1 nm bis 100 nm haben.

**[0044]** Erfindungsgemäß ist es jedoch bevorzugt, dass die Photovoltaikvorrichtung keine Lochsperrschichten oder Elektronensperrschichten umfasst. Es ist bevorzugt, dass die aktive Schicht in direktem Kontakt mit der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist.

**[0045]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Beispiels genauer beschrieben. Alle Teile sind Gewichtsprozente, wenn nicht anders angegeben.

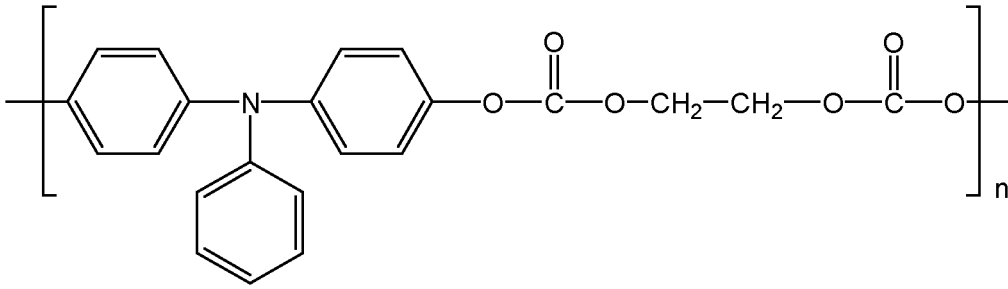
#### Beispiel

**[0046]** Es wurden Photovoltaikvorrichtungen mit aktiven Schichten hergestellt, die unterschiedliche Gewichtsverhältnisse von PABC zu PCBM enthielten. Eine Lösung, die 2 Gewichtsprozent PABC/PCBM in Monochlorbenzol enthielt, wurde unter Anwendung eines Schleuderbeschichtungsverfahrens und unter Laborumgebungsbedingungen auf einem mit ITO beschichteten Glassubstrat aufgebracht, wobei eine aktive Schicht erhalten wurde. Die aktive Schicht hatte eine Dicke von 50 bis 150 nm. Dann wurde eine 100 bis 200 nm dicke Elektrodenschicht aus Aluminium im Vakuum auf der aktiven Schicht aufsublimiert. In diesen Vorrichtungen war die ITO-Elektrode die Anode, und die Aluminiumschicht war die Kathode.

**[0047]** Die erhaltenen Ergebnisse sind in der **Fig. 3** dargestellt, die den Wirkungsgrad als Funktion der Menge an PABC (in Gewichtsprozent) zeigt. Der höchste Wirkungsgrad von 0,45 Prozent wurde bei einer Vorrichtung mit einer aktiven Schicht mit 25 Gewichtsprozent PABC und 75 Gewichtsprozent PCBM erreicht. Wenn die Menge an PABC auf 30 Gewichtsprozent erhöht wurde, nahm der Wirkungsgrad auf 0,32 Prozent ab. Wenn die Menge an PABC weiterhin erhöht wurde, nahm der Wirkungsgrad weiterhin ab: 0,05 Prozent Wirkungsgrad bei 35 Gewichtsprozent PABC und fast kein Wirkungsgrad bei 40 und 45 Gewichtsprozent PABC. Wenn die Konzentration von PABC auf 20 Gewichtsprozent und 15 Gewichtsprozent verringert wurde, wurden Wirkungsgrade von jeweils 0,40 Prozent und 0,35 Prozent erhalten. Bei 5 Gewichtsprozent PABC war der Wirkungsgrad praktisch Null.

#### Patentansprüche

1. Photovoltaikvorrichtung mit einer aktiven Schicht, die einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylamincarbonatester der Formel (A) aufweist:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

2. Photovoltaikvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Gewichtsverhältnis von Polyarylaminebiscarbonat-ester zu Elektronenakzeptor im Bereich von 15:85 bis 30:70 liegt.

3. Photovoltaikvorrichtung nach Anspruch 2, wobei das Gewichtsverhältnis von Polyarylaminebiscarbonat-ester zu Elektronenakzeptor 25:75 beträgt.

4. Photovoltaikvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin aufweisend ein Substrat, eine erste Elektrode auf dem Substrat, und eine zweite Elektrode; wobei die aktive Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist.

5. Photovoltaikvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Vorrichtung keine Elektronen-sperrschichten oder Lochsperrschichten aufweist.

6. Photovoltaikvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei die aktive Schicht in direktem Kontakt mit der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist.

7. Photovoltaikvorrichtung, die aufweist:

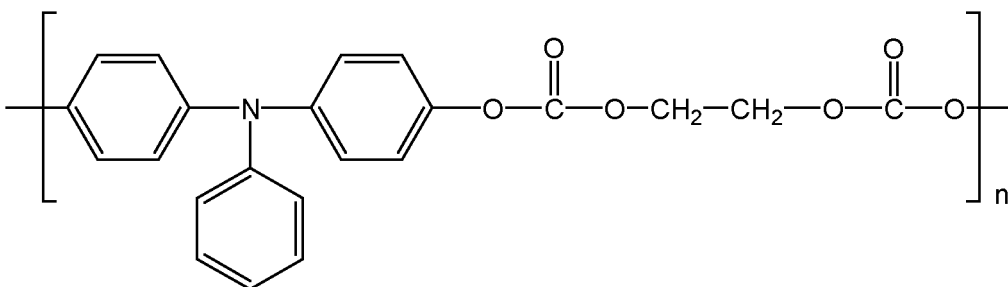
ein Substrat;

eine erste Elektrode auf dem Substrat;

eine zweite Elektrode; und

eine aktive Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode;

wobei die aktive Schicht [6,6]-Phenyl-C<sub>61</sub>-buttersäuremethylester und einen Polyarylaminebiscarbonat-ester der Formel (A) aufweist:



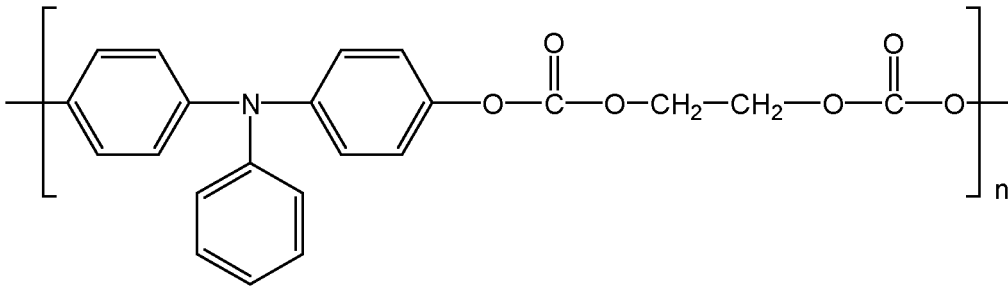
Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

8. Photovoltaikvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die aktive Schicht 15 bis 30 Gewichtsprozent des Polyarylaminebiscarbonat-esters enthält.

9. Verfahren zum Herstellen einer Photovoltaikvorrichtung, das die folgenden Schritte aufweist: das Aufbringen einer Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht auf einer Elektrode unter Anwendung

eines Flüssigbeschichtungsprozesses; und  
das Trocknen der Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht, um eine aktive Schicht auf der Elektrode zu bilden;  
wobei die Lösung für die Herstellung einer aktiven Schicht einen Elektronenakzeptor und einen Polyarylamminbiscarbonatester der Formel (A) aufweist:



Formel (A)

worin n die Anzahl der sich wiederholenden Einheiten ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

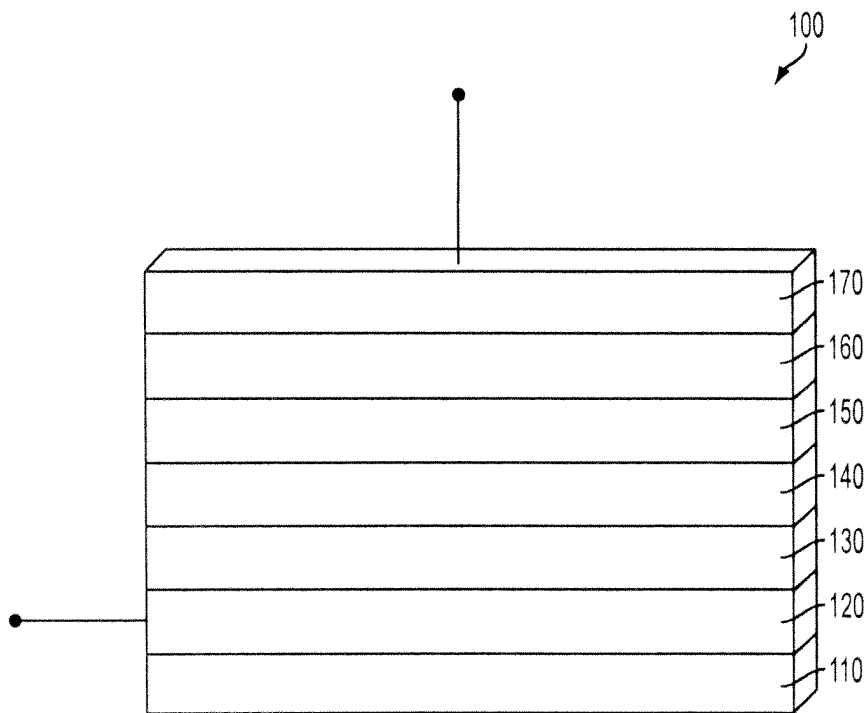


FIG. 1

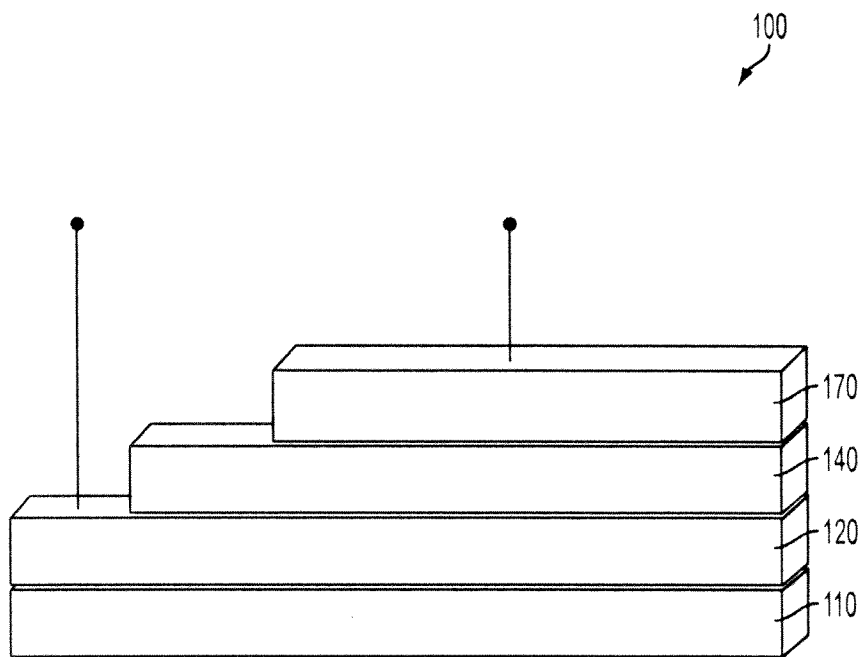


FIG. 2

Wirkungsgrad als Funktion der Menge an PABC

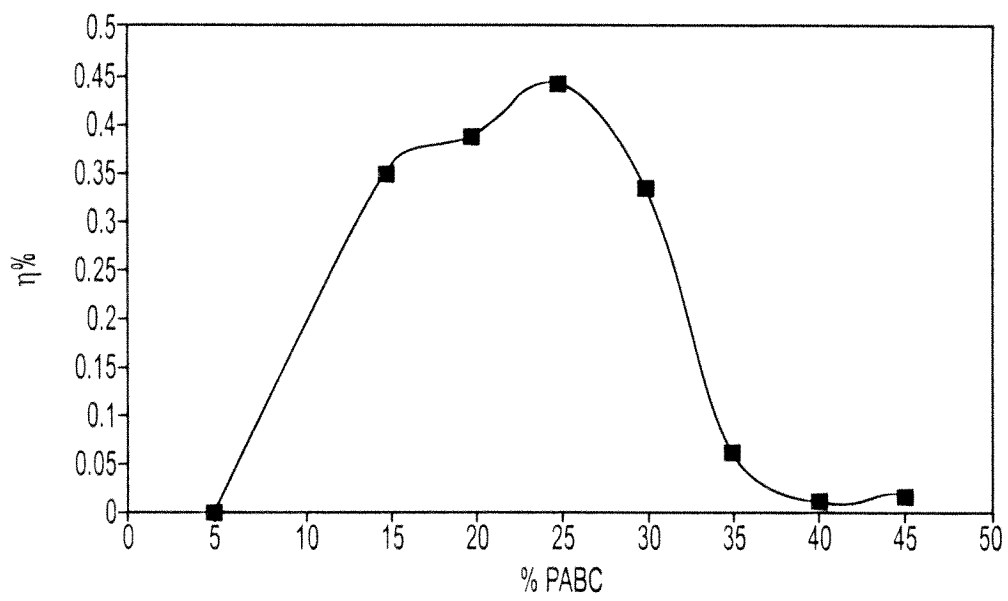


FIG. 3