



CONFEDERAZIONE SVIZZERA  
ISTITUTO FEDERALE DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

(11) **CH** **699 693 B1**

(51) Int. Cl.: **C07F 15/00** (2006.01)  
**H01L 31/04** (2006.01)  
**H01L 51/00** (2006.01)

**Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein**

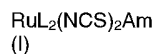
Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

(12) **FASCICOLO DEL BREVETTO**

(21) Numero della domanda:	01582/09	(73) Titolare/Titolari: Everlight USA, Inc., 10570 Southern Loop Boulevard Pineville, NC 26134 (US)
(22) Data di deposito:	14.10.2009	
(43) Domanda pubblicata:	30.04.2010	(72) Inventore/Inventori: Ching-Lin Chen, Taoyuan Hsien (TW) Ta-Chung Yin, Taoyuan Hsien (TW) Der-Gun Chou, Taoyuan Hsien (TW)
(30) Priorità:	21.10.2008 CN 2008 10170973.4	
(24) Brevetto rilasciato:	30.03.2012	
(45) Fascicolo del brevetto pubblicato:	30.03.2012	(74) Mandatario: JACOBACCI & PARTNERS S.p.A., 2, Avenue de la Gare des Eaux-Vives 1207 Genève (CH)

(54) **Cella solare con complesso di rutenio**

(57) La presente invenzione si riferisce a un componente fotoelettrico che usa un complesso di rutenio rappresentato mediante la seguente formula (I):



in cui L, A ed m sono definiti come per la specifica. Tale complesso di rutenio può essere usato per una cella solare sensibilizzata con coloranti (DSSC) della presente invenzione. Pertanto, le caratteristiche fotoelettriche della DSSC della presente invenzione possono essere migliorate.

**Descrizione****Contesto dell'invenzione****1. Campo dell'invenzione**

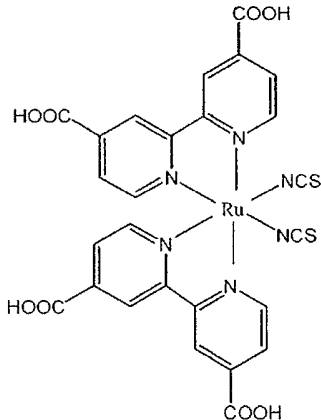
[0001] La presente invenzione si riferisce a un componente fotoelettrico che usa un complesso di rutenio, in particolare una cella solare sensibilizzata con coloranti (DSSC).

**2. Descrizione della tecnica correlata**

[0002] Con lo sviluppo della tecnologia industriale, i gravi problemi che il mondo intero sta affrontando al giorno d'oggi sono costituiti dalla crisi energetica e dall'inquinamento ambientale. Al fine di trovare una soluzione alla crisi energetica globale e di ridurre l'inquinamento ambientale, uno dei mezzi efficaci è una cella solare, la quale può convertire l'energia solare in elettricità. Poiché la cella solare sensibilizzata con coloranti presenta i vantaggi di costi di produzione contenuti, produzione su larga scala, grande flessibilità, trasmittanza della luce, e di essere in grado di essere usata negli edifici, l'applicazione della cella solare sensibilizzata con coloranti diventa sempre più interessante.

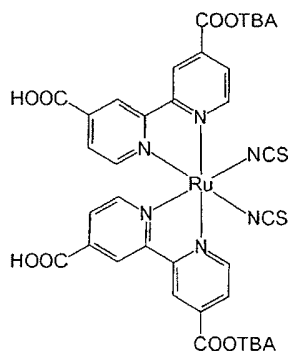
[0003] Attualmente, Grätzel et al. hanno illustrato una serie di articoli di letteratura, per esempio, O'Regan, B.; Grätzel, M. Nature 1991, 353, 737, che illustra l'idoneità all'impiego concreto della cella solare sensibilizzata con coloranti. La struttura generale della cella solare sensibilizzata con coloranti comprende un anodo, un catodo, uno strato di diossido di titanio nano-poroso, un colorante, e un elettrolita, in cui il colorante svolge un ruolo cruciale nell'efficienza di conversione della cella solare sensibilizzata con coloranti. Il colorante idoneo per la cella solare sensibilizzata con coloranti deve presentare caratteristiche di ampio spettro di assorbimento, elevato coefficiente di assorbimento molare, stabilità termica, e stabilità alla luce.

[0004] Il laboratorio di Grätzel ha pubblicato una serie di complessi di rutenio in qualità di coloranti per la cella solare sensibilizzata con coloranti. Nel 1993, il laboratorio di Grätzel ha pubblicato una cella solare sensibilizzata con coloranti preparata con un colorante N3, e l'efficienza di conversione della cella solare sensibilizzata con coloranti era del 10,0% con l'illuminazione di una luce stimolata a 1,5 AM. Il valore di efficienza di conversione da fotone incidente a corrente (IPCE) del colorante N3 è dell'80% nell'intervallo tra 400 e 600 nm. Sebbene siano state sviluppate centinaia di complessi di coloranti, l'efficienza di conversione di questi complessi di coloranti non è eccellente come quella del colorante N3. La struttura del colorante N3 viene rappresentata mediante la seguente formula (a).



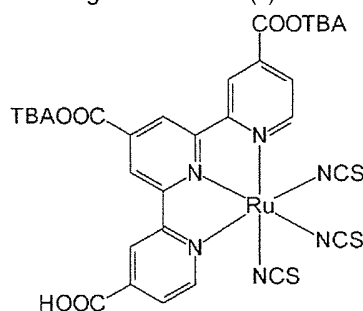
(a)

[0005] Nel 2003, il laboratorio di Grätzel ha pubblicato una cella solare sensibilizzata con coloranti preparata con un colorante N719, e l'efficienza di conversione della cella solare sensibilizzata con coloranti è migliorata al 10,85% con un'illuminazione di luce stimolata a 1,5 AM, in cui la struttura del colorante N719 viene rappresentata mediante la seguente formula (b).



(b)

[0006] Nel 2004, il laboratorio di Grätzel ha pubblicato una cella solare sensibilizzata con coloranti preparata con un colorante nero, e l'efficienza di conversione della cella solare sensibilizzata con coloranti era dell'11,04% con un'illuminazione di luce stimolata a 1,5 AM. Il colorante nero può migliorare la risposta spettrale nella regione rossa e del vicino infrarosso, in modo che l'efficienza di conversione della cella solare sensibilizzata con coloranti possa essere migliorata. La struttura del colorante nero viene rappresentata mediante la seguente formula (c).



(c)

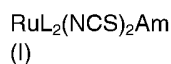
[0007] Oltre ai complessi di rutenio come il colorante N3, il colorante N719, e il colorante nero, altre tipologie di composti coloranti, le quali possono essere usate nella cella solare sensibilizzata con coloranti, sono i complessi di platino, i complessi di osmio, i complessi di ferro, e i complessi di rame. Tuttavia, i risultati di svariate ricerche mostrano che l'efficienza di conversione dei complessi di rutenio resta la migliore rispetto ad altre tipologie di composti coloranti.

[0008] I coloranti per la cella solare sensibilizzata con coloranti influenzano notevolmente l'efficienza di conversione. Pertanto, è auspicabile fornire un composto colorante, il quale possa migliorare l'efficienza di conversione della cella solare sensibilizzata con coloranti.

### Sommario dell'invenzione

[0009] La presente invenzione è destinata a fornire una cella solare sensibilizzata con coloranti, la quale presenta un'eccellente proprietà fotoelettrica.

[0010] La cella della presente invenzione utilizza un complesso di rutenio, il quale viene rappresentato mediante la seguente formula (I):



in cui

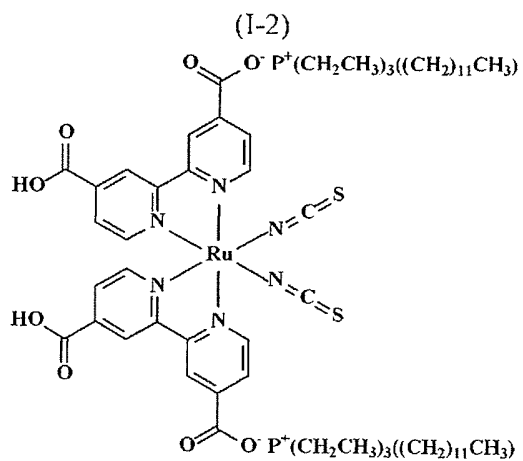
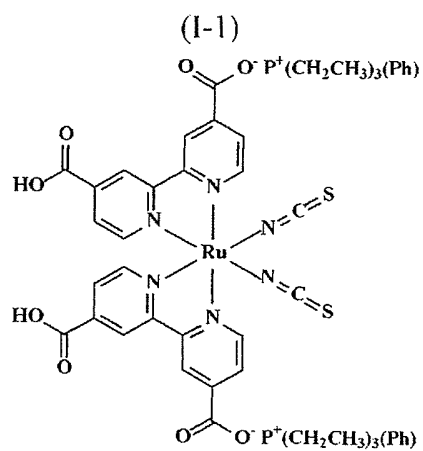
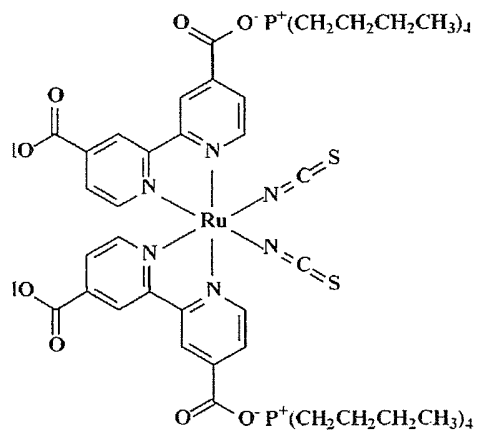
L è acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico, acido 2,2'-bipiridil-4,4'-disolfonico, o acido 2,2'-bipiridil-4,4'-difosfonico;  
A è un catione fosfonio quaternario; ed m è 1, 2, 3, o 4.

[0011] Nella formula (I) di cui sopra, L può essere acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico, acido 2,2'-bipiridil-4,4'-disolfonico, o acido 2,2'-bipiridil-4,4'-difosfonico. Preferibilmente, L è acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico.

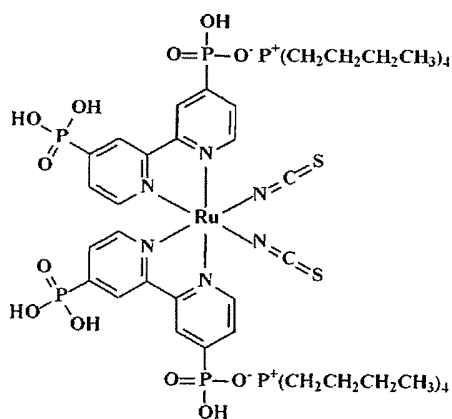
[0012] Nella formula (I) di cui sopra, A può essere un catione fosfonio quaternario. Preferibilmente, A è  $\text{P}^+\text{R}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4$ , in cui  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ ,  $\text{R}_3$ , e  $\text{R}_4$  sono ciascuno indipendentemente  $\text{C}_{1-20}$  alchile, fenile, o benzile. Più preferibilmente, A è tetraalchilfosfonio, benzil trialchilfosfonio, o fenil trialchilfosfonio, e l'alchile è  $\text{C}_{1-20}$  alchile.

[0013] Nella formula (I) di cui sopra, m può essere 1, 2, 3, o 4. Preferibilmente, m è 2 o 3. Più preferibilmente, m è 2.

[0014] Gli specifici esempi di complesso di rutenio rappresentati mediante la formula (I) di cui sopra sono:



## CH 699 693 B1



(1-4)

**[0015]** La presente invenzione fornisce una cella solare sensibilizzata con coloranti, che comprende il suddetto complesso di rutenio.

**[0016]** In aggiunta, la cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione comprende: un fotoanodo, comprendente il suddetto complesso di rutenio; un catodo; e uno strato elettrolita posizionato tra il fotoanodo e il catodo.

**[0017]** Nella cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione, il fotoanodo comprende: un substrato trasparente, uno strato conduttivo trasparente, uno strato semiconduttivo poroso, e un colorante del complesso di rutenio.

**[0018]** Nella cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione, il materiale del substrato trasparente non è particolarmente limitato, a condizione che il materiale del substrato sia un materiale trasparente. Preferibilmente, il materiale del substrato trasparente è un materiale trasparente con resistenza all'umidità, resistenza ai solventi e resistenza alle condizioni climatiche eccellenti. Pertanto, la cella solare sensibilizzata con coloranti può resistere all'umidità o a un gas proveniente dall'esterno grazie al substrato trasparente. Gli esempi specifici del substrato trasparente includono substrati inorganici trasparenti, come quarzo e vetro; substrati in plastica trasparenti, come poli(etilene tereftalato) (PET), poli(etilene 2,6-naftalato) (PEN), policarbonato (PC), polietilene (PE), polipropilene (PP), e poliimmide (PI), pur non essendo limitati ad essi. In aggiunta, lo spessore del substrato trasparente non è particolarmente limitato, e può essere modificato in base alla trasmittanza e ai requisiti delle proprietà della cella solare sensibilizzata con coloranti. Preferibilmente, il materiale del substrato trasparente è vetro.

**[0019]** Inoltre, nella cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione, il materiale dello strato conduttivo trasparente può essere ossido di indio e stagno (ITO), ossido di stagno drogato con fluoro (FTO), ZnO-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, oppure ossidi a base di stagno.

**[0020]** In aggiunta, nella cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione, lo strato semiconduttivo poroso è costituito da particelle di semiconduttore. Particelle di semiconduttore idonee possono includere Si, TiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, ZnO, WO<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiSrO<sub>3</sub>, e una loro combinazione. Preferibilmente, le particelle di semiconduttore sono costituite da TiO<sub>2</sub>. Il diametro medio delle particelle di semiconduttore può essere compreso tra 5 e 500 nm. Preferibilmente, il diametro medio delle particelle di semiconduttore è compreso tra 10 e 50 nm. Inoltre, lo spessore dello strato semiconduttivo poroso è di 5–25 µm.

**[0021]** Nella cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione, il complesso di rutenio può essere il suddetto complesso di rutenio.

**[0022]** Inoltre, il materiale del catodo per la cella solare sensibilizzata con coloranti non è particolarmente limitato, e può includere un qualsiasi materiale dotato di conducibilità. Diversamente, il materiale del catodo può essere un materiale isolante, a condizione che vi sia uno strato conduttivo formato sulla superficie del catodo, in cui la superficie del catodo è rivolta verso il fotoanodo. Il materiale del catodo può essere un materiale con stabilità elettrochimica. Gli esempi illimitati idonei per il materiale del catodo includono Pt, Au, C, o simili.

**[0023]** Inoltre, il materiale usato nello strato di elettrolita della cella solare sensibilizzata con coloranti non è particolarmente limitato, e può essere un qualsiasi materiale che può trasferire elettroni e/o buche.

**[0024]** Altri scopi, vantaggi e caratteristiche innovative dell'invenzione risulteranno più evidenti dalla seguente descrizione dettagliata.

### Descrizione dettagliata della forma di realizzazione preferita

**[0025]** Il complesso di rutenio della cella presente invenzione può essere sintetizzato mediante i seguenti metodi.

**[0026]** Il cis-di(tiocianato)-N,N'-bis(acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico) rutenio(II) (colorante N3) viene sintetizzato secondo il metodo descritto in *Inorganic Chemistry*, Vol. 38, No. 26, 1999, 6298–6305.

**[0027]** Il cis-di(tiocianato)-N,N'-bis(acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico) rutenio(II) viene disciolto in acqua distillata, e ad esso viene aggiunta una soluzione acquosa al 10% di reagente idrossido di tetrabuttilfosfonio (TCI Co. Ltd.) per regolare il valore del pH della soluzione di reazione a 11. Successivamente, la soluzione di reazione viene concentrata per ottenere un liquido viscoso. Il liquido viscoso viene disciolto in metanolo, e ad esso viene aggiunto dietil etere per far precipitare un prodotto. Dopo aver estratto ed essiccato il prodotto solido umido sotto vuoto per 1 giorno, il prodotto solido essiccato viene disciolto in acqua distillata, e successivamente il valore di pH della risultante soluzione viene regolato al di sotto di 5 con acido nitrico<sub>(aq)</sub> 0,1 M. Infine, si ottiene il complesso di rutenio della formula (I-1).

**[0028]** Il metodo per la produzione della cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione non è particolarmente limitato, e la cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione può essere prodotta mediante i metodi noti nella tecnica.

**[0029]** Il materiale del substrato trasparente non è particolarmente limitato, a condizione che il materiale del substrato sia un materiale trasparente. Preferibilmente, il materiale del substrato trasparente è un materiale trasparente con resistenza all'umidità, resistenza ai solventi e resistenza alle condizioni climatiche eccellenti. Pertanto, la cella solare sensibilizzata con coloranti può resistere all'umidità o a un gas proveniente dall'esterno grazie al substrato trasparente. Gli esempi specifici del substrato trasparente includono substrati inorganici trasparenti, come quarzo e vetro; substrati in plastica trasparenti, come poli(etilene tereftalato) (PET), poli(etilene 2,6-naftalato) (PEN), policarbonato (PC), polietilene (PE), polipropilene (PP), e poliimmide (PI), pur non essendo limitati ad essi. In aggiunta, lo spessore del substrato trasparente non è particolarmente limitato, e può essere modificato in base alla trasmittanza e ai requisiti delle proprietà della cella solare sensibilizzata con coloranti. In una specifica forma di realizzazione, il materiale del substrato trasparente è un substrato di vetro.

**[0030]** Inoltre, il materiale dello strato conduttivo trasparente può essere ossido di indio e stagno (ITO), ossido di stagno drogato con fluoro (FTO), ZnO-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, oppure ossidi a base di stagno. In una specifica forma di realizzazione, per lo strato conduttivo trasparente viene usato l'ossido di stagno drogato con fluoro.

**[0031]** In aggiunta, lo strato semiconduttivo poroso è costituito da particelle di semiconduttore. Particelle di semiconduttore idonee possono includere Si, TiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, ZnO, WO<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiSrO<sub>3</sub>, e una loro combinazione. In primo luogo, le particelle di semiconduttore sono preparate sotto forma di pasta, e successivamente la pasta viene usata per rivestire il substrato conduttivo trasparente. Il metodo di rivestimento usato nella presente può essere un rivestimento a lama, un rivestimento per rotazione, un rivestimento per atomizzazione, o un rivestimento a umido. In aggiunta, il rivestimento può essere depositato una volta oppure svariate volte, al fine di ottenere uno strato semiconduttivo poroso con uno spessore idoneo. Lo strato semiconduttivo può essere uno strato singolo oppure strati multipli, in cui ciascuno strato degli strati multipli è formato da particelle di semiconduttore con diametri differenti. Per esempio, le particelle di semiconduttore con diametri compresi tra 5 e 50 nm sono usate per un rivestimento con uno spessore compreso tra 5 e 20 µm, e le particelle di semiconduttore con diametri compresi tra 200 e 400 nm sono usate per un rivestimento con uno spessore compreso tra 3 e 5 µm su di esse. Dopo aver essiccato il substrato rivestito a 50–100° C, il substrato rivestito viene sinterizzato a 400–500° C per 30 minuti per ottenere uno strato semiconduttivo multistrato.

**[0032]** Il complesso di rutenio può essere disciolto in un solvente idoneo per preparare una soluzione di colorante. Solventi idonei includono l'acetonitrile, il metanolo, l'etanolo, il propanolo, il butanolo, la dimetilformammide, l'N-metil-2-pirrolidinone e loro combinazioni, pur non essendo limitati ad essi. Nella presente, il substrato trasparente rivestito con lo strato semiconduttivo viene immerso in una soluzione di colorante per indurre lo strato semiconduttivo ad assorbire completamente il colorante nella soluzione di colorante. Dopo aver completato l'assorbimento del colorante, il substrato trasparente rivestito con lo strato semiconduttivo viene estratto ed essiccato. Infine, si ottiene un fotoanodo per una cella solare sensibilizzata con coloranti.

**[0033]** Inoltre, il materiale del catodo per la cella solare sensibilizzata con coloranti non è particolarmente limitato, e può includere un qualsiasi materiale dotato di conducibilità. Diversamente, il materiale del catodo può essere un materiale isolante, a condizione che vi sia uno strato conduttivo formato sulla superficie del catodo, in cui la superficie del catodo è rivolta verso il fotoanodo. Il materiale del catodo può essere un materiale con stabilità elettrochimica. Gli esempi illimitati idonei per il materiale del catodo includono Pt, Au, C, o simili.

**[0034]** Inoltre, il materiale usato nello strato di elettrolita della cella solare sensibilizzata con coloranti non è particolarmente limitato, e può essere un qualsiasi materiale che può trasferire elettroni e/o buche. In aggiunta, l'elettrolita liquido può essere una soluzione di acetonitrile contenente iodio, una soluzione di N-metil-2-pirrolidinone contenente iodio, oppure una soluzione di 3-metossi propionitrile contenente iodio. In una specifica forma di realizzazione, l'elettrolita liquido può essere una soluzione di acetonitrile contenente iodio.

**[0035]** Un metodo specifico per la produzione della cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione viene presentato come segue.

[0036] In primo luogo, una pasta contenente particelle di  $\text{TiO}_2$  con diametro di 20~30 nm viene usata per rivestire, una volta o svariate volte, un substrato di vetro ricoperto con ossido di stagno drogato con fluoro (FTO). Successivamente, il substrato di vetro rivestito viene sinterizzato a 450° C per 30 minuti.

[0037] Il complesso di rutenio viene disciolto in una miscela di acetonitrile e t-butanolo (1:1 v/v) per formulare una soluzione di colorante del complesso di rutenio. Successivamente, il suddetto substrato di vetro con uno strato di  $\text{TiO}_2$  poroso viene immerso nella soluzione di colorante. Dopo che lo strato di  $\text{TiO}_2$  poroso ha assorbito il colorante nella soluzione di colorante, il risultante substrato di vetro viene estratto ed essiccato. Infine, si ottiene un fotoanodo.

[0038] Un substrato di vetro ricoperto con ossido di stagno drogato con fluoro viene forato per formare un ingresso con un diametro di 0,75  $\mu\text{m}$ , in cui l'ingresso è usato per iniettare l'elettrolita. Successivamente, una soluzione di  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  viene usata per rivestire il substrato di vetro ricoperto con ossido di stagno drogato con fluoro, e il substrato di vetro viene riscaldato a 400° C per 15 minuti per ottenere un catodo.

[0039] In sequenza, uno strato polimerico termoplastico con uno spessore di 60  $\mu\text{m}$  viene disposto tra il fotoanodo e il catodo. Questi due elettrodi vengono pressati a una temperatura tra 120 e 140° C affinché aderiscano l'uno all'altro.

[0040] Successivamente, viene iniettato un elettrolita, in cui l'elettrolita è una soluzione di acetonitrile contenente  $\text{I}_2$  0,03 M/LiI 0,3 M/t-butil-piridina 0,5 M. Dopo che l'ingresso viene chiuso a tenuta con lo strato polimerico termoplastico, si ottiene una cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione.

[0041] I seguenti esempi sono destinati ai fini illustrativi della presente invenzione. Tuttavia, l'ambito della presente invenzione dovrà essere definito secondo le rivendicazioni allegate ad essa, e i seguenti esempi non dovranno essere interpretati in alcun modo come limitanti l'ambito della presente invenzione. Senza spiegazioni specifiche, l'unità delle parti e le percentuali usate negli esempi sono calcolate in peso, e la temperatura è rappresentata in gradi Celsius (°C). La relazione tra le parti in peso e le parti in volume è identica alla relazione tra chilogrammo e litro.

#### Esempio 1

##### Sintesi di cis-di(tiocianato)-N,N'-bis(acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico) rutenio(II) bis(tetrabuttilfosfonio) (I-1)

[0042] 0,50 parti di cis-di(tiocianato)-N,N'-bis(acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico)rutenio(II) (colorante N3), che è stato preparato secondo il metodo descritto in Inorganic Chemistry, Vol. 38, No. 26, 1999, 6298-6305, e 10 parti di acqua distillata sono state aggiunte in una beuta di reazione, e la soluzione di reazione è stata agitata. Successivamente, una soluzione acquosa al 10% di reagente idrossido di tetrabuttilfosfonio (TCI Co. Ltd.) è stata aggiunta goccia a goccia nella soluzione di reazione per regolare il valore di pH della soluzione di reazione a 11. Per rimuovere il solvente dalla soluzione di reazione per ottenere un liquido viscoso, è stato usato l'evaporatore rotante. Il liquido viscoso è stato disciolto in metanolo, ad esso è stato aggiunto dietil etere per ottenere un precipitato, e il precipitato solido umido è stato estratto ed essiccato sotto vuoto per 1 giorno. Il solido essiccato è stato disciolto in 10 parti di acqua distillata, ed è stato usato acido nitrico<sub>(aq)</sub> 0,1 M per regolare il valore di pH della risultante soluzione al di sotto di 5. Il filtro di vetro sinterizzato è stato usato per filtrare il prodotto, e sono state usate 5 parti di acqua distillata a pH 5 per lavare il prodotto. Infine, sono state ottenute 0,39 parti di prodotto solido nero (I-1), e la resa del prodotto (I-1) è stata del 75,9%.

#### Esempio 2

##### Preparazione di una cella solare sensibilizzata con coloranti

[0043] Una pasta contenente particelle di  $\text{TiO}_2$  con un diametro di 20~30 nm è stata usata per rivestire una volta o svariate volte un substrato di vetro ricoperto con ossido di stagno drogato con fluoro (FTO), in cui lo spessore del substrato di vetro era di 4 mm e la resistenza elettrica del substrato di vetro era 10 $\Omega$ /. Successivamente, il substrato di vetro rivestito è stato sinterizzato a 450° C per 30 minuti, e lo spessore dello strato di  $\text{TiO}_2$  poroso sinterizzato era compreso tra 10 e 12  $\mu\text{m}$ .

[0044] Il complesso di rutenio preparato mediante l'Esempio 1 è stato disciolto in una miscela di acetonitrile e t-butanolo (1:1 v/v), ed è stata preparata una soluzione di colorante con complesso di rutenio 0,5 mM. Successivamente, il suddetto substrato di vetro ricoperto con uno strato di  $\text{TiO}_2$  poroso è stato immerso nella soluzione di colorante per indurre il colorante ad aderire allo strato di  $\text{TiO}_2$  poroso. Dopo un periodo di 16-24 ore, il risultante substrato di vetro è stato estratto ed essiccato, ed è stato ottenuto un fotoanodo.

[0045] Un substrato di vetro ricoperto con ossido di stagno drogato con fluoro è stato forato per formare un ingresso con un diametro di 0,75  $\mu\text{m}$ , in cui l'ingresso è stato usato per iniettare l'elettrolita. Successivamente, è stata usata una soluzione di  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  (2 mg di Pt in 1 ml di etanolo) per rivestire il substrato di vetro ricoperto con ossido di stagno drogato con fluoro, e il substrato di vetro è stato riscaldato a 400° C per 15 minuti per ottenere un catodo.

[0046] In sequenza, uno strato polimerico termoplastico con uno spessore di 60  $\mu\text{m}$  è stato disposto tra il fotoanodo e il catodo. Questi due elettrodi sono stati pressati a una temperatura compresa tra 120 e 140° C affinché aderissero l'uno all'altro.

[0047] Successivamente, è stato iniettato un elettrolita, in cui l'elettrolita era una soluzione di acetonitrile contenente  $I_2$  0,03 M/LiI 0,3 M/t-butil-piridina 0,5 M. Dopo aver chiuso a tenuta l'ingresso con lo strato polimerico termoplastico, è stata ottenuta una cella solare sensibilizzata con coloranti della presente invenzione.

### Esempio comparativo

[0048] Il processo per preparare la cella solare sensibilizzata con coloranti del presente esempio comparativo è identico a quello descritto nell'Esempio 2, eccetto per il fatto che il complesso di rutenio preparato mediante l'Esempio 1 è sostituito con N719.

### Metodi di analisi e risultati

#### Test per le caratteristiche fotoelettriche

[0049] La corrente di cortocircuito ( $J_{SC}$ ), la tensione del circuito aperto ( $V_{OC}$ ), il fattore di riempimento (FF), l'efficienza di conversione fotoelettrica ( $\eta$ ), e l'efficienza di conversione da fotone incidente a corrente (IPCE) delle celle solari sensibilizzate con coloranti preparate mediante l'Esempio 2 e l'Esempio comparativo sono stati misurati con illuminazione di luce stimolata a 1,5 AM. I risultati del test sono mostrati nella seguente Tabella 1:

**Tabella 1. Risultati di test del colorante e della cella solare sensibilizzata con coloranti**

[0050]

	Colorante	$J_{SC}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	$V_{OC}$ (V)	FF	$\eta$ (%)
Esempio 2	I-1	9,02	0,78	0,63	4,44
Esempio comparativo	N719	7,36	0,76	0,61	3,38

[0051] I risultati del test della Tabella 1 mostrano che la corrente di cortocircuito ( $J_{SC}$ ), la tensione del circuito aperto ( $V_{OC}$ ) e il fattore di riempimento (FF) delle celle solari sensibilizzate con coloranti preparate con il complesso di rutenio della presente invenzione sono migliorati rispetto alla cella solare sensibilizzata con coloranti preparata con il colorante N719. Ciò significa che il complesso di rutenio della presente invenzione può migliorare l'efficienza di conversione fotoelettrica della cella solare sensibilizzata con coloranti.

[0052] In conclusione, la presente invenzione differisce dalle tecniche anteriori per svariati modi, come per gli scopi, i metodi e l'efficienza, o persino per la tecnologia, la ricerca e la realizzazione. Sebbene la presente invenzione sia stata spiegata in relazione alla sua forma di realizzazione preferita, è assodato che possono essere apportate molte altre possibili modifiche e variazioni senza discostarsi dall'ambito dell'invenzione come rivendicato di seguito. Pertanto, l'ambito della presente invenzione dovrà essere definito secondo le rivendicazioni allegate ad essa, e gli esempi precedenti non dovranno essere interpretati in alcun modo come limitanti l'ambito della presente invenzione.

### Rivendicazioni

1. Cella solare sensibilizzata con coloranti, comprendente:
  - (a) un fotoanodo che comprende un complesso di rutenio rappresentato mediante la seguente formula (I):  

$$RuL_2(NCS)_2A_m$$
 (I)  
 in cui  
 L è acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico, acido 2,2'-bipiridil-4,4'-disolfonico, o acido 2,2'-bipiridil-4,4'-difosfonico;  
 A è un catione fosfonio quaternario; ed  
 m è 1, 2, 3, o 4;
  - (b) un catodo; e
  - (c) uno strato di elettrolita disposto tra il fotoanodo e il catodo.
2. Soluzione colorante per la preparazione di una cella solare secondo la rivendicazione 1, comprendente:
  - (A) un complesso di rutenio rappresentato mediante la seguente formula (I), in cui il contenuto del complesso di rutenio è dello 0,01-1% in peso:  

$$RuL_2(NCS)_2A_m$$
 (I)  
 in cui  
 L è acido 2,2'-bipiridil-4,4'-dicarbossilico, acido 2,2'-bipiridil-4,4'-disolfonico, o acido 2,2'-bipiridil-4,4'-difosfonico;  
 A è un catione fosfonio quaternario; ed



## CH 699 693 B1

m è 1, 2, 3, o 4; e

(B) un solvente organico, in cui il contenuto del solvente organico è del 99,99–99% in peso, e il solvente organico è selezionato dal gruppo costituito da acetonitrile, metanolo, etanolo, propanolo, butanolo, dimetilformammide, ed N-metil-2-pirrolidinone.