



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 023 048.3**

(22) Anmeldetag: **28.05.2009**

(43) Offenlegungstag: **26.08.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02F 1/153 (2006.01)**  
**G02F 1/163 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**98104654 13.02.2009 TW**

(71) Anmelder:  
**Industrial Technology Research Institute,  
Chutung, Hsinchu, TW**

(74) Vertreter:  
**Becker, Kurig, Straus, 80336 München**

(72) Erfinder:  
**Huang, Lee-May, Hsinchu, TW; Chen, Chun-Heng,  
Taipei, TW**

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

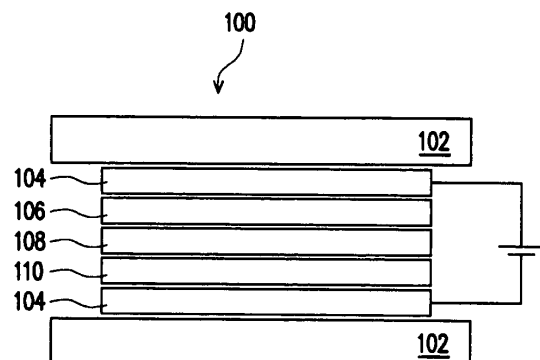
**US 60 55 089 A**  
**US 53 84 653 A**  
**US 53 77 037 A**

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

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung enthält ein transparentes nichtleitfähiges Substrat, ein Dünnschicht-Solarzellenmodul und eine Elektrochromielösung. Das Dünnschicht-Solarzellenmodul ist ein monolithisch in Serie geschaltetes Modul und enthält ein transparentes Substrat und eine Vielzahl von Dünnschicht-Solarzellen, die auf dem transparenten Substrat platziert sind, wobei alle Dünnschicht-Solarzellen in dem Dünnschicht-Solarzellenmodul in Serie geschaltet sind, und die eingangs erwähnte Elektrochromielösung ist zwischen dem transparenten nichtleitenden Substrat und dem Dünnschicht-Solarzellenmodul platziert.



## Beschreibung

### 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf eine fotosensitive bzw. lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung.

### 2. Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** Eine normale Elektrochromievorrichtung kann als intelligentes Fenster zum Stromsparen dienen und kann in Öko-Häusern verwendet werden, aber benötigt immer noch eine elektrische Energiequelle, die Energie verbraucht. Typische Elektrochromievorrichtungen werden in Festkörpervariante und Flüssigvariante eingeteilt. Eine Festkörper-Elektrochromievorrichtung hat eine Struktur wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, wobei eine obere Schicht und eine untere Schicht einer Elektrochromievorrichtung **100** jeweils durch ein transparentes Glas/Kunststoffsubstrat **102** gebildet sind. Es gibt mindestens fünf beschichtete/abgeschiedene Schichten mit verschiedenen Funktionen, die zwischen den transparenten Substraten **102** angeordnet sind, und die fünf Schichten sind z. B. zwei transparente leitfähige Schichten **104**, eine Elektrochromschicht **106**, eine Elektrolytschicht **108** und eine Ionenspeicherschicht **110**, die zu einem Verbund gestapelt sind, um eine batterieähnliche Struktur zu bilden.

**[0003]** [Fig. 2](#) ist eine Strukturansicht einer herkömmlichen Flüssigvariante einer Elektrochromievorrichtung, wobei eine Vorrichtung **200** zwei transparente leitfähige Substrate **202** umfasst. Allgemein enthält eines der transparenten Substrate **202** ein transparentes Substrat **204** und eine Anode **206**, und die andere enthält das transparente Substrat **204** und eine Kathode **206** der Anode **206** gegenüberliegend. Eine Elektrochromlösung **208** ist zwischen den beiden transparenten leitfähigen Substraten **202** angeordnet und schließt ein organisches Elektrochromiematerial und eine Elektrolytlösung ein.

**[0004]** Aufgrund steigendem Energiesparbewusstsein wurde ein neues, in einem Gebäude integriertes Photovoltaiksystem (BIPV) entwickelt, das durch Kombination von Solarzellen und Elektrochromievorrichtungen implementiert ist, was heutzutage zu einer neuen Tendenz geworden ist. Mit einem BIPV-System wird keine zusätzliche Energie benötigt, um den Farbschatten von Fenstern mit elektrochromen Glas gemäß der Veränderung von Innen- und Außenhelligkeit automatisch anzupassen, was große Vorteile bezüglich Reduzierung der Innenwärme hat, um ein Energiesparziel zu erreichen.

**[0005]** Die vorliegende Erfindung ist auf eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gerichtet, in der ein tätiges Dünnschicht-Solarzellenmodul aus Silizium als ein Element der Vorrichtung dient, das Lichtenergie in elektrische Energie zur Farbänderung umwandelt, um damit zu Öko-Energiesparzielen zu passen. In Kombination mit speziell entworfenen Schaltern, kann die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung Wechselstrom-Elektrik und Gleichstrom-Elektrik durch eine Verbindung mit einem Gleichstrom-Wechselstrom-Wandler und einer Gleichstromladungsspeichervorrichtung, die eine neue Energiequelle in der vorliegenden Energiekrise bereitstellt, mit Strom versorgen.

**[0006]** Bis jetzt beruht die Entwicklung von lichtelektrochromischen Vorrichtungen auf farbempfindliche Solarzellen zur Erzeugung von Strom. Das US Patent mit der Nummer 6.369.934 B1 offenbart eine vollständig-organische mehrschichtige lichtelektrochemische Vorrichtung. Allerdings müssen, um eine typische Struktur wie diese in der Praxis anzuwenden, viele Probleme gelöst werden, z. B. die Beständigkeit der lichtempfindlichen Schicht oder die Realisierbarkeit einer Vergrößerung der Fläche der Vorrichtung.

**[0007]** Das US Patent mit der Nummer 5.377.037 stellt eine Bauform bereit, die eine Solarzelle mit einer Elektrochromievorrichtung in einer einzigen Vorrichtung kombiniert, wobei ein erstes leitfähiges Glassubstrat, ein Dünnschicht-Solarzellenmodul aus Silizium und eine anorganische Elektrochromievorrichtung in einer Reihen-anordnung angeordnet und innerhalb eines Elements kombiniert sind. Das Element ist dem zweiten transparenten leitfähigen Substrat auf der gegenüberliegenden Seite zugewandt und eine flüssige organische Elektrolytlösung oder eine feste anorganische Elektrolytschicht ist zwischen den beiden Elementen angeordnet. Allerdings benötigt das anorganische Elektrochromiematerial an sich zum Arbeiten eine hohe Betriebsspannung und eine hohe Ladungsdichte, und daher kann die Dicke der Schichten der Dünnschicht-Solarzellen aus Silizium an sich nicht verringert werden, was zu geringerem Kontrast führt, der durch die Vorrichtung ausgegeben wird und das wird zu einem Hindernis für die Anwendung in dem intelligenten Fenster.

**[0008]** US Patent mit der Nummer 5.805.330 stellt eine vollständig-organische Struktur bereit, wobei sowohl

eine obere Schicht, als auch eine untere Schicht transparente leitfähige Substrate sind, und ein organisches Elektrochromiematerial aus kleinen Molekülen und eine Elektrolytlösung sind dazwischen angeordnet. Ein Solarzellenmodul haftet am Rand des elektrochromen Glases, so dass wenn es durch Sonnenlicht beleuchtet wird, der Strom, der durch die Solarzelle erzeugt wird, der Elektrochromievorrichtung zugeführt über einen Ausgabeanschluss der Zelle wird und die Elektrochromievorrichtung dadurch die Farbe ändert.

**[0009]** US Patent mit der Nummer 6.005.089 stellt ein Elektrochromsystem bereit, das eine Solarzelle mit einer Elektrochromievorrichtung kombiniert, wobei ein anorganisches elektrochromes Glas vor einem Siliziumkristallsolarzellenmodul angeordnet ist, und sich eine Luftschicht zwischen dem anorganischen elektrochromen Glas und dem Siliziumkristallsolarmodul befindet. Unter Sonnenlichtbestrahlung wird durch die Solarzelle erzeugte Elektrizität an die Elektrochromievorrichtung über Anschlüsse der Zelle ausgegeben, um damit die Farbe der Elektrochromschicht zu ändern. Der Farbkontrast innerhalb des Elektrochromsystems steuert die einfallende Lichtintensität, die auf die Solarzelle fällt und bestimmt damit den Ausgabestrom der Solarzelle.

**[0010]** Obwohl die Elektrochromtechnologie schon seit vielen Jahren weiterentwickelt wird, sind bis jetzt nur elektrochrome Rückspiegel als Massenprodukt in den Handel gekommen und andere Arten von großflächigen Elektrochromievorrichtungen kämpfen immer noch mit dem Problem einer ungleichmäßigen Farbänderung, den sogenannten Iris-Effekt, dessen Phänomen in [Fig. 3](#) veranschaulicht ist. Bezugnehmend auf [Fig. 3](#) muss beachtet werden, dass in einer ebenen Struktur **300**, die durch die zuvor erwähnten Patente bereitgestellt wird, die Pfadlängen der elektrischen Felder in der Umgebung (in der die Elektrode **302** platziert ist) und im Mittelbereich **304** der tätigen Elektroden **302** voneinander verschieden sind, was zu einer Veränderung der Impedanz führt und sich damit ein signifikanter Unterschied in der Farbkonzentration zwischen der Umgebung (in der die Elektrode **302** platziert ist) und dem Mittelbereich **304** ergibt.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0011]** Dementsprechend ist die vorliegende Erfindung auf eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gerichtet, in der ein Dünnschicht-Solarzellenmodul als ein Element der Vorrichtung dient, das Lichtenergie in elektrische Energie umwandelt, um eine Farbänderung auszuführen.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung ist auf eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gerichtet, die in der Lage ist, den Iris-Effekt zu bewältigen und für eine Massenproduktion geeignet ist.

**[0013]** Die vorliegende Erfindung stellt eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung bereit, die ein transparentes nichtleitfähiges Substrat, ein Dünnschicht-Solarzellenmodul und eine Elektrochromielösung bzw. Elektrochromlösung einschließt. Das Dünnschicht-Solarzellenmodul ist ein monolithische in Serie geschaltetes Modul und enthält ein transparentes Substrat und eine Vielzahl von Dünnschicht-Solarzellen, die auf dem transparenten Substrat platziert sind, wobei die Dünnschicht-Solarzellen in Serie geschaltet sind; und die zuvor erwähnte Elektrochromielösung zwischen dem transparenten nichtleitfähigem Substrat und dem Dünnschicht-Solarmodul angeordnet ist.

**[0014]** Auf der Grundlage der vorhergehenden Ausführungen nimmt die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung folgendes Design an: das monolithische, in Serie geschaltete Dünnschicht-Solarzellenmodul wird verwendet, um die Elektrochromielösung zu betreiben, wobei eine Anodenschicht und eine Kathodenschicht des Dünnschicht-Solarzellenmoduls auf einem transparenten Substrat abgedruckt werden, um damit die Anode und die Kathode der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung auf der gleichen Fläche zu bilden. Wenn das Sonnenlicht auf das Dünnschicht-Solarzellenmodul einstrahlt, erzeugt das Modul direkt Strom, der veranlasst, dass eine Redox-Reaktion in der Elektrochromielösung auftritt, wobei sich die Farbe der Elektrochromielösung ändert. Zusätzlich ist die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung mit dem Stromherstellungsprozess des Dünnschicht-Solarzellenmoduls kompatibel und dadurch wird die vorliegende Erfindung für die Massenproduktion begünstigt. Insbesondere, da die Anodenschichten und die Kathodenschichten zwischen den Dünnschicht-Solarzellen in Serie geschaltet sind, ist es nicht nötig, zusätzliche Schaltungsdrähte in der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung anzuordnen, was zur Verringerung der Herstellungskosten und Herstellungszeit beiträgt.

#### kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0015]** Die begleitenden Zeichnungen sind eingeschlossen, um ein weitergehendes Verständnis der Erfindung bereitzustellen, und sind eingeschlossen in und bilden einen Teil dieser Beschreibung. Die Zeichnungen veranschaulichen Ausführungsform der Erfindung und dienen, zusammen mit der Beschreibung, dazu, die

Prinzipien der Erfindung zu erklären.

[0016] [Fig. 1](#) ist eine Strukturansicht einer herkömmlichen Festkörpervariante einer Elektrochromievorrichtung.

[0017] [Fig. 2](#) ist eine Strukturansicht einer herkömmlichen Flüssigvariante einer Elektrochromievorrichtung.

[0018] [Fig. 3](#) ist eine zweidimensionale Darstellung, die den Iris-Effekt einer herkömmlichen Elektrochromievorrichtung zeigt.

[0019] [Fig. 4](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0020] [Fig. 5](#) ist ein Schaltbild der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung von [Fig. 4](#).

[0021] Die [Fig. 6A–Fig. 6E](#) sind schematische Querschnittsansichten, die einen Ablauf eines Herstellungsprozesses einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0022] [Fig. 7](#) ist eine Draufsicht auf die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung von [Fig. 6E](#) vor der Farbänderung.

[0023] [Fig. 8A](#) ist eine Draufsicht auf die Lichtübertragungsvariante der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung von [Fig. 6E](#) vor der Farbänderung.

[0024] [Fig. 8B](#) ist eine Draufsicht auf die Lichtübertragungsvariante der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung von [Fig. 6E](#) nach der Farbänderung.

[0025] [Fig. 9](#) ist ein zyklischer Graph bzw. ein Graph einer Hysteresekurve einer Dünnschicht-Solarzelle aus Silizium, wobei ein anorganisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen TMPD ist, und ein kathodisches anorganisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen HV ist.

[0026] [Fig. 10](#) ist ein Graph eines Absorptionspektrums einer Dünnschicht-Solarzelle aus Silizium, wobei ein anorganisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen TMPD ist, und ein kathodisches organisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen HV ist.

[0027] [Fig. 11](#) ist ein Graph einer Strom-Antwort bzw. Stromreaktion einer Dünnschicht-Solarzelle aus Silizium, wobei ein anorganisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen TMPD ist, und ein kathodisches anorganisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen HV ist.

[0028] [Fig. 12](#) ist eine I-V-Kurve (Strom-Spannungs-Kennlinie) einer durchsichtigen Variante der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung.

[0029] [Fig. 13](#) ist ein Schaltbild einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung.

[0030] [Fig. 14](#) ist ein Schaltbild, das die elektrische Verbindung zwischen einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung und einem Ausgabeschalter zeigt.

[0031] [Fig. 15](#) ist ein Schaltbild, das die elektrische Verbindung zwischen einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung und einem anderen Ausgabeschalter zeigt.

[0032] [Fig. 16](#) ist ein Schaltbild, das eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung und ein TFT zeigt.

#### Beschreibung der Ausführungsformen

[0033] Nachstehend wird detailliert auf die Ausführungsformen der Erfindung Bezug genommen, und Beispiele davon sind in den begleitenden Zeichnungen veranschaulicht. Wo immer es möglich ist, werden die gleichen Bezugszeichen in den Zeichnungen und der Beschreibung verwendet, um auf gleiche oder ähnliche Teile Be-

zug zu nehmen.

[0034] **Fig. 4** ist eine strukturelle Querschnittsansicht einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bezugnehmend auf **Fig. 4** enthält eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung **400** der ersten Ausführungsform ein transparentes nicht-leitfähiges Substrat **402**, ein Dünnschicht-Solarzellenmodul **404** und eine Elektrochromielösung **406**. Das Dünnschicht-Solarzellenmodul **404** hat eine monolithische in Serie geschaltete Modulstruktur. In **Fig. 4** enthält das Dünnschicht-Solarzellenmodul **404** ein transparentes Substrat **408** und eine Vielzahl von Dünnschicht-Solarzellen **410**, die auf dem transparenten Substrat **408** platziert sind. Die Dünnschicht-Solarzellen **410** sind in Serie geschaltet. Das Dünnschicht-Solarzellenmodul **404** ist in der ersten Ausführungsform z. B. ein Dünnschicht-Solarzellenmodul aus Silizium, ein Dünnschicht-Solarzellenmodul aus CIGS oder ein Dünnschicht-Solarzellenmodul aus CdTe.

[0035] Weiter Bezugnehmend auf **Fig. 4**, werden in der Praxis die Dünnschicht-Solarzellen **410** vorzugsweise in einem Modul zusammengefasst, da die Spannung jeder Dünnschicht-Solarzelle **410** sehr gering ist; im Beispiel von **Fig. 4** enthalten die Dünnschicht-Solarzellen **410** eine Vielzahl von Anodenschichten **412**, die auf einer Fläche des transparenten Substrats **408** angeordnet sind, eine Vielzahl von Kathodenschichten **414**, die auf den Anodenschichten **412** angeordnet sind und eine Vielzahl von Halbleiterschichten **416**, die zwischen den Anodenschichten **412** und den Kathodenschichten **414** platziert sind. Die Anodenschicht **412** jeder Dünnschicht-Solarzelle **410** ist mit einer benachbarten Kathodenschicht **414** elektrisch verbunden, so dass die Dünnschicht-Solarzellen **410** in Serie geschaltet sind, und **Fig. 5** ist das Schaltbild der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung von **Fig. 4**. Ein Material zum Bilden der zuvor genannten Anodenschicht **412** ist z. B. transparentes leitfähiges Oxid (TCO). Ein Material der Kathodenschicht **414** ist im allgemeinen TCO mit einem Metalladditiv (z. B. Silber); in Erwägung, dass die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung **400** eine sehr geringe Ladungsdichte benötigt, kann allerdings die Kathodenschicht **414** durch TCO gebildet werden, um somit die gesamte lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung **400** lichtdurchlässig zu machen.

[0036] In der ersten Ausführungsform ist das transparente nicht-leitfähige Substrat **402** z. B. Glas, Kunststoff oder ein anderes geeignetes flexibles Substrat. Ein Material des transparenten Substrats **408** des Dünnschicht-Solarzellenmoduls **404** ist z. B. Glas, Kunststoff oder ein flexibles Substrat. Eine Zusammensetzung der Elektrochromielösung **406** ist z. B. mindestens ein redoxartiges, organisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen und mindestens ein Lösungsmittel, wobei das redoxartige, organische Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen eines aus einer Gruppe ist, die aus folgendem besteht: kathodisches Elektrochromiematerial, anodisches Elektrochromiematerial und eine Kombination aus davon. Das zuvor erwähnte kathodische Material ist z. B. Methylviologen, Ethylviologen, Heptyviologen (HV), Benzylviologen oder Propylviologen; das anodische Elektrochromiematerial ist z. B. Dimethylphenazin, Phenyldiamin oder TMPD (N,N',N'',N'''-Tetramethyl-p-Phenyldiamin) und das Redoxpotential des Elektrochromiematerials ist geringer als 3 V. Zusätzlich enthält die Zusammensetzung der Elektrochromielösung **406** weiter Alkalimetallsalz, z. B. Lithiumtrifluoromethansulfonat, Lithiumperchlorat oder Tetraalkylammoniumsalz. Des Weiteren enthält die Elektrochromielösung **406** eine geeignete Menge an Polymeren, z. B. PEO (Polyethylenoxid), PPO (Polypropylenoxid) oder Acryl (Polymethylmethacrylat, PMMA), um somit die Viskosität der Elektrochromielösung **406** zu erhöhen. Das Lösungsmittel in der Elektrochromielösung **406** ist z. B. Propylenkarbonat (PC), Ethylcarbonat (EC),  $\gamma$ -Butyrolacton, Acetonitril, Tetrahydrofuran oder n-Methylpyrrolidon (NMP).

[0037] Die Anodenschichten **412** und die Kathodenschichten **414** der zuvor erwähnten Dünnschicht-Solarzellen **410** dienen ebenfalls als Anoden und Kathoden der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung **400**, wie in **Fig. 4** gezeigt ist. Wenn das Sonnenlicht **420** in die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung **400** eintritt, erzeugt die Dünnschicht-Solarzelle **410** sofort eine Vielzahl von Elektron-Loch-Paaren. Der Strom, der durch die Dünnschicht-Solarzellen **410** erzeugt wird, wird an die Elektrochromielösung **406** durch die Anodenschichten **412** und die Kathodenschichten **414** übertragen, um somit eine Redox-Reaktion innerhalb der transparenten und farblosen Elektrochromielösung **406** zu verursachen.

[0038] Der Strom aus den Dünnschicht-Solarzellen **410** wird in einen Ionenstrom in der Elektrochromielösung **406** umgewandelt; demnach wird ein Kurzschluss verhindert, auch wenn die Anodenschichten **412** und die Kathodenschichten **414** gleichzeitig in Kontakt mit der Elektrochromielösung **406** stehen, wenn elektrischer Strom erzeugt wird. Zusätzlich kann eine Reflexionsschicht **418a** oder **418b** auf dem transparenten nichtleitfähigen Substrat **410** abgeschieden werden, um eine Spiegelfläche zu bilden; z. B. enthält ein Material der Reflexionsschicht **418a** oder **418b** entweder Silber- oder Aluminium-Dünnschichtbeschichtungen.

[0039] Die **Fig. 6A–Fig. 6E** sind Querschnittsansichten, die einen Ablauf der Herstellung einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0040] Zunächst bezugnehmend auf [Fig. 6A](#) wird durch Ausführung des Schritts von [Fig. 6A](#) eine Dünnschicht auf dem transparenten Substrat **600** gebildet. Dann wird ein erster Laser-Ritz-Prozess durchgeführt, um die TCO-Dünnschicht innerhalb der Bereiche P1 zu entfernen, um somit eine Vielzahl von Anodenschichten **602** zu bilden.

[0041] Bezugnehmend auf [Fig. 6A](#) wird als nächstes ein Plasmagasphasenabscheidungsprozess (PECVD) durchgeführt, um eine gleichmäßig abgeschiedene Schicht auf dem transparenten Substrat **600** und den Anodenschichten **602** zu implementieren, um somit die Halbleiterdünnschicht **604** zu bilden, und dann wird ein zweiter Laser-Ritz-Prozess durchgeführt, um einen Teil der Halbleiterdünnschicht **604** zu entfernen, der innerhalb der Bereiche P2 liegt, und die Halbleiterdünnschicht **604** wird in eine Vielzahl von Halbleiterdünnschichten **604** unterteilt.

[0042] Bezugnehmend auf [Fig. 6C](#) wird eine physikalischer Abscheidungsprozess aus der Gasphase auf die Anodenschichten **602** und den Halbleiterdünnschichten **604** durchgeführt, um eine andere TCO-Dünnschicht und darauffolgend eine Metallschicht abzuscheiden, gefolgt durch eine Ausführung eines dritten Laser-Ritz-Prozesses, um die TCO-Dünnschicht und die Metallschicht in den Bereichen P3 zu entfernen, um somit die Kathodenschichten **606** zu bilden. Dementsprechend werden die Dünnschicht-Solarzellen **608** gebildet, die jeweils aus der Anodenschicht **602**, der Halbleiterdünnschicht **604** und der Kathodenschicht **606** gebildet sind. Die Anodenschicht **602** jeder Dünnschicht-Solarzelle **608** ist elektrisch mit der Kathodenschicht **606** einer benachbarten Dünnschicht-Solarzelle **608** durch den Bereich P2 verbunden. Wenn die Prozesse abgeschlossen sind, sind die benachbarten Dünnschicht-Solarzellen **608** untereinander durch die Metallschicht (d. h. der obere Teil der Kathodenschichten **606**) in Serie mit den TCO-Dünnschichten (d. h. die Anodenschichten **602**) verbunden bzw. geschaltet und der zuvor erwähnte Modulisationsprozess bzw. Kapselungsprozess kann auf das transparente Substrat **600** (z. B. Glas) angewendet werden.

[0043] Zusätzlich ist der Transmissionsgrad des Moduls durch Steuern eines Intervalls zwischen den benachbarten Kathodenschichten **606** einstellbar, was auf dem Prinzip basiert, dass die freiliegenden Bereiche der Anodenschichten **602** indirekt proportional zur elektrischen Felddichte der Anoden sind, und je höher die elektrische Felddichte ist, desto dunkler wird der elektrochrome Beschattungsbereich. Anders gesagt ist die elektrische Felddichte der Anoden in [Fig. 6C](#) geringer als die elektrische Felddichte der Anoden in [Fig. 4](#), da das Intervall der benachbarten Kathodenschichten **606** in [Fig. 6C](#) größer ist als das Intervall der benachbarten Kathodenschichten **414** in [Fig. 4](#) wenn andere Elemente unverändert bleiben, und dementsprechend ist die elektrochrome Beschattung der Anoden in [Fig. 4](#) dunkler als die elektrochrome Beschattung in [Fig. 6C](#). Außerdem vergrößert sich der lichtdurchlässige Bereich entsprechend, wenn das Intervall zwischen den benachbarten Kathodenschichten **606** vergrößert wird.

[0044] Nach dem Schritt von [Fig. 6C](#) kann ein anderer Schritt, der durch [Fig. 6D](#) veranschaulicht ist, optional durchgeführt werden. In [Fig. 6D](#) wird jeweils eine Vielzahl von Passivierungsschichten **610** auf den Seitenwänden jeder Halbleiterdünnschicht **604** gebildet, um die Halbleiter-Dünnschichten **604** davor zu schützen, von z. B. bestimmten Elektrochromielösungen beeinflusst zu werden, die auf den Halbleiter-Dünnschichten **604** korrosionsanfällig sind.

[0045] Weiter bezugnehmend auf [Fig. 6E](#) wird der Modulisationsprozess auf dem transparenten Substrat **600** abgeschlossen, wobei das transparente nichtleitfähige Substrat **612**, die Elektrochromielösung **614** und die Struktur von [Fig. 6D](#) miteinander kombiniert werden.

[0046] [Fig. 7](#) ist eine Draufsicht auf die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung von [Fig. 6E](#), wobei nur das transparente Substrat **600** und die Kathodenschichten **606** gebildet durch abgeschiedenes Metall veranschaulicht sind. Ein leerer Bereich **700** in [Fig. 7](#) stellt die Anode der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung dar.

[0047] [Fig. 8A](#) ist eine Draufsicht auf eine lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung, die aus einer durchsichtigen Variante des Dünnschicht-Solarzellenmoduls gebildet ist. Wenn das Sonnenlicht auf die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung abstrahlt, erzeugen die Dünnschicht-Solarzellen (z. B. **608**, wie in [Fig. 6E](#) gezeigt ist) sofort Elektron-Loch-Paare, so dass eine Redox-Reaktion an den Anoden und den Kathoden in der Elektrochromielösung **614** auftritt (z. B. **614**, wie in [Fig. 6E](#) gezeigt ist) und verändert dessen Farbe. Da die Redox-Reaktion unter Sonnenlichteinstrahlung andauert, breitet sich die sich verändernde Farbe über die gesamte Elektrochromielösung aus und der ursprünglich farblose Bereich **700** wird farbig, wie in [Fig. 8B](#) gezeigt ist.

**[0048]** Die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung verwendet ein Dünnschicht-Solarzellenmodul, um elektrochrome Beschattung durchzuführen, aber andere Arten von Dünnschicht-Solarzellenmodule, z. B. ein CIGS-Dünnschicht-Solarzellenmodul oder ein CdTe-Dünnschicht-Solarzellenmodul können ebenfalls verwendet werden, um Elektrizität zu erzeugen.

**[0049]** Um den Wirkungsgrad der vorliegenden Erfindung zu zeigen, werden im Folgenden einige Experimente durchgeführt, wobei ein Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul exemplarisch getestet wird.

#### Erstes Experiment

**[0050]** Ein C-V-Scannen (cyclic voltammograms scanning) bzw. C-V-Hysteresescannen wird mit einer Elektrochromielösung durchgeführt, wobei die Zusammensetzung der Elektrochromielösung ein Lösungsmittel aus PC enthält, ein anodisches organisches Elektrochromiematerial aus TMPD mit kleinen Molekülen enthält, ein kathodisches organisches Elektrochromiematerial aus HV mit kleinen Molekülen enthält, ein Elektrolytsalz aus Lithiumperchlorat ( $\text{LiClO}_4$ ) mit einer entsprechenden molaren Konzentration von 0,1 M enthält, wobei die Scanrate bzw. Abtastrate 100 mV/s beträgt und das Scannen einen Bereich von 0 V bis 1,6 V abdeckt. Wie in [Fig. 9](#) gezeigt ist, gibt es während des Scannens einen ersten Oxidations-Peak bzw. eine erste Oxidationsspitze bei 0,8 V entsprechend dem Oxidationsfarb-Peak von TMPD; und es gibt einen zweiten Oxidations-Peak entsprechend dem Oxidations-Peak von HV. Im Reduktionsablauf entspricht der erste Reduktions-Peak (an der höheren Spannung) dem Reduktions-Peak von HV und der zweite Reduktions-Peak (an der niedrigeren Spannung von 0,4 V) entspricht dem Reduktions-Peak von TMPD. Aus [Fig. 9](#) weiß man, dass das geringste Färbepotential bei ca. 0,6 V liegt und wo ein signifikanter Färbefeffekt auftritt kann man die Veränderung im Absorptionsspektrum des Elektrochromiematerials während des Potentialscans im UV-Vis-Absorptionsspektrum beobachtet werden, wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist. In [Fig. 10](#) ist gezeigt, dass die Elektrochromielösung, wenn das Redox-Potential größer als 0,4 V ist, von einem transparenten in einen gefärbten Zustand wechselt und die Farbänderung wird signifikant, wenn das Potential größer als 0,6 V ist. Zu den beiden charakteristischen Absorptionspeaks, die in [Fig. 10](#) gezeigt sind, trägt sowohl TMPD als auch HV bei. Wenn das Potential größer als 0,8 V ändert sich die Farbabsorption mit dem Potential auf nicht-lineare Weise. Die zuvor erwähnte Eigenschaft legt nahe, dass unter der Spannung von 0,8 V ein besseres Betriebslevel ist. Bezüglich der Stromantwortcharakteristik kann die Reaktionszeit, wenn das Potentialniveau im Bereich von 0–0,6 V gesteuert wird, weniger als 1 Sekunde betragen, wie durch [Fig. 11](#) gezeigt ist.

#### Zweites Experiment

**[0051]** Eine erste gleichförmige, einheitliche Schicht einer transparenten leitfähigen Schicht wird auf ein korrekt gesäubertes Glas abgeschieden, das die vordere Elektrode bildet, gefolgt von einem ersten Laser-Ritz-Prozess, der durch die gesamte Schichtdicke ritzt, wobei die Wellenlänge des Impulslasers 266 nm, 355 nm oder 1064 nm beträgt. Der erste Laser-Ritz-Prozess dient der Entfernung der transparenten leitfähigen Schicht innerhalb eines Bereichs, wie z. B. P1 in [Fig. 6A](#). Wenn die Laserabtragung abgeschlossen ist, wird das Glas in einen Reiniger gegeben, um die verbliebenen Partikel aus dem Ritzbereich wegzuspülen, um somit eine Anodenschicht zu erhalten. Die Breite zwischen den benachbarten bestimmt die Leistungsabgabe des Dünnschicht-Solarzellenmoduls.

**[0052]** Weiter wird eine gleichförmige p- und n-artige Siliziumdünnschicht durch einen PECVD-Prozess abgeschieden, mit einer Gesamtdicke von ca. 2 bis 3 Mikrometer. Weiter wird ein zweiter Laser-Ritz-Prozess durchgeführt, der zum Entfernen der abgeschiedenen Schicht auf der Anodenschicht innerhalb eines Bereichs wie z. B. P2 in [Fig. 6B](#) dient. Die Kurve, die geritzt werden soll, wird durch einen Impulslaser mit einer Wellenlänge von 532 nm entfernt.

**[0053]** Das zuvor erwähnte abgeschiedene Glas wird in ein Vakuum-Sputtergerät gegeben, um eine rückwärtige Elektrode zu sputtern (z. B. Metallrückreflektorsilber), wobei die rückwärtige Elektrode das Licht reflektiert, das von der Siliziumschicht streut, wobei der Lichtabsorptionswirkungsgrad der Vorrichtung weiter erhöht wird. Weiter wird ein dritter Laser-Ritz-Prozess mit einem Impulslaser mit 532 nm durchgeführt, der zum Entfernen der abgeschiedenen Schichten auf der Anodenschicht innerhalb eines Bereichs dient, wie z. B. P3 in [Fig. 6C](#). Dementsprechend erhält man eine Kathodenschicht. Schließlich wird ein Reinigungsprozess durchgeführt, um somit verbliebene Partikel innerhalb des Ritzbereichs wegzuspülen und ein Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul zu fertigen.

## Drittes Experiment

**[0054]** Aufgrund der Anforderungen der organischen Elektrochromielösung eines niedrigen Redox-Potentials und einer geringen Ladungsdichte wird die zuvor erwähnte Rückmetallelektrode weggelassen, wenn die Leistungsabgabe der Siliziumdünnschicht-Solarzelle ausreichend ist, um die elektrochrome Reaktion auszulösen, und die Kathodenschicht kann allein durch TCO gebildet werden. [Fig. 12](#) ist eine IV-Kurve (Strom-Spannungs-Kennlinie) einer durchsichtigen Variante einer lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung mit einer Fläche von 0,5 cm × 0,5 cm. Das dritte Experiment zeigt an, dass eine reduzierte Dicke der wesentlichen bzw. intrinsischen Schicht aus a-Si (amorphes Silizium) zwar einen geringen Einfluss auf die Spannung des Offen-Schaltkreises Voc hat, aber einen signifikanten Einfluss auf die Stromdichte Jsc hat, wobei die Stromdichte Jsc um ca. 30% verringert wird. Tabelle 1 beschreibt detailliert den Einfluss der reduzierten Dicke einer intrinsischen Schicht aus A-Si auf die elektrische Leistung der Siliziumdünnschicht-Solarzelle. Da der Redox-Strom der angewandten kleinen organischen Moleküle geringer ist als Jsc der durchsichtigen Variante der Siliziumdünnschicht-Solarzelle, wird die durchsichtige Siliziumdünnschicht-Solarzelle bevorzugt, um das organische Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen zu betreiben, um die Transparenz der gesamten Vorrichtung zu erhöhen.

Dicke der intrinsischen Schicht	Voc (V)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	FF (Füllfaktor)	Pmax (W)	Wirkungsgrad %
150 nm	0,7898	7,44	53,4213	0,00078	3,1373
300 nm	0,8373	9,2	69,0118	0,0013	5,3145
400 nm	0,8317	10,13	65,82	0,0013	5,5456

## Viertes Experiment

**[0055]** Ein transparentes Glassubstrat mit einem Querschnitt von 7,5 cm × 7,5 cm wird bereitgestellt, und ein lösungsmittelbeständiger Streifen haftet an dem Substrat an einem Rand davon, wobei der lösungsmittelbeständige Streifen als Abstandhalter bzw. Distanzstück dient. Ein anodisches Elektrochromiematerial TMPD mit einer molaren Konzentration von 0,1 M gemäß dem molekularem Gewicht (mol.-Gewichtsprozent [mol-wt]) wird in PC-Lösungsmittel gelöst. Dann wird Lithiumperchlorat (LiClO<sub>4</sub>) mit einer molaren Konzentration von 0,1 M hinzugegeben und die Lösung wird zu einer gut-gemischten, transparenten, farblosen Elektrochromielösung gemischt. Die gewonnene Lösung wird auf das zuvor erwähnte transparente Glassubstrat ausgebreitet und ein Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul überzieht das transparente Glassubstrat. Auf Basis der vorherigen Ausführungen wird die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung konstruiert.

**[0056]** Die Spannung des Offen-Schaltkreises Voc des Siliziumdünnschicht-Solarzellenmoduls einer Fläche von 38,4 cm<sup>2</sup> beträgt 6,38 V, dessen Kurzschlussstrom Isc beträgt 62,73 mA, FF beträgt 51,37%, Pmax beträgt 0,21 W und der Wirkungsgrad beträgt 5,35%. Wenn das Sonnenlicht auf die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung einstrahlt, startet die Elektrochromielösung die Redox-Reaktion in einer Minute, direkt unter dessen Anode und die Elektrochromielösung beginnt die Farbe zu ändern, d. h. die Farbe wechselt von transparent und farblos zu einem hellen Blau und dann zu einem dunklen Blau und breitet sich allmählich über die gesamte Anodenfläche aus.

## Fünftes Experiment

**[0057]** Ein transparentes Glassubstrat mit einem Querschnitt von 7,5 cm × 7,5 cm wird bereitgestellt, und ein lösungsmittelbeständiger Streifen haftet an dem Substrat an einem Rand davon, wobei der lösungsmittelbeständige Streifen als Abstandhalter bzw. Distanzstück dient. Ein anodisches Elektrochromiematerial TMPD mit einer molaren Konzentration von 0,1 M und ein kathodisches Elektrochromiematerial HV mit einer molaren Konzentration von 0,1 M werden jeweils in dem PC-Lösungsmittel gelöst. Dann wird Lithiumperchlorat (LiClO<sub>4</sub>) mit einer molaren Konzentration von 0,1 M zur Lösung hinzugegeben und die Lösung wird zu einer gut-gemischten, transparenten, farblosen Elektrochromielösung gemischt. Die gewonnene Lösung wird auf das zuvor erwähnte transparente Glassubstrat ausgebreitet und ein Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul überzieht das transparente Glassubstrat. Demzufolge wird die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung konstruiert.

**[0058]** Im Vergleich mit dem vierten Experiment wird das Intervall zwischen den benachbarten Kathodenschichten im lichtübertragenden Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul vergrößert und die Anzahl der in Serie geschalteten Zellen wird verringert. Im Ergebnis beträgt die Spannung des Offen-Schaltkreises Voc des Silizi-



umdünnschicht-Solarzellenmoduls 5,37 V, und dessen Kurzschlussstrom  $I_{sc}$  beträgt 48,51 mA. Wenn das Sonnenlicht auf die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung einstrahlt, startet in einer Minute die Elektrochromielösung den Farbwechsel direkt unter dessen Anode und Kathode und die Farbe wechselt von transparent und farblos zu einem hellen Blau und dann zu einem dunklen Blau und breitet sich allmählich über die gesamten Anoden- und Kathodenflächen aus.

#### Sechstes Experiment

**[0059]** Ein Banddraht wird an ein Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul mit einer Spannung des Offen-Schaltkreises  $V_{oc}$  von 6,38 V, einem Kurzschlussstrom  $I_{sc}$  von 62,73 mA und einer  $P_{max}$  von 0,21 W gebunden. Der Draht gibt die Leistung bzw. den Strom ab, die bzw. der durch das Solarzellenmodul erzeugt wird.

**[0060]** Ein transparentes Glassubstrat mit einem Querschnitt von 7,5 cm × 7,5 cm wird bereitgestellt, und ein lösungsmittelbeständiger Streifen haftet entlang des Randes des Substrats, wobei der lösungsmittelbeständige Streifen als Abstandhalter bzw. Distanzstück dient. Ein anodisches Elektrochromiematerial TMPD mit einer molaren Konzentration von 0,1 M gemäß dem mol.-Gewichtsprozent [mol-wt] wird in PC-Lösungsmittel gelöst. Dann wird Lithiumperchlorat ( $LiClO_4$ ) mit einer molaren Konzentration von 0,1 M hinzugegeben und die Lösung wird zu einer gut-gemischten, transparenten, farblosen Elektrochromielösung gemischt. Die gewonnene Lösung wird auf das zuvor erwähnte transparente Glassubstrat ausgebreitet und ein Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul überzieht das transparente Glassubstrat. Dadurch wird die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung konstruiert.

**[0061]** Wenn das Sonnenlicht auf die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung einstrahlt, startet die Elektrochromielösung die Redox-Reaktion in einer Minute, direkt unter der Anode des Moduls und die Elektrochromielösung beginnt die Farbe zu ändern, d. h. die Farbe wechselt von transparent und farblos zu einem hellen Blau und dann zu einem dunklen Blau. Wenn das positive Ende und das negative Ende des Banddrahtes verbunden werden, beginnt das Elektrochromiematerial zu verblassen und erlangt schließlich die originale transparente Farbe zurück.

**[0062]** Das beobachtete Phänomen des zuvor erwähnten Experiments kann wie folgt erklärt werden. Da die Impedanz von Metall geringer ist als die Impedanz einer Elektrochromielösung, wenn das positive Ende und das negative Ende des Banddrahtes nicht verbunden sind, werden Elektron-Loch-Paare durch das Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul erzeugt, nachdem Lichteinfall es einem Elektrochromie-Elementsystems direkt ermöglicht, dessen Farbe zu ändern; allerdings, wenn das positive Ende und das negative Ende des Banddrahtes verbunden werden, wird der gesamte Strom, der durch das Siliziumdünnschicht-Solarzellenmodul erzeugt wurde, als Gleichstromelektrik ausgegeben, wie in [Fig. 13](#) gezeigt ist.

**[0063]** Um die Leistungs- bzw. Stromabgabe der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung zu steuern, sind folgende Schalt-Designs bzw. Schaltarten einsetzbar.

1. Der Strom, der durch ein Dünnschicht-Solarzellenmodul erzeugt wird, wird in Wechselstrom umgewandelt, indem man einen Gleichstrom-Wechselstrom-Wandler **1400** verwendet, und der gewandelte Strom kann als Wechselstrom-Energieversorgung **1402** dienen, um Elektrizität bereitzustellen, wie in [Fig. 14](#) gezeigt ist.
2. Der Strom, der durch ein Dünnschicht-Solarzellenmodul erzeugt wird, wird in eine Gleichstrom-Ladungsspeichervorrichtung **1500** verbunden (Nachstehend kann die Vorrichtung **1500** als Ladungsspeichervorrichtung dienen, um Gleichstromelektrik bereitzustellen), wie in [Fig. 15](#) gezeigt ist.
3. Ein Dünnschichttransistor (TFT) **1600** ist mit dem Anodenanschluss und dem Kathodenanschluss eines Dünnschicht-Solarzellenmoduls verbunden, wobei der TFT **1600** als Schalter dient, um einzig die Verbindung zwischen dem Dünnschicht-Solarzellenmodul und der externen Schaltung ein/auszuschalten. Auf diese Weise wird die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung zu einer aktiven Vorrichtung, wie in [Fig. 16](#) gezeigt ist. Zusätzlich ist die Anzahl der TFT nicht auf einen beschränkt. Falls gewünscht, können es mehrere TFT sein.

**[0064]** Zusammenfassend verwendet die lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung ein in Serie geschaltetes Dünnschicht-Solarzellenmodul, wobei die Anodenschicht und die Kathodenschicht des Moduls jeweils als Anode und Kathode der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung dienen. Da die Struktur der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kompatibel mit derzeitigen Fertigungsprozessen von Dünnschicht-Solarzellenmodulen ist, ist die vorliegende Erfindung für die Massenproduktion geeignet. Insbesondere da die Anodenschichten innerhalb des Dünnschicht-Solarzellenmoduls in Serie geschaltet sind, gibt es keinen Bedarf zusätzlich Extra-Schaltkreisdrähte bzw. eine Zusatzschaltverdrahtung in der lichtemp-

findlichen Elektrochromievorrichtung anzuordnen, was zur Verringerung der Fertigungskosten und der Fertigungszeit beiträgt.

**[0065]** Im Unterschied zum Stand der Technik, in dem die Leistung bzw. der Strom der herkömmlichen Vorrichtungen durch die Umgebung der Elektrode bereitgestellt wird, sind in der lichtempfindlichen Elektrochromievorrichtung der vorliegenden Erfindung die benötigten Elektroden gleichmäßig auf dem gesamten Dünnschicht-Solarzellenmodul verteilt, so dass das elektrische Feld, das in der erfundenen Vorrichtung erzeugt wird, einheitlich ist. Der Farbwechsel der Elektrochromielösung in verschiedenen Bereichen weist die gleiche Einheitlichkeit auf und das herkömmliche Iris-Effekt-Problem wird vermieden.

**[0066]** Es ist Fachleuten klar, dass verschiedene Modifikationen und Variationen an der Struktur der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden können ohne vom Schutzbereich oder dem Wesen der Erfindung abzuweichen. Hinsichtlich der vorhergehenden Ausführungen ist es beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung Modifikationen und Variationen dieser Erfindung abdeckt, falls sie in den Schutzbereich der folgenden Ansprüche und ihrer Äquivalente fallen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- US 6369934 B1 [0006]
- US 5377037 [0007]
- US 5805330 [0008]
- US 6005089 [0009]

**Patentansprüche**

1. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung, umfassend:  
ein transparentes nichtleitfähiges Substrat;  
ein Dünnschicht-Solarzellenmodul, das eine monolithische in Serie geschaltete Modulstruktur aufweist, wobei das Dünnschicht-Solarzellenmodul umfasst:  
ein transparentes Substrat; und  
eine Vielzahl von Dünnschicht-Solarzellen, die auf dem transparenten Substrat platziert sind, wobei die Dünnschicht-Solarzellen in Serie geschaltet sind; und  
eine Elektrochromielösung, die zwischen dem transparenten nichtleitfähigem Substrat und dem Dünnschicht-Solarzellenmodul angeordnet ist.
2. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Dünnschicht-Solarzellen umfassen:  
eine Vielzahl von Anodenschichten, die an der Oberfläche des transparenten Substrats angeordnet sind;  
eine Vielzahl von Kathodenschichten, die an den Anodenschichten angeordnet sind; und  
eine Vielzahl von Halbleiterdünnschichten, die zwischen den Kathodenschichten und den Anodenschichten angeordnet sind.
3. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Anodenschicht einer der Dünnschicht-Solarzellen elektrisch mit der Kathodenschicht einer anderen Dünnschicht-Solarzelle verbunden ist.
4. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 2, weiter umfassend eine Vielzahl von Passivierungsschichten, die jeweils an einer Vielzahl von Seitenwänden jeder Halbleiterdünnschicht in den Dünnschicht-Solarzellen angeordnet ist.
5. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Anodenschichten zwischen den Kathodenschichten freiliegen und ein elektrochromes Beschattungsgebiet der Elektrochromielösung durch Steuern eines Intervalls zwischen den Kathodenschichten einstellbar ist.
6. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei ein Material der Anodenschichten ein transparentes leitfähiges Oxid umfasst.
7. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei ein Material der Kathodenschichten ein transparentes leitfähiges Oxid und Metall umfasst.
8. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei eine Zusammensetzung der Elektrochromielösung mindestens ein redox-artiges organisches Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen und mindestens ein Lösungsmittel umfasst.
9. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 8, wobei das redox-artige organische Elektrochromiematerial mit kleinen Molekülen aus folgender Gruppe ausgewählt ist: kathodisches Elektrochromiematerial, anodisches Elektrochromiematerial und einer Kombination daraus.
10. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das Dünnschicht-Solarzellenmodul ein Dünnschicht-Solarzellen Modul aus Silizium, ein Dünnschicht-Solarzellenmodul aus CIGS oder ein Dünnschicht-Solarzellenmodul aus CdTe umfasst.
11. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das transparente nichtleitfähige Substrat Glas, Kunststoff oder ein flexibles Substrat umfasst.
12. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, weiter umfassend: eine Reflexionschicht, die auf dem transparenten nichtleitfähigem Substrat angeordnet ist, um eine Spiegelfläche zu bilden.
13. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 12, wobei ein Material der Reflexionschicht mindestens eine Silber- oder Aluminium-Dünnschichtbeschichtung umfasst.
14. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das transparente Substrat des Dünnschicht-Solarzellenmoduls Glas, Kunststoff oder ein flexibles Substrat umfasst.

15. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, weiter umfassend einen Gleichstrom-Wechselstrom-Wandler, der den Strom, der durch das Dünnschicht-Solarzellenmodul bereitgestellt wird, in eine Wechselstromversorgung umwandelt.

16. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, weiter umfassend eine Gleichstromladungsspeichervorrichtung, die den, der durch das Dünnschicht-Solarzellenmodul erzeugten Strom speichert.

17. Lichtempfindliche Elektrochromievorrichtung gemäß Anspruch 1, weiter umfassend mindestens einen Dünnschicht-Transistor, der jeweils mit einem Anodenanschluss und einem Kathodenanschluss des Dünnschicht-Solarzellenmoduls verbunden ist, um einen Schalter zwischen dem Dünnschicht-Solarzellenmodul und einem externen Schaltkreis individuell zu steuern.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

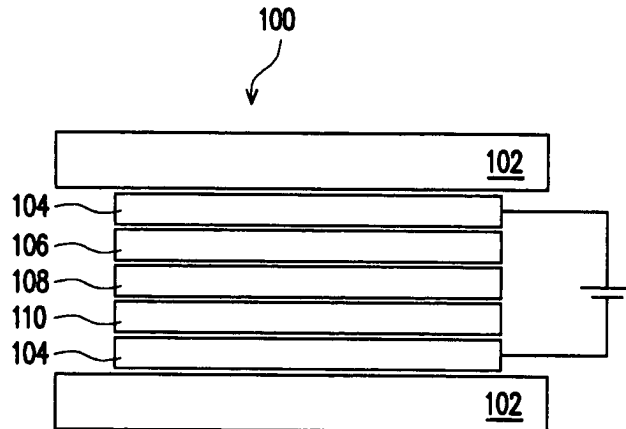


FIG. 1 (Stand der Technik)

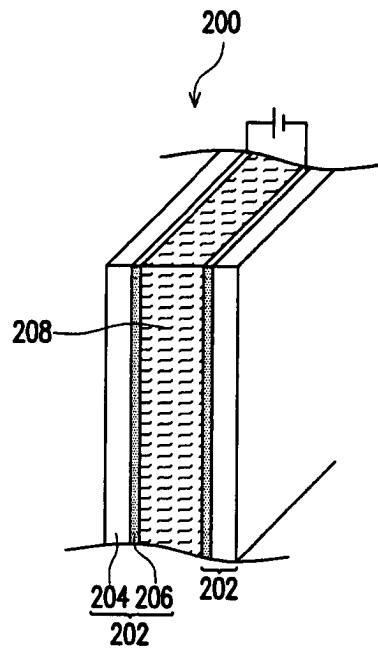


FIG. 2 (Stand der Technik)

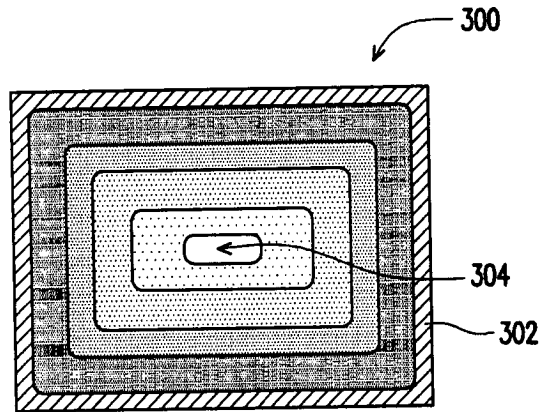


FIG. 3 (Stand der Technik)

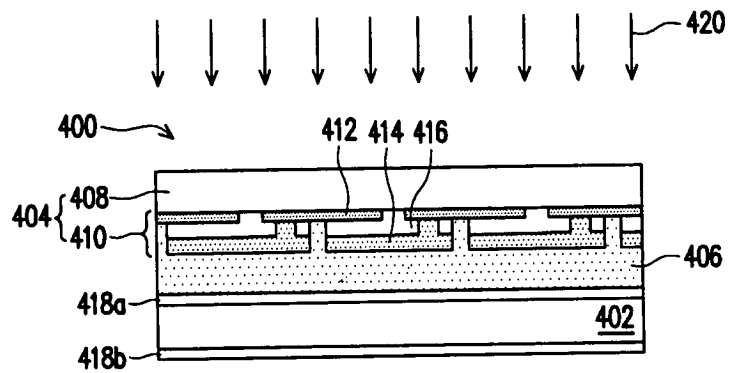


FIG. 4



FIG. 5

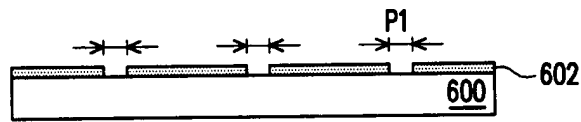


FIG. 6A

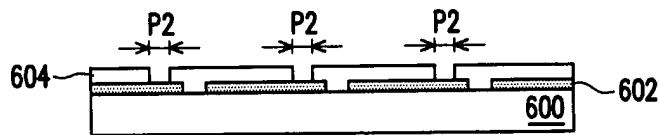


FIG. 6B

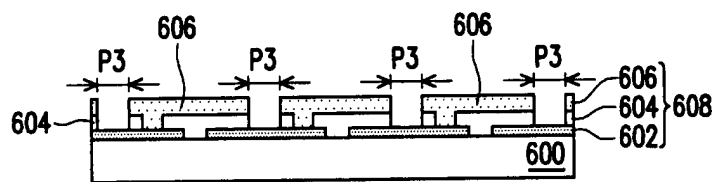


FIG. 6C

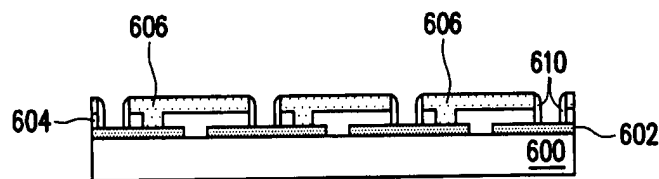


FIG. 6D



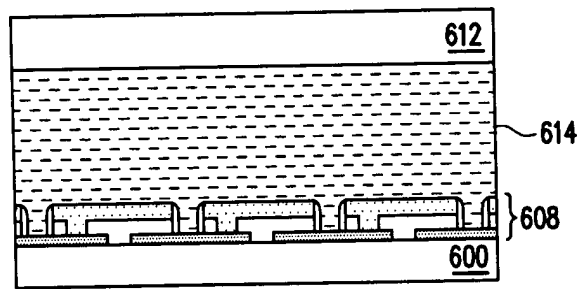


FIG. 6E

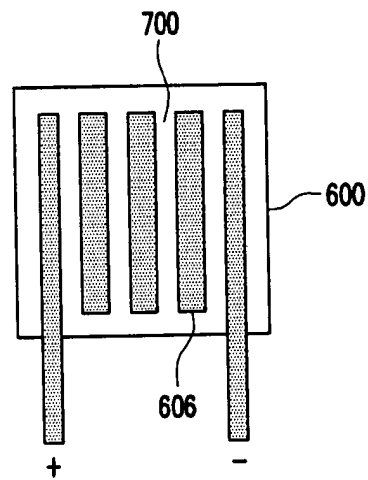


FIG. 7

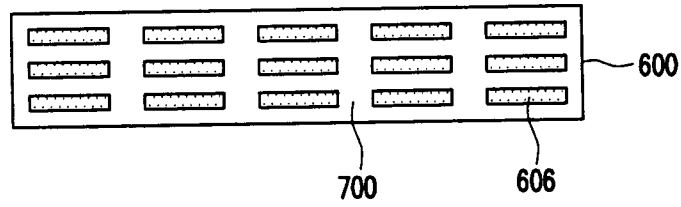


FIG. 8A

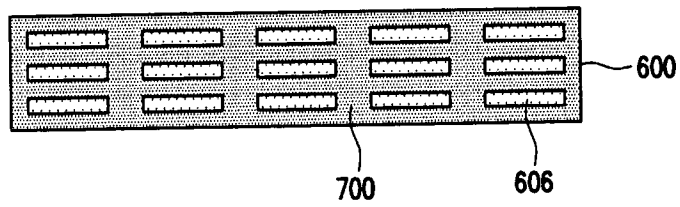


FIG. 8B

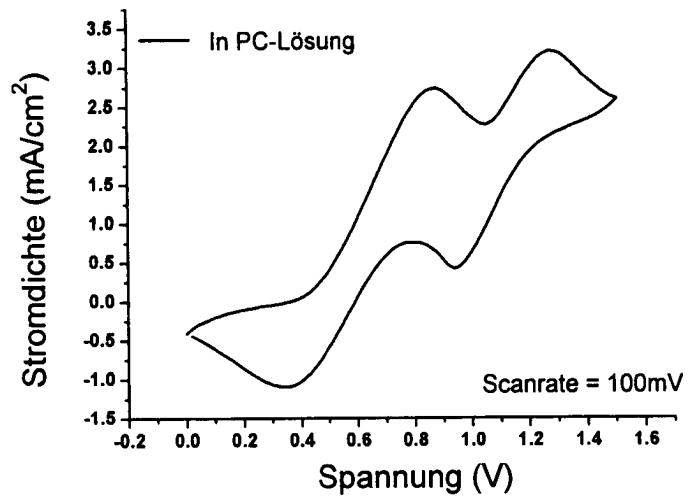


FIG. 9

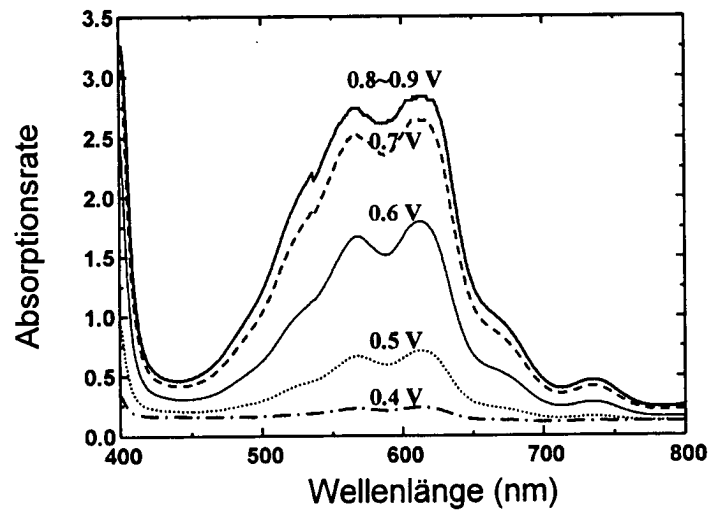


FIG. 10

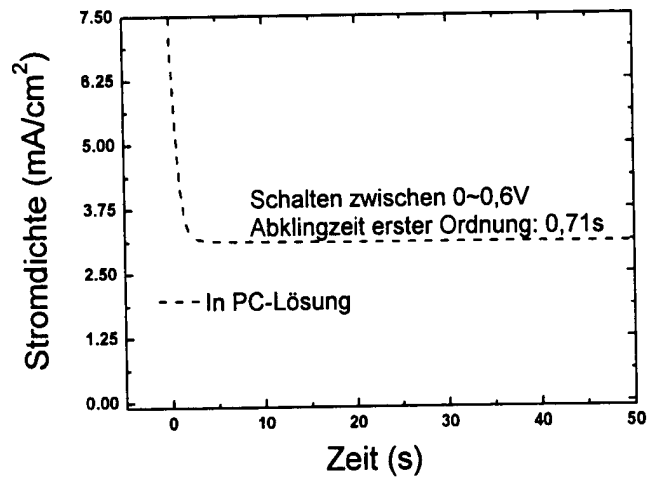


FIG. 11

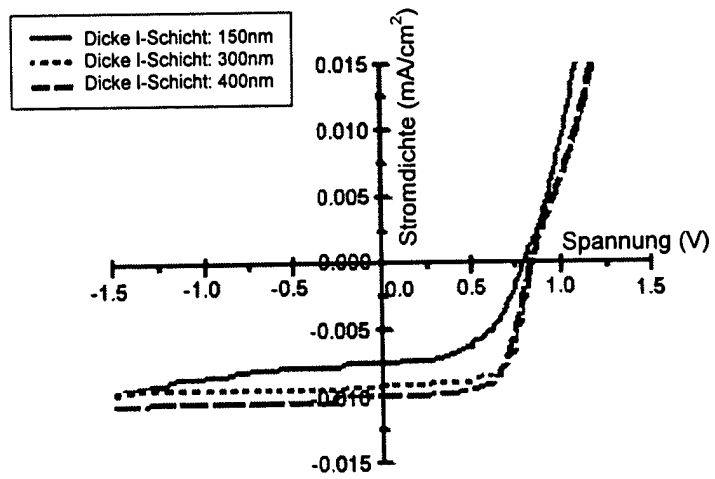


FIG. 12

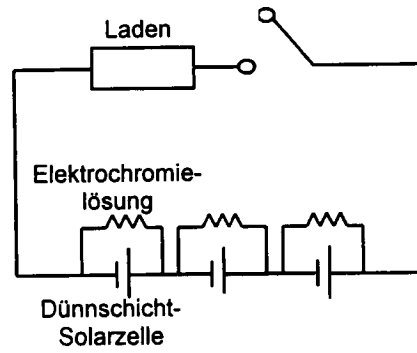


FIG. 13

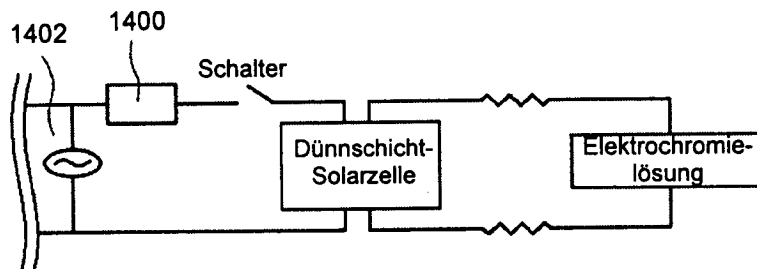


FIG. 14

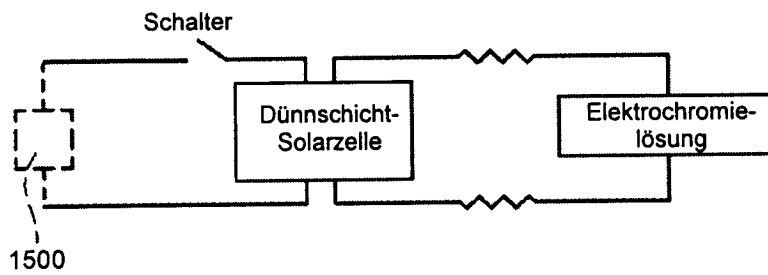


FIG. 15

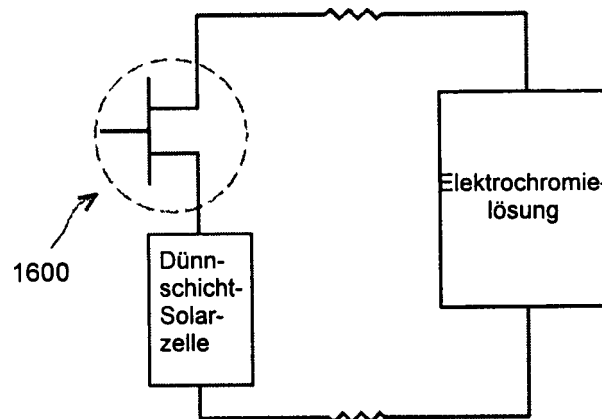


FIG. 16