



(10) **DE 11 2014 000 394 B4** 2022.02.17

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 000 394.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2014/010844**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/110238**
(86) PCT-Anmeldetag: **09.01.2014**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **17.07.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **24.09.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.02.2022**

(51) Int Cl.: **C09J 9/02** (2006.01)
H01L 31/0224 (2006.01)
H01B 1/22 (2006.01)
C09J 127/12 (2006.01)

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:
201310009060.5 10.01.2013 CN

(73) Patentinhaber:
Solar Paste, LLC, Wilmington, DE, US

(74) Vertreter:
Abitz & Partner Patentanwälte mbB, 81925 München, DE

(72) Erfinder:
Mu, Minfang, Shanghai, CN; Liu, Zengjun, Shanghai, CN

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	36 32 651	A1
US	2012 / 0 012 153	A1
EP	2 408 014	A1
JP	H04- 245 109	A

JP H04- 245 109 A (abstract). Derwent-WPI/ Thomson Reuters [online]. Accession No. 1992338049, In: STN

(54) Bezeichnung: **Solarzellenmodul mit elektrisch leitfähigen Klebstoffen, die Fluorelastomere umfassen**

(57) Hauptanspruch: Solarzellenmodul, das mindestens eine Solarzelle und mindestens ein Verdrahtungselement umfasst, wobei

(i) die mindestens eine Solarzelle mindestens eine Oberflächenelektrode aufweist und das mindestens eine Verdrahtungselement mit der mindestens einen Oberflächenelektrode durch einen elektrisch leitfähigen Klebstoff verbunden ist;

(ii) der elektrisch leitfähige Klebstoff aus einer Klebstoffzusammensetzung gebildet wird, die eine Elastomermatrix und 40-90 Gew.-% leitfähige Teilchen umfasst, die in der Elastomermatrix dispergiert sind, wobei die Gew.-% aller Komponenten, die in der Klebstoffzusammensetzung enthalten sind, insgesamt 100 Gew.-% betragen; und

(iii) die Elastomermatrix mindestens ein Vinylidenfluorid enthaltendes Fluorelastomer umfasst, wobei das Vinylidenfluorid enthaltende Fluorelastomer mit einem Vernetzungsmittel vernetzt ist und das Vernetzungsmittel aus der Gruppe ausgewählt ist bestehend aus Bisphenolverbindungen, Diaminoverbindungen, Aminophenolverbindungen, Aminosiloxanverbindungen, Aminosilanen, Phenolsilanen, Peroxiden und Kombinationen von zwei oder mehreren davon.

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Offenbarung bezieht sich auf Solarzellenmodule, die elektrisch leitfähige Klebstoffe auf Fluorelastomerbasis umfassen.

STAND DER TECHNIK

[0002] In Solarzellenmodulen weisen die Solarzellen Oberflächenelektroden auf, an die Verdrahtungselemente (auch elektrisch leitfähige Durchkontaktierungselemente oder Bänder genannt) zum Entnehmen von Strom aus den Zellen angeschlossen sind. Die Verdrahtungselemente liegen gewöhnlich in Form von Metallstreifen (wie beispielsweise Cu-Streifen) vor und sie werden oft durch Löten an die Oberflächenelektroden angeschlossen. Jedoch werden, da relativ hohe Temperaturen für ein derartiges Löten erforderlich sind, Belastungen auf die Verbindungsstruktur aufgebracht aufgrund der Verschiedenheit der Wärmeschrumpfkoeffizienten zwischen dem Halbleitergebilde, das für die Stromerzeugung verantwortlich ist, den Oberflächenelektroden, dem Lötmetall und den Verdrahtungselementen. Derartige Wärmebelastungen können dazu führen, dass die Solarzelle verzerrt und rissig wird.

[0003] Um dieses Problem zu lösen, ist die Verwendung von elektrisch leitfähigen Klebstoffen auf Polymerbasis statt Lötmetall zum Anschließen der Verdrahtungselemente an die Oberflächenelektroden der Solarzellen vorgeschlagen worden. Derartige elektrisch leitfähige Klebstoffe auf Polymerbasis bestehen typischerweise aus isolierenden Polymeren (wie beispielsweise Epoxy, Acryl, Phenoxyl, Polyimid oder Silicon) und elektrisch leitfähigen Teilchen (wie beispielsweise Ag-Teilchen) (siehe beispielsweise die US-Patentveröffentlichungen Nr. 2010/0147355 und 2012/0012153). Und unter ihnen sind elektrisch leitfähige Klebstoffe auf Silikonbasis bevorzugter als elektrisch leitfähige Klebstoffe auf Epoxybasis aufgrund ihres niedrigen Moduls.

[0004] Jedoch ist festgestellt worden, dass Silikonkautschuk einen viel höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) aufweist als die elektrisch leitfähigen Teilchen, was zu einer Abnahme der Abgabeleistung der Solarmodule bei zyklischer thermischer Belastung führen kann. So besteht immer noch eine Notwendigkeit, neuartige elektrisch leitfähige Klebstoffe auf Polymerbasis zu entwickeln, die die Effizienz nach zyklischer thermischer Belastung aufrechterhalten könnten.

[0005] Die EP 2 408 014 A1 beschreibt Verbindungsfolien für Solarzellenelektroden, die Fluorkautschuk oder Silikonkautschuk enthalten. Die JP H04- 245 109 A betrifft eine fluorpolymerhaltige Zusammensetzung zur Herstellung einer leit- und haftfähigen Folie. Die DE 36 32 651 A1 betrifft ebenfalls leitfähige Verbindungsmittel auf Basis von Fluorpolymeren.

ZUSAMMENFASSUNG

[0006] Der Zweck der vorliegenden Offenbarung besteht darin, ein Solarzellenmodul bereitzustellen, das mindestens eine Solarzelle und mindestens ein Verdrahtungselement umfasst, wobei die mindestens eine Solarzelle mindestens eine Oberflächenelektrode aufweist und das mindestens eine Verdrahtungselement mit der mindestens einen Oberflächenelektrode durch einen elektrisch leitfähigen Klebstoff verbunden ist; der elektrisch leitfähige Klebstoff aus einer Klebstoffzusammensetzung gebildet wird, die eine Elastomermatrix und 40-90 Gew.-% leitfähige Teilchen umfasst, die in der Elastomermatrix dispergiert sind, wobei die Gew.-% aller Komponenten, die in der Klebstoffzusammensetzung enthalten sind, insgesamt 100 Gew.-% betragen; und die Elastomermatrix mindestens ein Vinylidenfluorid enthaltendes Fluorelastomer umfasst, das mit einem Vernetzungsmittel vernetzt ist. Das Vernetzungsmittel ist aus der Gruppe ausgewählt bestehend aus Bisphenolverbindungen, Diaminoverbindungen, Aminophenolverbindungen, Aminosiloxanverbindungen, Aminosilanen, Phenolsilanen, Peroxiden und Kombinationen von zwei oder mehreren davon. In einer Ausführungsform ist das mindestens eine Vinylidenfluorid enthaltende Fluorelastomer Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Copolymer.

[0007] In einer weiteren Ausführungsform des Solarzellenmoduls besteht die Elastomermatrix im Wesentlichen aus dem mindestens einen Fluorelastomer.

[0008] In noch einer weiteren Ausführungsform des Solarzellenmoduls umfasst die Elastomermatrix das mindestens eine Fluorelastomer und mindestens ein Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomer, wobei das mindestens eine Fluorelastomer in einem Niveau von 65 Gew.-% oder mehr, auf das Gesamtgewicht

der Elastomermatrix bezogen, vorliegt. In einer derartigen Ausführungsform kann das mindestens eine Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomer polymerisierte Einheiten von Ethylen und 40-90 Gew.-% oder bevorzugt 50-80 Gew.-% oder noch bevorzugter 50-75 Gew.-% polymerisierte Einheiten mindestens eines Alkyl(meth)acrylats, auf das Gesamtgewicht des Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomers bezogen, umfassen. Oder das mindestens eine Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomer kann aus der Gruppe ausgewählt werden bestehend aus Ethylen-Methylacrylat-Copolymeren, Ethylen-Ethylacrylat-Copolymeren, Ethylen-Butylacrylat-Copolymeren.

[0009] In noch einer weiteren Ausführungsform des Solarzellenmoduls können die leitfähigen Teilchen unter Metallteilchen und Nichtmetallteilchen ausgewählt werden. Oder die leitfähigen Teilchen können Metallteilchen sein oder bevorzugt werden die leitfähigen Teilchen aus der Gruppe ausgewählt bestehend aus Teilchen von Au, Ag, Ni, Cu, Al, Sn, Zn, Ti, Sn, Bi, W, Pb und Legierungen von zwei oder mehreren davon oder noch bevorzugter werden die leitfähigen Teilchen unter Teilchen von Cu, Ag, Ni und Legierungen davon ausgewählt oder selbst noch bevorzugter sind die leitfähigen Teilchen Ag-Teilchen.

[0010] In noch einer weiteren Ausführungsform des Solarzellenmoduls sind 40-85 Gew.-% oder 45-83 Gew.-% der leitfähigen Teilchen, auf das Gesamtgewicht der Klebstoffzusammensetzung bezogen, in der Elastomermatrix dispergiert.

[0011] In noch einer weiteren Ausführungsform des Solarzellenmoduls weist die mindestens eine Solarzelle eine Vorderflächenelektrode und eine Rückflächenelektrode auf und wobei ein oder mehrere Vorderverdrahtungselemente mit der Vorderflächenelektrode durch den elektrisch leitfähigen Klebstoff verbunden ist/sind und ein oder mehrere Rückverdrahtungselemente mit der Rückflächenelektrode durch den elektrisch leitfähigen Klebstoff verbunden ist/sind. In derartigen Ausführungsformen kann die mindestens eine Solarzelle eine Solarzelle auf Waferbasis sein. Oder die mindestens eine Solarzelle kann eine Dünnschichtsolarzelle sein.

[0012] Der vorliegenden Offenbarung gemäß ist zu verstehen, dass, wenn ein Bereich mit zwei spezifischen Endpunkten angegeben wird, der Bereich jeden Wert, der innerhalb der beiden spezifischen Endpunkte liegt, und jeden Wert, der gleich oder etwa gleich irgendeinem der beiden Endpunkte ist, einschließt.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0013] Offenbart hier sind elektrisch leitfähige Klebstoffzusammensetzungen, die eine Elastomermatrix und etwa 40-90 Gew.-% leitfähige Teilchen umfassen, die in der Elastomermatrix dispergiert sind, wobei die Gew.-% aller Komponenten, die in der Zusammensetzung enthalten sind, insgesamt 100 Gew.-% betragen. Die Elastomermatrix umfasst im Wesentlichen mindestens ein Fluorelastomer oder besteht daraus.

[0014] Mit „Fluorelastomer“ ist ein amorphes elastomeres Fluorpolymer gemeint. Das hier verwendete Fluorpolymer enthält mindestens etwa 53 Gew.-% Fluor oder mindestens etwa 64 Gew.-% Fluor, auf das Gesamtgewicht des Fluorelastomers bezogen.

[0015] Der vorliegenden Offenbarung gemäß umfasst die Fluorelastomermatrix mindestens ein Vinylidenfluorid enthaltendes Fluorelastomer.

[0016] Die Vinylidenfluorid enthaltenden Fluorelastomere, die hier verwendet werden, können etwa 25-70 Gew.-% copolymerisierte Einheiten von Vinylidenfluorid (VF₂), auf das Gesamtgewicht des Fluorelastomers bezogen, enthalten. In derartigen Ausführungsformen bestehen die übrigen Einheiten der Fluorelastomere aus einem oder mehreren zusätzlichen copolymerisierten Monomeren, die von Vinylidenfluorid verschieden sind. Ein oder mehrere zusätzliche polymerisierte Monomere, die von Vinylidenfluorid verschieden sind, können unter fluorhaltigen Olefinen, fluorhaltigen Vinylethern, Kohlenwasserstoffolefinen und Mischungen davon ausgewählt werden.

[0017] Fluorhaltige Olefine, die mit Vinylidenfluorid copolymerisierbar sind, umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, Hexafluorpropylen (HFP), Tetrafluorethylen (TFE), 1,2,3,3,3-Pentafluorpropen (1-HPFP), Chlortrifluorethylen (CTFE) und Vinylfluorid.

[0018] Fluorhaltige Vinylether, die mit dem Vinyliden copolymerisierbar sind, umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, Perfluor(alkylvinyl)ether (PAVE). PAVE, die zur Verwendung als Monomere geeignet sind, umfassen diejenige der Formel



wobei R_f und R_f' verschiedene lineare oder verzweigte Perfluoralkylengruppen von 2-6 Kohlenstoffatomen sind; m und n unabhängig ganze Zahlen von 0-10 sind und R_f eine Perfluoralkylgruppe von 1-6 Kohlenstoffatomen ist.

[0019] Eine bevorzugte Klasse von Perfluor(alkylvinyl)ethern umfasst diejenigen der Formel:



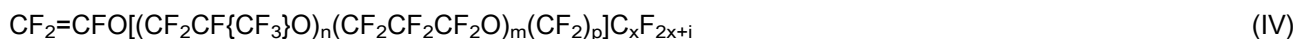
wobei X F oder CF_3 ist; n eine ganze Zahl von 0-5 ist; und R_f eine Perfluoralkylgruppe von 1-6 Kohlenstoffatomen ist.

[0020] Eine bevorzugteste Klasse von Perfluor(alkylvinyl)ethern umfasst diejenigen Ether, wobei n 0 oder 1 beträgt und R_f 1-3 Kohlenstoffatome enthält. Beispiele derartiger perfluorierter Ether umfassen Perfluor(methylvinyl)ether (PMVE) und Perfluor(propylvinyl)ether (PPVE). Andere nützliche Monomere umfassen Verbindungen der Formel



wobei R_f eine Perfluoralkylgruppe ist, die 1-6 Kohlenstoffatome aufweist, m 0 oder 1 beträgt; n eine ganze Zahl von 0-5 ist; und Z F oder CF_3 ist. Bevorzugte Elemente dieser Klasse sind diejenigen, in denen R_f C_3F_7 ist; m 0 beträgt; und n 1 beträgt.

[0021] Zusätzliche Perfluor(alkylvinyl)ethermonomere umfassen diejenigen der Formel



wobei m und n unabhängig ganze Zahlen von 0-10 sind; p eine ganze Zahl von 0-3 ist und x eine ganze Zahl von 1-5 ist.

[0022] Bevorzugte Elemente dieser Klasse umfassen Verbindungen, wobei n 0 oder 1 beträgt; m 0 oder 1 beträgt; und x 1 beträgt.

[0023] Andere Beispiele nützlicher Perfluor(alkylvinyl)ether umfassen



wobei n eine ganze Zahl von 1-5 ist; m eine ganze Zahl von 1-3 ist; und wobei bevorzugt n 1 beträgt.

[0024] Liegen copolymerisierte Einheiten von PAVE in den Fluorelastomeren, die hier verwendet werden, vor, so liegt der PAVE-Gehalt im Allgemeinen im Bereich von etwa 25 Gew.-% bis etwa 75 Gew.-%, auf das Gesamtgewicht des Fluorelastomers bezogen. Wird PMVE verwendet, so enthält das hier verwendete Fluorelastomer bevorzugt etwa 30 Gew.-% bis etwa 55 Gew.-% copolymerisierte PMVE-Einheiten.

[0025] Die Fluorelastomere, die hier verwendet werden, können auch wahlweise Einheiten von einem oder mehreren Monomeren, die Vernetzungsstellen enthalten, umfassen. Beispiele geeigneter Monomere, die Vernetzungsstellen enthalten, umfassen ohne Einschränkung i) bromhaltige Olefine; ii) iodhaltige Olefine; iii) bromhaltige Vinylether; iv) iodhaltige Vinylether; v) 1,1,3,3,3-Pentafluorpropen (2-HPFP); und vi) nichtkonjugierte Diene.

[0026] Bromierte Monomere, die Vernetzungsstellen enthalten, können andere Halogene, bevorzugt Fluor, enthalten. Beispiele bromierter Olefinmonomere, die Vernetzungsstellen enthalten, sind $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_2\text{CF}_2\text{C}-\text{F}_2\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{Br}$; Bromtrifluorethylen; 4-Brom-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1 (BTFB); und andere, wie beispielsweise Vinylbromid, 1-Brom-2,2-difluorethylen; Perfluorallylbromid; 4-Brom-1,1,2-Trifluorbuten-1; 4-Brom-1,1,3,3,4,4-hexafluorbuten; 4-Brom-3-chlor-1,1,3,4,4-pentafluorbuten; 6-Brom-5,5,6,6-tetrafluorhexen; 4-Bromperfluorbuten-1; und 3,3-Difluorallylbromid. Bromierte Vinylethermonomere, die Vernetzungsstellen enthalten, die hier nützlich sind, umfassen 2-Bromperfluorethylperfluorvinylether und fluorierte Verbindungen der Klasse $\text{CF}_2\text{Br}-\text{R}_f-\text{O}-\text{CF}=\text{CF}_2$ (R_f ist eine Perfluoralkylengruppe), wie beispielsweise

$\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{O}-\text{CF}=\text{CF}_2$, und Fluorvinylether der Klasse $\text{ROCF}=\text{CFBr}$ oder $\text{ROCF}=\text{CF}_2$ (wobei R eine niedere Alkylgruppe oder Fluoralkylgruppe ist) wie beispielsweise $\text{CH}_3\text{OCF}=\text{CFBr}$ oder $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OCF}=\text{CFBr}$.

[0027] Geeignete iodierte Monomere, die Vernetzungsstellen enthalten, umfassen iodierte Olefine der Formel: $\text{CHR}=\text{CH}-\text{Z}-\text{CH}_2\text{CHR}-\text{I}$, wobei R -H oder - CH_3 ist; Z ein C_1-C_{18} -(Per) fluoralkylenrest, der linear oder verzweigt ist und wahlweise ein oder mehrere Ethyrsauerstoffatome enthält, oder ein (Per)fluorpolyoxyalkylenrest ist, wie in der US-Patentschrift 5 674 959 offenbart. Andere Beispiele nützlicher iodierter Aushärtungsortmonomere sind ungesättigte Ether der Formel: $\text{I}(\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CF}_2)_n\text{OCF}=\text{CF}_2$ und $\text{ICH}_2\text{CF}_2\text{O}[\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_n\text{CF}=\text{CF}_2$, und dergleichen, wobei n eine ganze Zahl von 1-3 ist, wie in der US-Patentschrift 5 717 036 offenbart. Zusätzlich dazu umfassen geeignete iodierte Monomere, die Vernetzungsstellen enthalten, Iodethylen, 4-Iod-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1 (ITFB); 3-Chlor-4-Iod-3,4,4-trifluorbuten; 2-Iod-1,1,2,2-tetrafluor-1-(vinyl-oxy)ethan; 2-Iod-1-(perfluorvinyl-oxy)-1,1,-2,2-tetrafluorethylen; 1,1,2,3,3,3-Hexafluor-2-Iod-1-(perfluorvinyl-oxy)propan; 2-Iodethylvinylether; 3,3,4,5,5,5-Hexafluor-4-Iodpenten; und Iodtrifluorethylen, wie in der US-Patentschrift 4 694 045 offenbart. Allyliodid und 2-Iodperfluorethylperfluorvinylether sind ebenfalls nützliche Monomere, die Vernetzungsstellen enthalten.

[0028] Beispiele nichtkonjugierter Dienmonomere, die Vernetzungsstellen enthalten, umfassen, sind jedoch nicht beschränkt auf, 1,4-Pentadien; 1,5-Hexadien; 1,7-Octadien; 3,3,4,4-Tetrafluor-1,5-hexadien; und andere, wie beispielsweise diejenigen, die in der kanadischen Patentschrift 2 067 891 und der europäischen Patentschrift 0 784 064 A1 offenbart sind. Ein geeignetes Trien ist 8-Methyl-4-ethyliden-1,7-octadien. Unter den oben aufgeführten Monomeren, die Vernetzungsstellen enthalten, umfassen bevorzugte Verbindungen für Situationen, wo das Fluorelastomer mit Peroxid ausgehärtet wird, 4-Brom-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1 (BTFB); 4-Iod-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1 (ITFB); Allyliodid; und Bromtrifluorethylen. Wenn das Fluorelastomer mit einem Polyol ausgehärtet wird, ist 2-HPFP das bevorzugte Monomer, das Vernetzungsstellen enthält. Jedoch ist ein Monomer, das Vernetzungsstellen enthält, bei Copolymeren von Vinylidenfluorid und Hexafluorpropylen zum Aushärten mit einem Polyol nicht erforderlich.

[0029] Einheiten von Aushärtungsortmonomer, liegen sie in den hier verwendeten Fluorelastomeren vor, liegen typischerweise in einem Niveau von etwa 0,05-10 Gew.-% oder etwa 0,05-5 Gew.-% oder etwa 0,05-3 Gew.-%, auf das Gesamtgewicht des Fluorelastomers bezogen, vor.

[0030] Zusätzlich können iodhaltige Endgruppen, bromhaltige Endgruppen oder Mischungen davon wahlweise an einem oder beiden der Fluorelastomerpolymerkettenenden aufgrund der Verwendung von Kettenübertragungs- oder das Molekulargewicht regulierender Mittel während der Herstellung der Fluorelastomere vorliegen. Die Menge an Kettenübertragungsmittel, wird, falls es verwendet wird, so berechnet, dass sie zu einem Iod- oder Bromniveau in dem Fluorelastomer im Bereich von etwa 0,005-5 Gew.-% oder etwa 0,05-3 Gew.-% führt.

[0031] Beispiele von Kettenübertragungsmitteln umfassen iodhaltige Verbindungen, die zum Integrieren von gebundenem Iod an einem oder beiden Enden des Polymermoleküls führen. Methyleniodid; 1,4-Diiodperfluor-n-butan; und 1,6-Diiod-3,3,4,4-tetrafluorhexan sind für derartige Mittel repräsentativ. Andere iodierte Kettenübertragungsmittel umfassen 1,3-Diiodperfluorpropan; 1,6-Diiodperfluorhexan; 1,3-Diiod-2-chlorperfluorpropan; 1,2-Di(ioddifluormethyl)-perfluorcyclobutan; Monoiodperfluorethan; Monoiodperfluorbutan; 2-Iod-1-hydroperfluorethan usw. Ebenfalls eingeschlossen sind Cyanoiodkettenübertragungsmittel, die in der europäischen Patentschrift 0 868 447 A1 offenbart sind. Besonders bevorzugt sind diiodierte Kettenübertragungsmittel. Beispiele bromierter Kettenübertragungsmittel umfassen 1-Brom-2-Iodperfluorethan; 1-Brom-3-Iodperfluorpropan; 1-Iod-2-brom-1,1-difluorethan und andere, wie beispielsweise in der US-Patentschrift 5 151 492 offenbart.

[0032] Andere Kettenübertragungsmittel, die zur Verwendung bei den Fluorelastomeren, die hier verwendet werden, geeignet sind, umfassen diejenigen, die in der US-Patentschrift 3 707 529 offenbart sind. Beispiele derartiger Mittel umfassen Isopropanol, Diethylmalonat, Ethylacetat, Tetrachlorkohlenstoff, Aceton und Dodecylmercaptan.

[0033] Spezifische Fluorelastomere, die hier verwendet werden können, umfassen, sind jedoch nicht auf diejenigen beschränkt, die mindestens etwa 53 Gew.-% Fluor aufweisen und copolymerisierte Einheiten von i) Vinylidenfluorid und Hexafluorpropylen; ii) Vinylidenfluorid, Hexafluorpropylen und Tetrafluorethylen; iii) Vinylidenfluorid, Hexafluorpropylen, Tetrafluorethylen und 4-Brom-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1; iv) Vinylidenfluorid, Hexafluorpropylen, Tetrafluorethylen und 4-Iod-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1; v) Vinylidenfluorid, Perfluor(methylvinyl)ether, Tetrafluorethylen und 4-Brom-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1; vi) Vinylidenfluorid, Perfluor(methylvinyl)

ether, Tetrafluorethylen und 4-Iod-3,3,4,4-tetrafluorbuten-1; oder vii) Vinylidenfluorid, Perfluor(methylvinyl) ether, Tetrafluorethylen und 1,1,3,3,3-Pentafluorpropen umfassen.

[0034] Die hier verwendeten Fluorelastomere werden typischerweise durch ein Emulsionspolymerisationsverfahren hergestellt, das ein kontinuierliches, Halbchargen- oder Chargenverfahren sein kann.

[0035] Die Fluorelastomere, die hier nützlich sind, sind auch im Handel von verschiedenen Anbietern erhältlich. Beispielsweise können geeignete Fluorelastomere von E.I. du Pont de Nemours and Company (USA) (im Folgenden „DuPont“) unter dem Handelsnamen Viton® oder von 3M (USA) (美国3M公司) unter dem Handelsnamen 3M™ Dyneon™ oder von Daikin Industries, Ltd. (Japan) unter dem Handelsnamen DAI-EL™ oder von Tetralene Elastomer, Inc. (USA) unter dem Handelsnamen FluoTrex™ erhalten werden.

[0036] Die hier verwendete Elastomermatrix umfasst oder ist gebildet aus einem oder mehreren Vinylidenfluorid enthaltenden Fluorelastomeren, die mit einem Vernetzungsmittel vernetzt sind, wobei die hier verwendeten Vernetzungsmittel Bisphenolverbindungen, Diaminoverbindungen, Aminophenolverbindungen, Aminosiloxanverbindungen, Aminosilane, Phenolsilane und Peroxide umfassen. Beispielhafte Vernetzungsmittel auf Diaminbasis umfassen N,N'-Dicinnamal-1,6-hexamethyldiamin; Hexamethyldiamincarbonat; N,N-Bis(salicyliden)-1,3-propandiamin; usw. Beispielhafte Vernetzungsmittel auf Bisphenolbasis umfassen 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)hexafluorpropan 4',4'-(Hexafluorisopropyliden)diphenol; Benzyltriphenylphosphoniumchlorid; 2,4-Dihydroxybenzophenon; Bisphenol AF usw. Beispielhafte Vernetzungsmittel auf Peroxidbasis umfassen tert-Butylcumylperoxid; alpha,alpha-Bis(tertbutylperoxyisopropyl)benzol; 2,5-Dimethyl-2,5-di(t-butylperoxy)hexan usw. Geeignete Vernetzungsmittel sind auch im Handel von verschiedenen Anbietern erhältlich, die ohne Einschränkung diejenigen umfassen, die von 3M unter dem Handelsnamen 3M™ Dynamar™ Rubber Curative RC oder von R.T. Vanderbilt Company, Inc. (USA) unter dem Handelsnamen VAROX™ oder von AkzoNobel Corporate (Niederlande) unter dem Handelsnamen Trigonox™ oder Perkadox™ oder DuPont unter den Handelsnamen VITON® CURATIVE 20, CURATIVE 30 oder CURATIVE 50 erhältlich sind.

[0037] In einer Ausführungsform umfasst die Elastomermatrix oder besteht aus im Wesentlichen dem hier offenbarten Fluorelastomer.

[0038] In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Elastomermatrix das hier offenbarte Fluorelastomer und mindestens ein Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomer. Bei derartigen Ausführungsformen wird es vorgezogen, dass das mindestens eine Fluorelastomer in einem Niveau von etwa 65 Gew.-% oder mehr, auf das Gesamtgewicht der Elastomermatrix bezogen, vorliegt.

[0039] Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere, auch als AEM-Kautschuke bekannt, sind aus der Copolymerisation polymerisierter Einheiten von Ethylen und etwa 45-90 Gew.-% oder etwa 50-80 Gew.-% oder etwa 50-75 Gew.-% polymerisierter Einheiten von mindestens einem Alkyl(meth)acrylat, auf das Gesamtgewicht des Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomers bezogen, abgeleitet. Der Ausdruck „(Meth)acrylat“ wird hier benutzt, um sich auf Ester von Methacrylsäuren und/oder Ester von Acrylsäuren zu beziehen, und der Ausdruck „Meth“ wird hier benutzt, um sich auf -H- oder verzweigte oder nichtverzweigte C₁-C₁₀-Alkylgruppen zu beziehen, und der Ausdruck „Alkyl“ wird hier benutzt, um sich auf -H- oder verzweigte oder nichtverzweigte C₁-C₁₂-Alkyl-, C₁-C₂₀-Alkoxyalkyl-, C₁-C₁₂-Cyanoalkyl- oder C₁-C₁₂-Fluoralkylgruppen zu beziehen. Die hier verwendeten Alkyl(meth)acrylatgruppen umfassen ohne Einschränkung Alkylacrylat, Alkylmethacrylate, Alkylethacrylate, Alkylpropacrylate und Alkylhexacrylate, Alkoxyalkylmethacrylate, Alkoxyalkylethacrylate, Alkoxyalkylpropacrylate und Alkoxyalkylhexacrylate. Die Alkylgruppen können mit Cyanogruppen oder einem oder mehreren Fluoratom(en) substituiert sein. Das heißt, die Alkylgruppe kann eine C₁-C₁₂-Cyanoalkylgruppe oder eine C₁-C₁₂-Fluoralkylgruppe sein. Die Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymere können auch copolymerisierte Einheiten von mehr als einer Spezies der Alkyl(meth)acrylate, beispielsweise zwei verschiedene Alkylacrylatmonomere, umfassen. Beispielsweise umfassen die hier verwendeten Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymere ohne Einschränkung Ethylen-Methylacrylat-Copolymere (EMA), Ethylen-Ethylacrylat-Copolymere (EEA) und Ethylen-Butylacrylat-Copolymere (EBA).

[0040] Außerdem können die hier verwendeten Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere wahlweise ferner bis zu etwa 5 Gew.-% eines funktionalisierten Comonomers, auf das Gesamtgewicht des Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomers bezogen, umfassen. Die hier verwendeten wahlweisen funktionalisierten Comonomere umfassen ohne Einschränkung (Meth)acrylatglycidylester (wie beispielsweise Glycidylmethacrylat), Chlorvinylether, Maleinsäuren und andere Comonomere, die eine oder mehrere reaktive Gruppen, einschließlich Säure, Hydroxyl, Anhydrid, Epoxy, Isocyanate, Amin, Oxazolin, Chloracetat, Carbonsäureesteran-

teile oder Dienfunktionalität aufweisen. Ebenfalls vorstellbar ist, dass die hier verwendeten Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere durch Copolymerisieren von Ethylen und mehr als einem (z.B. zwei) Alkyl(meth)acrylatmonomeren hergestellt werden. Beispiele sind Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere, die durch Polymerisieren von Ethylen, Methylacrylat und einem zweiten Acrylat (wie beispielsweise Butylacrylat) hergestellt werden.

[0041] Es ist auch vorstellbar, dass die hier verwendeten Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere auch Mischungen von zwei oder mehr Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomeren sein können.

[0042] Die Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere können durch verschiedene Verfahren, die im Stand der Polymertechnik allgemein bekannt sind, hergestellt werden. Beispielsweise kann die Copolymerisation als kontinuierliches Verfahren in einem Autoklavenreaktor gefahren werden. Oder alternativ können die hier verwendeten Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymere unter hohem Druck und bei erhöhter Temperatur in einem Rohrreaktor oder dergleichen hergestellt werden. Das Copolymer kann von der Produktmischung mit den unreaktierten Monomeren und Lösungsmittel (falls verwendet) durch herkömmliche Mittel, z.B. Verdampfen der nicht polymerisierten Materialien und des Lösungsmittels unter reduziertem Druck und bei erhöhter Temperatur, abgetrennt werden.

[0043] Die hier verwendeten Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere sind auch im Handel erhältlich. Beispielhafte Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomere können diejenigen umfassen, die von DuPont unter der Handelsbezeichnung Vamac® erhältlich sind.

[0044] Auf das Gesamtgewicht der elektrisch leitfähigen Klebstoffzusammensetzung bezogen, kann die Elastomermatrix in einem Niveau von etwa 10-60 Gew.-% oder etwa 15-60 Gew.-% oder etwa 17-55 Gew.-% vorliegen.

[0045] Die hier verwendeten leitfähigen Teilchen sorgen für elektrische Leitfähigkeit in der Klebstoffzusammensetzung beim Anschließen an einen Schaltkreis. Die leitfähigen Teilchen können Metallteilchen, Nichtmetallteilchen, metallbeschichtete Teilchen und Kombinationen davon umfassen. Geeignete Metallteilchen umfassen ohne Einschränkung Teilchen von Au, Ag, Ni, Cu, Al, Sn, Zn, Ti, Sn, Bi, W, Pb und Legierungen von zwei oder mehreren derselben. Geeignete Nichtmetallteilchen umfassen ohne Einschränkung Kohlenstoffnanoröhre, Graphen, Polyanilin, Polyacetylen und Polypyrrol und Kombinationen von zwei oder mehreren davon. Das Metallbeschichtungsmaterial, das bei den metallbeschichteten Teilchen verwendet wird, kann ohne Einschränkung Au, Ag, Ni und Kombinationen von zwei oder mehreren davon umfassen. Geeignete metallbeschichtete Teilchen umfassen ohne Einschränkung Ag-beschichtete Glasperlen, Ag-beschichtete Polystyrolteilchen, Ag-beschichtete Cu-Teilchen, Ni-beschichtete Cu-Teilchen und Kombinationen von zwei oder mehreren davon. Die Größe der leitfähigen Teilchen kann der Einstellung von Schaltkreisen entsprechend festgelegt werden und z.B. etwa 0,1 bis etwa 50 µm, je nach der beabsichtigten Anwendung, betragen.

[0046] Auf das Gesamtgewicht der elektrisch leitfähigen Klebstoffzusammensetzung bezogen, können die leitfähigen Teilchen in einem Niveau von etwa 40-90 Gew.-% oder etwa 40-85 Gew.-% oder etwa 45-83 Gew.-% vorliegen.

[0047] In einer Ausführungsform der hier offenbarten elektrisch leitfähigen Klebstoffzusammensetzung wird die Fluorelastomermatrix aus einem Vinylidenfluorid enthaltenden Fluorelastomer (z.B. Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Copolymer) gebildet und die leitfähigen Teilchen werden aus Teilchen von Cu, Ag, Ni und Legierungen davon ausgewählt. In einer weiteren Ausführungsform der hier offenbarten elektrisch leitfähigen Klebstoffzusammensetzung wird die Fluorelastomermatrix aus einem Vinylidenfluorid enthaltenden Fluorelastomer (z.B. Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Copolymer) gebildet und die leitfähigen Teilchen werden aus Ag-Teilchen ausgewählt.

[0048] Des Weiteren hier offenbart sind elektrisch leitfähige Platten oder Bänder, die aus den oben offenbarten elektrisch leitfähigen Klebstoffzusammensetzungen gebildet sind.

[0049] Noch weiter hier offenbart sind Solarzellenmodule, die eine oder mehrere Solarzellen und die elektrisch leitfähigen Klebstoffe umfassen. In derartigen Ausführungsformen sind die elektrisch leitfähigen Klebstoffe eingeschlossen, um die Oberflächenelektroden der Solarzellen elektrisch mit den Verdrahtungselementen (auch Bänder genannt) zu verbinden. Und die Verdrahtungselemente sind eingeschlossen, um die

Solarzellen hintereinander und/oder parallel elektrisch zu verbinden und leitfähige Bahnen zum Entnehmen des elektrischen Stroms aus den Modulen zu bilden.

[0050] Die hier verwendeten Solarzellen können irgendein Artikel oder Material sein, der/das Licht in elektrische Energie umwandeln kann. Beispielsweise umfassen die hier verwendeten Solarzellen ohne Einschränkung Solarzellen auf Waferbasis (z.B. Solarzellen auf c-Si- oder mc-Si-Basis) und Dünnschichtsolarzellen (z.B. a-Si, μ c-Si, CdTe, Kupfer-Indium-Selenid (CIS), Kupfer-Indium-Gallium-Selenid (CIGS), licht absorbierende Farbstoffe oder organische Solarzellen auf Halbleiterbasis).

[0051] Die Oberflächenelektroden der Solarzellen können aus beliebigen geeigneten Materialien hergestellt werden, die elektrisches Leitvermögen verleihen können. Beispielsweise können die Oberflächenelektroden durch Drucken (z.B. Siebdrucken oder Tintenstrahldrucken) leitfähiger Paste auf die Solarzelloberflächen gebildet werden. Spezifische Beispiele geeigneter Pastenmaterialien umfassen ohne Einschränkung Silberpaste, Glaspaste, die Silber enthält, Goldpaste, Kohlenstoffpaste, Nickelpaste, Aluminiumpaste, durchsichtiges leitfähiges Oxid (TCO) (wie beispielsweise Indiumzinnoxid (ITO) oder Aluminiumzinkoxid (AZO)).

[0052] Die Verdrahtungselemente können jedoch aus einem beliebigen hoch leitungsfähigen Material, wie beispielsweise Kupfer, Silber, Aluminium, Gold, Nickel, Cadmium und Legierungen davon, gebildet werden.

[0053] Die Oberflächenelektroden der Solarzellen können in beliebigen geeigneten Mustern vorliegen und die Verbindung zwischen den Oberflächenelektroden und dem Verdrahtungselement kann in beliebigen geeigneten Formen vorliegen.

[0054] Beispielsweise kann in einem Solarzellenmodul auf Waferbasis jede Solarzelle eine Vorderflächenelektrode und eine Rückflächenelektrode umfassen, wobei die Vorderflächenelektrode aus mehreren parallelen leitfähigen Fingern und zwei oder mehreren leitfähigen Sammelschienen bestehen kann, die senkrecht zu den leitfähigen Fingern stehen und diese verbinden und wobei die Rückflächenelektrode aus einer Schicht leitfähiger Paste und zwei oder mehreren leitfähigen Sammelschienen bestehen kann. In gewissen Ausführungsformen sind die leitfähigen Finger und die leitfähigen Sammelschienen aus Silberpaste gebildet und die Schicht leitfähiger Paste, die in der Rückflächenelektrode enthalten ist, kann aus Aluminiumpaste gebildet sein. In derartigen Ausführungsformen sind die Verdrahtungselemente mit den Vorder- und Rückflächenelektroden durch Befestigen an den Sammelschienen der Vorder- und Rückelektroden durch die hier offenbarten elektrisch leitfähigen Klebstoffe verbunden.

[0055] In weiteren Ausführungsformen können die Vorder- und/oder Rückflächenelektroden, die in den Solarzellen enthalten sind, von Sammelschienen frei sein. Das heißt beispielsweise, dass jede der Solarzellen eine Vorderflächenelektrode, die ausschließlich aus der Mehrzahl leitfähiger Finger ohne Sammelschienen gebildet ist, und eine Rückflächenelektrode umfasst, die aus einer Schicht leitfähiger Paste und zwei oder mehreren leitfähigen Sammelschienen gebildet ist. In derartigen Ausführungsformen sind die Verdrahtungselemente mit der Vorderflächenelektrode durch Befestigen an den leitfähigen Fingern durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe und an der Rückflächenelektrode durch Befestigen an den Sammelschienen durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe verbunden. Oder jede der Solarzellen umfasst eine Vorderflächenelektrode, die aus der Mehrzahl leitfähiger Finger und zwei oder mehr Sammelschienen gebildet ist, und eine Rückflächenelektrode, die ausschließlich aus der leitfähigen Paste ohne die Sammelschienen gebildet ist. In derartigen Ausführungsformen werden die Verdrahtungselemente mit der Vorderflächenelektrode durch Befestigen an den Sammelschienen durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe und mit der Rückflächenelektrode durch Befestigen an der leitfähigen Paste durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe verbunden. Oder jede der Solarzellen umfasst eine Vorderflächenelektrode, die ausschließlich aus der Mehrzahl leitfähiger Finger ohne Sammelschienen gebildet ist, und einer Rückflächenelektrode, die ausschließlich aus der leitfähigen Paste ohne die Sammelschienen gebildet ist. In derartigen Ausführungsformen sind die Verdrahtungselemente mit der Vorderflächenelektrode durch Befestigen an den leitfähigen Fingern durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe und mit der Rückflächenelektrode durch Befestigen an der leitfähigen Paste durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe verbunden.

[0056] In Form von Dünnschichtsolarzellenmodulen sind die entgegengesetzten Oberflächenelektroden typischerweise aus transparenten TCO-Schichten oder Metallgittern gebildet. In gewissen Ausführungsformen können die Rückflächenelektroden auch aus Metallfolien (wie beispielsweise Al, TiN, Zn, Mo, Edelstahl) gebildet sein. In derartigen Ausführungsformen können die Verdrahtungselemente mit den Elektroden durch Befestigen an den Elektroden durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe verbunden werden. In gewissen Ausführungsformen können jedoch Sammelschienen verwendet und mit jeder der Elektroden verbunden werden

und die Verdrahtungselemente können mit den Elektroden durch Befestigen an den Sammelschienen durch die elektrisch leitfähigen Klebstoffe verbunden werden.

[0057] Ein beliebiges geeignetes Verfahren kann angewendet werden, wenn das Verdrahtungselement bzw. die Verdrahtungselemente an der Oberflächenelektrode bzw. den Oberflächenelektroden durch elektrisch leitfähige Klebstoffe auf Fluorelastomerbasis befestigt werden. In einer Ausführungsform kann das Verfahren Folgendes umfassen: Mischen und Lösen der Elastomermaterialien auf Fluorelastomerbasis, der leitfähigen Teilchen, der Vernetzungsmittel und anderer Zusatzmittel in einem Lösungsmittel (wie beispielsweise Methylisobutylketon oder Methylethylketon); Gießen der Lösung über eine oder beide Seiten des Verdrahtungselements bzw. der Verdrahtungselemente, gefolgt von Trocknen; und Laminieren der beschichteten Verdrahtungselemente über die Oberflächenelektrode(n) der Solarzellen. Oder das Verfahren kann Folgendes umfassen: Mischen und Lösen der Elastomermaterialien auf Fluorelastomerbasis, der leitfähigen Teilchen, der Vernetzungsmittel und anderer Zusatzmittel in einem Lösungsmittel (wie beispielsweise Methylisobutylketone oder Methylethylketon); Gießen der Lösung über die Oberflächenelektrode(n) der Solarzellen, gefolgt von Trocknen; und Laminieren der Verdrahtungselemente über die beschichtete Oberfläche der Oberflächenelektrode(n). In einer weiteren Ausführungsform kann das Verfahren zuerst das Herstellen einer vorgeformten Folie oder Platte aus der elektrisch leitfähigen Zusammensetzung auf Fluorelastomerbasis und dann Laminieren des Verdrahtungselements bzw. der Verdrahtungselemente über die Oberflächenelektrode(n) mit der vorgeformten elektrisch leitfähigen Folie oder Platte dazwischen. Und die vorgeformte elektrisch leitfähige Folie oder Platte kann durch ein beliebiges geeignetes Verfahren, wie beispielsweise Gießen (über eine Trennfolie), Extrusion, Kalandrieren usw., hergestellt werden.

[0058] Wie durch die Beispiele unten gezeigt, hat es sich erwiesen, dass im Vergleich mit herkömmlichen elektrisch leitfähigen Klebstoffen auf Siliconbasis elektrisch leitfähige Klebstoffe auf Fluorelastomerbasis eine sehr stark verbesserte Resistenz gegen zyklische thermische Belastung aufweist.

[0059] Die folgenden Beispiele und Vergleichsbeispiele werden bereitgestellt, um spezifische Einzelheiten einer oder mehrerer Ausführungsformen anzugeben. Man wird sich jedoch im Klaren darüber sein, dass die Ausführungsformen nicht auf die spezifischen beschriebenen Einzelheiten beschränkt sind.

BEISPIELE

Material

- Silicon: von Beijing TONSAN Adhesive Co.,Ltd (China) unter dem Handelsnamen Tonsan 1521 erhaltenes Silicondichtungsmittel;
- Ag: Silberflocken mit einer Teilchengröße von 2 - 4 µm, von Kunming Noble Metal Electronic Materials Co., Ltd. (China) erhalten;
- Fluorelastomer-1 (FE-1): eine Fluorelastomerzusammensetzung umfassend >99 Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Copolymer und <1 Gew.-% Bariumsulfat, das eine Nennviskosität von 20 (wie bei 121°C gemessen) aufweist und von DuPont unter dem Handelsnamen Viton® A200 erhalten worden ist;
- Fluorelastomer-2 (FE-2): eine Fluorelastomerzusammensetzung umfassend >99 Gew.-% Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Copolymer und <1 Gew.-% Bariumsulfat, das eine Nennviskosität, von 50 (bei 121°C gemessen) aufweist und von DuPont unter dem Handelsnamen Viton® A500 erhalten worden ist;
- Fluorelastomer-3 (FE-3): eine Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Zusammensetzung umfassend >95 % Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Copolymer, <1 Gew.-% Benzyltriphenylphosphonium-4,4'-(trifluor-l-(trifluormethyl)ethyliden)Diphenolsalz (1:1); <2 Gew.-% 4,4'-[2,2,2-Trifluor-1-(trifluormethyl)ethyliden]diphenol; und <1 Gew.-% Bariumsulfat, das von DuPont unter dem Handelsnamen Viton® VTR erhalten worden ist;
- Fluorelastomer-4 (FE-4): ein Fluorelastomer umfassend >98% Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Tetrafluorethylen-Terpolymer und <1 Gew.-% Bariumsulfat, das von DuPont unter dem Handelsnamen Viton® GF 200S erhalten worden ist;
- E/MA: ein Ethylen-Methylacrylat-Copolymer umfassend 62 Gew.-% Methylacrylat und eine Mooney--Viskosität (ML1+4, 100°C) von 22 aufweisend;
- Peroxid: 1,1-Di(t-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexan, das von Sinopharm Chemical Reagent Co., Ltd (China) erhalten worden ist;

- TAIC: Triallylisocyanurat, das von DuPont unter dem Handelsnamen Diak™-7 erhalten worden ist;
- Antioxidationsmittel 1: 4,4'-Bis(alpha,alpha-dimethylbenzyl)diphenylamin, das von Chemtura Corporation (U.S.A.) unter dem Handelsnamen Naugard® 445 erhalten worden ist;
- Antioxidationsmittel 2: Butyliertes Hydroxytoluol, das von Sinopharm Chemical Reagent Co., Ltd erhalten worden ist;
- ZnO: ZnO, das von Sinopharm Chemical Reagent Co., Ltd erhalten worden ist;
- VC-30: Viton® Curative 30, das von DuPont erhalten worden ist;
- VC-20: Viton® Curative 20, das von DuPont erhalten worden ist;
- Ruß (CB): Thermax™ Floform N990, mittelthermischer Ruß, der von Cancarb Ltd. (Kanada) erhalten worden ist;
- Wollastonit: oberflächenbehandelter Wollastonitfüllstoff, der von Quarzwerke GmbH (Deutschland) unter dem Handelsnamen Tremin 238 600EST erhalten worden ist;
- MgO: Magnesiumoxid, das von Kyowa Chemical Industry Co., Ltd. (Japan) unter dem Handelsnamen Kyowa Mag 150 erhalten worden ist;
- Ca(OH)₂: Calciumhydroxid, das von Jingjiang City ChangFeng Trade Co., Ltd. (China) erhalten worden ist;
- MIBK: Methylisobutylketon, das von Sinopharm Chemical Reagent Co., Ltd. erhalten worden ist;
- Silan-Kopplungsmittel (SCA): 3-Glycidoxypropyltriethoxysilan, das von Shin-Etsu Chemical (Japan) unter dem Handelsnamen KBM403 erhalten worden ist;
- ECA-1: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Siliconbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der wie folgt hergestellt worden ist: (i) Mahlen von 2,2 g Silicon und 3,9 g Ag in einem Mörser für 2 Minuten; und (ii) Zugeben von weiteren 3,9 g Ag in den Mörser und Fortsetzen des Mahlens für 8 Minuten, um ECA-1 zu erhalten;
- ECA-2: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der wie folgt hergestellt worden ist: (i) Compoundieren von 119 g FE-2, 7,1 g VC-30, 2,4 g VC-20, 71,5 g Wollastonit in einer Doppelwalzenmühle bei Raumtemperatur für 20 Minuten und Lösen von 2 Gramm der wie oben hergestellten Mischung wie in 5 g MIBK, um eine erste Lösung zu bilden; (ii) Compoundieren von 155 g FE-2, 37 g MgO und 7,8 g Ca(OH)₂ in einer Doppelwalzenmühle bei Raumtemperatur für 20 Minuten und Lösen von 2 Gramm der wie oben hergestellten Mischung in 5 g MIBK, um eine zweite Lösung zu bilden; (iii) Mischen von 7,4 g Ag in der zweiten Lösung aus Schritt (ii) und Mahlen der Mischung in einem Mörser 2 Minuten lang; (iv) Zugeben von 7,4 g Ag in die Mischung und Mahlen in dem Mörser für weitere 3 Minuten; (v) Zugeben von 0,2 g SCA und der ersten Lösung aus Schritt (i) in die Mischung und Mahlen in dem Mörser für 5 Minuten, um den elektrisch leitfähigen Klebstoff zu erhalten;
- ECA-3: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der auf ähnliche Weise wie bei den bei ECA-2 benutzen Verfahren hergestellt worden ist, mit der Ausnahme, dass (a) in der ersten Lösung die 119 g FE-2 durch 153 g FE-1 ersetzt wurden und die 71,5 g Wollastonit durch 34,6 g CB ersetzt wurden und (b) in der zweiten Lösung die 155 g FE-2 durch 155 g FE-1 ersetzt wurden;
- ECA-4: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der auf ähnliche Weise wie bei den bei ECA-2 benutzen Verfahren hergestellt worden ist, mit der Ausnahme, dass in der ersten Lösung die 119 g FE-2 durch 131 g FE-2 ersetzt wurden und die 71,5 g Wollastonit durch 58,6 g CB ersetzt wurden;
- ECA-5: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der auf ähnliche Weise wie bei dem bei ECA-2 benutzen Verfahren hergestellt worden ist, mit der Ausnahme, dass in der ersten Lösung die 119 g FE-2 durch 72,4 g FE-1 und 72,4 g FE-2 ersetzt wurden und die 71,5 g Wollastonit durch 43,5 g Wollastonit ersetzt wurden;
- ECA-6: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der auf ähnliche Weise wie bei den bei ECA-2 benutzen Verfahren hergestellt worden ist, mit der Ausnahme, dass (a) in der ersten Lösung die 119 g

FE-2 durch 185 g FE-1 ersetzt wurden und die 71,5 g Wollastonit weggelassen wurden; und (b) in der zweiten Lösung die 155 g FE-2 durch 155 g FE-1 ersetzt wurden;

- ECA-7: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der auf ähnliche Weise wie bei den bei ECA-2 benutzten Verfahren hergestellt worden ist, mit der Ausnahme, dass (a) in der ersten Lösung die 119 g FE-2 durch 185 g FE-3 ersetzt wurden und die 71,5 g Wollastonit weggelassen wurden; und (b) in der zweiten Lösung die 155 g FE-2 durch 155 g FE-3 ersetzt wurden;

- ECA-8: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der wie folgt hergestellt wurde: (i) Compoundieren von 90 g FE-4, 10 g E/MA, 2 g Peroxid, 1,5 g TAIC, 0,1 g Antioxidationsmittel 1, 0,1 g Antioxidationsmittel 2 und 3 g ZnO in einer Doppelwalzenmühle bei Raumtemperatur für 20 Minuten und Lösen von 2,2 Gramm der wie oben hergestellten Mischung in 3,3 g MIBK, um eine Lösung zu bilden; (ii) Mischen von 7,8 g Ag in der Lösung aus Schritt (i) unter Anwendung einer Mischvorrichtung (hergestellt von Thinky USA Inc. (U.S.A.) mit der Modellbezeichnung ARE-310) bei 2000 UpM für 2 min, um den elektrisch leitfähigen Klebstoff zu erhalten, wobei das Gewichtsverhältnis von FE-4:E/MA 9:1 betrug;

- ECA-9: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der wie bei ECA-8 hergestellt wurde, mit der Ausnahme, dass 90 g FE-4 durch 80 g FE-4 ersetzt wurden und 10 g E/MA durch 20 g EMA ersetzt wurden und das Gewichtsverhältnis von FE-4:E/MA in dem endgültigen elektrisch leitfähigen Klebstoff 4:1 betrug;

- ECA-10: elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Fluorelastomerbasis (mit einer Ag-Endkonzentration von 78 Gew.-%, auf den gesamten Feststoffgehalt bezogen), der wie bei ECA-8 hergestellt wurde, mit der Ausnahme, dass 90 g FE-4 durch 70 g FE-4 ersetzt wurden und 10 g EMA durch 30 g E/MA ersetzt wurden und das Gewichtsverhältnis von FE-4:E/MA in dem endgültigen elektrisch leitfähigen Klebstoff 7:3 betrug;

- c-Si Cell (c-Si): monokristalline Solarzelle, die von Motech (Suzhou) Renewable Energy Co., Ltd. (China) unter dem Handelsnamen XS125-165R 5" erhalten worden ist, die eine Dimension von 125x125 mm (+ 0,5 mm) aufwies und ein Paar 1,6 mm breite silberne Sammelschienen und ein Paar 2,8 mm breite kontinuierliche Silber-/Aluminiumlöt pads umfasste;

- EVA-Platte (EVA): Revax™ 767 Ethylen-Vinylacetat- (EVA) Platte (500 µm dick), erhalten von Wenzhou RuiYang Photovoltaic Material Co. Ltd. (China);

- Glasplatte (GS): 3,2 mm dickes, vorgespanntes Glas, das von Dongguan CSG Solar Glass Co., Ltd. (China) gekauft worden ist;

- TPT-Rückplatte (TPT): Akasol™ PTL-Rückplatte, 3HR, 1000 V, für photovoltaische Module, die von Krempel Group (Deutschland) erhalten worden ist.

Vergleichsbeispiel CE1 und Beispiele E1-E6

[0060] In CE1 wurde ein Einzellenmodul wie folgt hergestellt: (i) Gießen von ECA-1 über Cu-Streifen (2 mm breit und 105 µm dick); (ii) Befestigen von zwei mit ECA beschichteten Cu-Streifen an jede der beiden Sammelschienen auf der Vorderseite der c-Si-Zelle und von zwei mit ECA beschichteten Cu-Streifen an jeden der beiden Löt pads auf der Rückseite der c-Si-Zelle; (iii) Verbinden der beiden mit ECA beschichteten Vorderseiten-Cu-Streifen mit einem ersten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Band durch Löt en und Verbinden der beiden mit ECA beschichteten Rückseiten-Cu-Streifen mit einem zweiten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Band durch Löt en; (iv) Positionieren der c-Si-Zelle zwischen zwei Schichten von EVA und dann einer Schicht von GS auf die Vorderseite und einer Schicht von TPT auf die Rückseite der c-Si-Zelle; (v) Laminieren des Zusammenbaus unter Anwendung einer Meier ICOLAM™ 10/08-Laminier Vorrichtung (Meier Vakuumtechnik GmbH (Deutschland)) bei einem Druck von 1 atm und einer Temperatur von 145 °C für 15 Minuten, um das endgültige Einzellenmodul zu bilden, wobei sich von jedem von den ersten und zweiten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Bändern ein Ende aus dem Modul heraus erstreckt.

[0061] In E1 wurde ein Einzellenmodul wie folgt hergestellt: (i) Bereitstellen von (4) Cu-Streifen (2 mm breit und 105 µm dick); (ii) Gießen von ECA-2 über eine Seite der Cu-Streifen gefolgt von Trocknen an Luft für 1 Stunde und dann 10 Minuten lang bei 115°C; (iii) Gießen von ECA-2 über die beiden Sammelschienen auf der Vorderseite der c-Si-Zelle, gefolgt von Trocknen an Luft für 1 Stunde und dann 10 Minuten lang bei 115 °C und Gießen von ECA-2 über die beiden Löt pads auf der Rückseite der c-Si-Zelle, gefolgt von Trocknen

an Luft für 1 Stunde und dann 10 Minuten lang bei 115°C; (iv) Ausrichten der beiden mit ECA beschichteten Cu-Streifen über jeder der beiden Sammelschienen auf die mit ECA-2 beschichtete Schicht der Cu-Streifen in Kontakt mit der ECA-2-Beschichtungsschicht der beiden Sammelschienen und Ausrichten der anderen beiden mit ECA beschichteten Cu-Streifen über jedem der beiden Löt pads auf die mit ECA-2 beschichtete Schicht der Cu-Streifen in Kontakt mit der ECA-2-Beschichtungsschicht der beiden Löt pads; (v) Verbinden der beiden Vorderseiten-Cu-Streifen mit einem ersten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Band durch Löten und Verbinden der beiden Rückseiten-Cu-Streifen mit einem zweiten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Band durch Löten; (vi) Positionieren der c-Si-Zelle zwischen zwei Schichten von EVA und dann einer Schicht von GS auf die Vorderseite und einer Schicht von TPT auf die Rückseite der c-Si-Zelle; (vii) Laminieren des Zusammenbaus unter Anwendung einer Meier ICOLAMTM 10/08-Laminier Vorrichtung (Meier Vakuumtechnik GmbH (Deutschland)) bei einem Druck von 1 atm und einer Temperatur von 145 °C 15 Minuten lang, um das endgültige Einzellenmodul zu bilden, wobei sich von jedem von den ersten und zweiten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Bändern ein Ende aus dem Modul heraus erstreckt.

[0062] In E2 wurde ein Einzellenmodul auf dieselbe Weise wie in E1 beschrieben hergestellt, mit der Ausnahme, dass ECA-3 statt ECA-2 verwendet wurde.

[0063] In E3 wurde ein Einzellenmodul auf dieselbe Weise wie in E1 beschrieben hergestellt, mit der Ausnahme, dass ECA-4 statt ECA-2 verwendet wurde.

[0064] In E4 wurde ein Einzellenmodul auf dieselbe Weise wie in E1 beschrieben hergestellt, mit der Ausnahme, dass ECA-5 statt ECA-2 verwendet wurde.

[0065] In E5 wurde ein Einzellenmodul auf dieselbe Weise wie in E1 beschrieben hergestellt, mit der Ausnahme, dass ECA-6 statt ECA-2 verwendet wurde.

[0066] In E6 wurde ein Einzellenmodul auf dieselbe Weise wie in E1 beschrieben hergestellt, mit der Ausnahme, dass ECA-7 statt ECA-2 verwendet wurde.

[0067] In E7 wurde ein Einzellenmodul auf dieselbe Weise wie in E1 beschrieben hergestellt, mit der Ausnahme, dass ECA-8 statt ECA-2 verwendet wurde.

[0068] Für jedes der in CE1 und E1-E7 hergestellten Module wurden die Abgabeleistung des hergestellten Moduls ($P_{\text{Anfänglich}}$) und die Abgabeleistung des Moduls nach 50, 100, 150 und 200 Zyklen der Temperaturwechselprüfung (P_{TC}) unter Anwendung des Spi-Sun Simulators^{WZ} 3500SLP (Spire Corporation (USA)) gemessen. Der Energieverlust (P_{Verlust}) nach verschiedenen Zyklen von Wärmezyklen wurde wie folgt berechnet und in Tabelle 1 tabellarisch aufgeführt:

$$P_{\text{Verlust}} = (P_{\text{TC}} - P_{\text{Anfänglich}}) / P_{\text{Anfänglich}}$$

[0069] Während der zyklischen thermischen Belastung wurden Tests unter Anwendung einer ETCU 110-Umgebungsprüfkammer für Solarkollektoren (von Thermal Product Solutions (USA) hergestellt) durchgeführt und in jedem Zyklus wurde die Temperatur der Kammer zuerst auf 25 °C eingestellt, dann mit einer Rate von 1 °C/min auf -40 °C reduziert, 55 Minuten lang bei -40 °C stabilisiert, mit einer Rate von 1 °C/min auf 85°C erhöht, 55 Minuten lang bei 85 °C stabilisiert und dann wiederum mit einer Rate von 1 C/min auf 25 °C reduziert.

[0070] Wie durch die Beispiele gezeigt, konnte, wenn elektrisch leitfähiger Klebstoff auf Siliconbasis verwendet wurde (CE1), die Effizienz von Solarzellenmodulen um bis zu 7 % nach 200 Zyklen der Temperaturwechselprüfungen reduziert werden. Jedoch wurde bei Verwendung von elektrisch leitfähigem Klebstoff auf Fluorelastomerbasis die Reduzierung der Moduleffizienz innerhalb von 1 % nach der Temperaturwechselprüfung beibehalten.

TABELLE 1

	CE1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Elektrisch leitfähiger Klebstofftyp								
	Auf Sili-conbasis	Auf FE-Basis	Auf FE-Basis	Auf FE-Basis	Auf FE-Basis	Auf FE-Basis	Auf FE-Basis	Auf FE-Basis
Energieverlust								
50x TC (%)	-2,9	-0,4	0,2	0,1	-0,2	-0,2	0,1	-0,7
100x TC (%)	-3,5	-0,6	-0,8	-0,9	-0,9	-1	0	-0,5
150x TC (%)	-4,1	0	-1,1	-1	-1,2	-1,5	-0,1	-1,4
200x TC (%)	-7	-0,3	-0,8	-1	-1	-1	-0,1	-0,53

BEISPIEL E8

[0071] In E8 wurde ein Einzellenmodul wie folgt hergestellt: (i) Herstellen elektrisch leitfähiger Klebstoff-(ECA-) Streifen (2 mm breit und 50 µm dick) durch Gießen von ECA-6 über eine Trennfolie (d.h. eine 188 µm dicke PET-Folie), gefolgt von Trocknen bei 115 °C für 10 min und Schneiden; (ii) Bedecken der beiden Sammelschienen auf der Vorderseite einer c-Si-Zelle und der beiden Löt pads auf der Rückseite der c-Si-Zelle mit den ECA-Streifen auf einer auf 145 °C eingestellten Heizplatte für 5 Sekunden; (iii) Entfernen der Trennfolien von den ECA-Streifen und Ausrichten von Cu-Streifen (2 mm breit) über jeden der ECA-Streifen; (iv) Verbinden der beiden Vorderseiten-Cu-Streifen mit einem ersten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Band durch Lötten und Verbinden der beiden Rückseiten-Cu-Streifen mit einem zweiten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Band durch Lötten; (vi) Positionieren der c-Si-Zelle zwischen zwei Schichten von EVA und dann einer Schicht von GS auf der Vorderseite und einer Schicht von TPT auf der Rückseite der c-Si-Zelle; (vii) Laminieren des Zusammenbaus unter Anwendung einer Meier ICOLAMTM 10/08-Laminier Vorrichtung (Meier Vakuumtechnik GmbH (Deutschland)) bei einem Druck von 1 atm und einer Temperatur von 145 °C für 15 Minuten, um das endgültige Einzellenmodul zu bilden, wobei sich von jedem von den ersten und zweiten mit Sn/Pd beschichteten Cu-Bändern ein Ende aus dem Modul heraus erstreckt.

BEISPIELE E9-E12

[0072] In jedem von E9-E12 wurden elektrisch leitfähige Klebstoffe (ECA-2, ECA-8, ECA-9 oder ECA-10, siehe Tabelle 2 unten) über eine Seite einer Cu-Folie gegossen, gefolgt von Trocknen an Luft für 1 Stunde und dann 10 Minuten lang bei 115 °C. Die endgültige Dicke der ECA-Beschichtung wurde als etwa 50 µm betragend gemessen. Die beschichtete Cu-Folie wurde dann in 1,5 mm breite Streifen geschnitten, wobei ein Ende der Streifen (etwa 5 cm lang) ohne ECA-Beschichtung gelassen wurde. Die beschichteten Cu-Streifen wurden über die vorderen Sammelschienen von c-Si-Zellen durch Vakuum laminieren bei 1 atm und 145 °C für 15 Minuten laminiert, wobei die ECA-Beschichtung an die Sammelschienen gebunden war. Unter Anwendung einer Abziehstation (Modellnummer: ST-RX N002; von MOGRL Technology Co., Ltd. (Taiwan) (台湾昇群科技股份有限公司)) hergestellt wurde unter Anwendung einer Abschälgeschwindigkeit von etwa 300 mm/min die 180°-Abschälfestigkeit zwischen den Cu-Streifen und den Sammelschienen gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 unten tabellarisch aufgeführt.

[0073] Wie hier gezeigt, war es durch Zugabe von E/MA zu ECA auf FE-Basis möglich, eine stark verbesserte Klebefestigkeit zwischen den Cu-Streifen und den Sammelschienen zu bieten.

TABELLE 2

	E9	E10	E11	E12
Gewichtsverhältnis von FE:E/MA in ECA				
FE:E/MA (auf das Gewicht bezogen)	10:0	9:1	8:2	7:3
Abschälfestigkeit zwischen Cu-Streifen und Sammelschienen				
Abschälfestigkeit (N/cm)	2,3	6,8	11,2	9,9

Patentansprüche

1. Solarzellenmodul, das mindestens eine Solarzelle und mindestens ein Verdrahtungselement umfasst, wobei
 - (i) die mindestens eine Solarzelle mindestens eine Oberflächenelektrode aufweist und das mindestens eine Verdrahtungselement mit der mindestens einen Oberflächenelektrode durch einen elektrisch leitfähigen Klebstoff verbunden ist;
 - (ii) der elektrisch leitfähige Klebstoff aus einer Klebstoffzusammensetzung gebildet wird, die eine Elastomermatrix und 40-90 Gew.-% leitfähige Teilchen umfasst, die in der Elastomermatrix dispergiert sind, wobei die Gew.-% aller Komponenten, die in der Klebstoffzusammensetzung enthalten sind, insgesamt 100 Gew.-% betragen; und
 - (iii) die Elastomermatrix mindestens ein Vinylidenfluorid enthaltendes Fluorelastomer umfasst, wobei das Vinylidenfluorid enthaltende Fluorelastomer mit einem Vernetzungsmittel vernetzt ist und das Vernetzungsmittel aus der Gruppe ausgewählt ist bestehend aus Bisphenolverbindungen, Diaminoverbindungen, Aminophenolverbindungen, Aminosiloxanverbindungen, Aminosilanen, Phenolsilanen, Peroxiden und Kombinationen von zwei oder mehreren davon.
2. Solarzellenmodul nach Anspruch 1, wobei das mindestens eine Vinylidenfluorid enthaltende Fluorelastomer Vinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Copolymer ist.
3. Solarzellenmodul nach Anspruch 1, wobei die Elastomermatrix im Wesentlichen aus dem mindestens einen Fluorelastomer besteht.
4. Solarzellenmodul nach Anspruch 1, wobei die Elastomermatrix das mindestens eine Fluorelastomer und mindestens ein Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomer umfasst, wobei das mindestens eine Fluorelastomer in einem Niveau von 65 Gew.-% oder mehr, auf das Gesamtgewicht der Elastomermatrix bezogen, vorliegt.
5. Solarzellenmodul nach Anspruch 4, wobei das mindestens eine Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomer polymerisierte Einheiten von Ethylen und 40-90 Gew.-% oder bevorzugt 50-80 Gew.-% oder noch bevorzugter 50-75 Gew.-% polymerisierte Einheiten mindestens eines Alkyl(meth)acrylats, auf das Gesamtgewicht des Ethylen-Alkyl(meth)acrylat-Copolymerelastomers bezogen, umfasst.
6. Solarzellenmodul nach Anspruch 4, wobei das mindestens eine Ethylen-Alkyl(meth)acrylate-Copolymerelastomer aus der Gruppe ausgewählt ist bestehend aus Ethylen-Methylacrylat-Copolymeren, Ethylen-Ethylacrylat-Copolymeren, Ethylen-Butylacrylat-Copolymeren.
7. Solarzellenmodul nach einem der Ansprüche 1-6, wobei die leitfähigen Teilchen unter Metallteilchen und Nichtmetallteilchen ausgewählt werden.
8. Solarzellenmodul nach Anspruch 7, wobei die leitfähigen Teilchen Metallteilchen sind oder bevorzugt die leitfähigen Teilchen aus der Gruppe ausgewählt sind bestehend aus Teilchen von Au, Ag, Ni, Cu, Al, Sn, Zn, Ti, Sn, Bi, W, Pb und Legierungen von zweien oder mehreren davon oder noch bevorzugter die leitfähigen Teilchen aus Teilchen von Cu, Ag, Ni und Legierungen davon ausgewählt werden, oder noch bevorzugter die leitfähigen Teilchen Ag-Teilchen sind.
9. Solarzellenmodul nach einem der Ansprüche 1-6, wobei 40-85 Gew.-% oder 45-83 Gew.-% der leitfähigen Teilchen, auf das Gesamtgewicht der Klebstoffzusammensetzung bezogen, in der Elastomermatrix dispergiert sind.
10. Solarzellenmodul nach einem der Ansprüche 1-6, wobei die mindestens eine Solarzelle eine Vorderflächenelektrode und eine Rückflächenelektrode aufweist und wobei ein oder mehrere Vorderverdrahtungselemente mit der Vorderflächenelektrode durch den elektrisch leitfähigen Klebstoff verbunden ist/sind und ein oder mehrere Rückverdrahtungselemente mit der Rückflächenelektrode durch den elektrisch leitfähigen Klebstoff verbunden ist/sind.
11. Solarzellenmodul nach Anspruch 10, wobei die mindestens eine Solarzelle eine Solarzelle auf Waferbasis ist.

12. Solarzellenmodul nach Anspruch 10, wobei die mindestens eine Solarzelle eine Dünnschichtsolarzelle ist.

Es folgen keine Zeichnungen