

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
2. Dezember 2010 (02.12.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/136381 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**H01L 31/052** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/056961

(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. Mai 2010 (20.05.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 022 671.0 26. Mai 2009 (26.05.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHÄFER, Jochen** [DE/DE]; Theatergasse 14, 90402 Nürnberg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

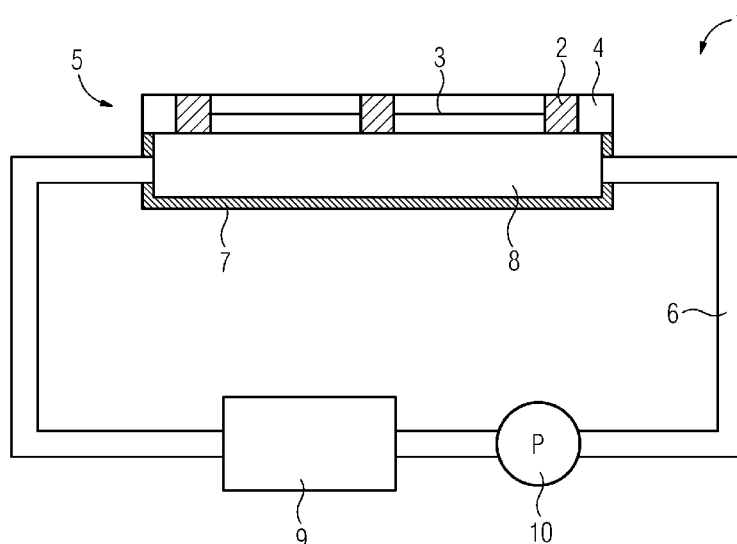
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR COOLING SOLAR CELLS BY MEANS OF A FLOWING COOLING MEDIUM

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM KÜHLEN VON SOLARZELLEN MITTELS EINES STRÖMENDEN KÜHLMEDIUMS



(57) Abstract: The present invention relates to a device (1) for cooling solar cells (2) by means of a flowing cooling medium (8). The cooling medium (8) is in direct or indirect thermal contact with at least one solar cell (2) and with an external cooling unit (9). The cooling medium (8) at least partially consists of a phase transition material (8b). In the method, heat of the solar cells (2) can be removed particularly effectively by way of the high thermal capacity during the phase transition of the phase transition material (8b), thereby increasing the efficiency of said cells through particularly effective cooling.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/136381 A2



---

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung (1) zum Kühlen von Solarzellen (2) mittels eines strömenden Kühlmediums (8). Das Kühlmedium (8) steht in direktem oder indirektem thermischen Kontakt mit wenigstens einer Solarzelle (2) und mit einer externen Kühleinrichtung (9). Das Kühlmedium (8) besteht zumindest teilweise aus einem Phasenübergangsmaterial (8b). Bei dem Verfahren kann über die hohe Wärmekapazität beim Übergang der Phase des Phasenübergangsmaterials (8b) Wärme der Solarzellen (2) besonders effektiv abtransportiert werden und so ihr Wirkungsgrad durch besonders effektives Kühlen erhöht werden.

## Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zum Kühlen von Solarzellen mittels eines strömenden Kühlmediums

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Kühlen von Solarzellen mittels eines strömenden Kühlmediums, wobei das Kühlmedium in direktem oder indirektem thermischen Kontakt mit wenigstens einer Solarzelle und einer externen Kühleinrichtung steht, wie es beispielsweise aus der DE 20 2007 002 087 U1 bekannt ist.

Der Wirkungsgrad von Solar- bzw. Photovoltaik-Zellen, insbesondere von Silizium (Si) basierten Solarzellen, hängt unter anderem von der Temperatur ab. Mit steigender Temperatur nimmt bei kristallinen Si-Solarzellen der Wirkungsgrad um etwa 0,4 Prozent pro Grad Celsius ab, und bei amorphen Si-Solarzellen nimmt der Wirkungsgrad um etwa 0,1 Prozent pro Grad Celsius ab. Bei direkter Sonneneinstrahlung steigt die Temperatur einer Solarzelle erheblich über die Umgebungstemperatur an, z. B. um über 35 Grad Celsius. Dies ergibt bei kristallinen Si-Solarzellen eine berechnete Einbuße an Wirkungsgrad von etwa 14 Prozent und bei amorphen Si-Solarzellen eine Einbuße an Wirkungsgrad von etwa 3,5 Prozent.

25

Bei Betrachtung der Wirkungsgrade, z. B. 5 bis 7 Prozent bei großtechnisch hergestellten amorphen Si-Solarzellen und 16 bis 20 Prozent bei großtechnisch hergestellten kristallinen Si-Solarzellen, wird schnell klar, dass die Betriebstemperatur einer Solarzelle einen wesentlichen Faktor hinsichtlich ihrer Ausbeute darstellt. Eine Reduzierung der Temperatur kann zu einer erheblichen Steigerung der Leistung der Solarzellen bei gleicher Lichteinstrahlung führen. In der Regel wird eine Reduzierung der Temperatur durch eine Installation der Solarzellen erreicht, bei der eine Luftströmung ermöglicht oder erzwungen wird und ein entsprechendes Solarzellen-Modul durch Luft gekühlt wird. Alternativ können auch aktive

35

Kühlkreisläufe, z. B. durch eine Wasserkühlung, vorgesehen sein.

Ein Beispiel für eine aktive Kühlung von Solarzellen mit Hilfe eines Kühlkreislaufes ist aus der DE 20 2007 002 087 U1 bekannt. In der DE-U1 ist ein System beschrieben, bei welchem auf der Rückseite einer Solarzelle eine Kühlflüssigkeit strömt und dabei Wärme der Solarzelle aufnimmt. Die Kühlflüssigkeit strömt durch eine Röhre eines Kühlkreislaufs zu einer Kühleinrichtung, z. B. einem Wasserbecken, wo die Kühlflüssigkeit die aufgenommene Wärme wieder abgibt. Die abgekühlte Kühlflüssigkeit strömt dann über eine Röhre zu der Rückseite der Solarzelle, wo der Kreislauf geschlossen wird und der Kühlvorgang sich wiederholt.

Sowohl bei einer Solareinrichtung mit Luftkühlung als auch bei Kühlung mit Hilfe einer Kühlflüssigkeit wie z. B. Wasser, kann die geringe Wärmekapazität des zur Kühlung verwendeten Mediums zu Problemen führen. Bei starker Sonneneinstrahlung im Betrieb der Solareinrichtung entsteht an den Solarzellen viel Abwärme, welche zur Erhöhung des Wirkungsgrades effektiv abtransportiert werden muss. Die geringe Wärmekapazität von Luft und Flüssigkeiten wie z. B. Wasser führt dazu, dass nicht die gesamte anfallende Abwärme der Solarzellen aufgenommen und abtransportiert werden kann. Eine hohe Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums und ein damit hoher technischer Aufwand sind nur bedingt geeignet, die hohe Menge an Wärme abzutransportieren und die Solarzellen effektiv zu kühlen. Eine hohe Strömungsgeschwindigkeit ist zudem mit einem hohen Energieaufwand zur Erzeugung der Strömung verbunden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Kühlen von Solarzellen anzugeben, bei denen eine effektive Kühlung mit vergleichsweise geringerem technischen Aufwand und geringerem Energieverbrauch gewährleistet ist. Insbesondere ist es Aufgabe, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, bei denen eine hohe Wärmekapazität des Kühlmediums zu einem effektiven Abtrans-

port der an den Solarzellen bei Sonneneinstrahlung anfallenden Wärme führt. Damit soll bei einem einfachen Aufbau eine kostengünstige, effektive Kühlung der Solarzellen gewährleistet werden, womit ein hoher Wirkungsgrad der Solarzellen erreicht wird.

Die angegebene Aufgabe wird bezüglich der Vorrichtung zum Kühlen von Solarzellen mittels eines strömenden Kühlmediums mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und bezüglich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des Verfahrens zum Kühlen von Solarzellen mittels eines strömenden Kühlmediums gehen aus den jeweils zugeordneten abhängigen Unteransprüchen hervor. Dabei können die Merkmale der nebengeordneten Ansprüche mit Merkmalen eines jeweils zugeordneten Unteranspruchs oder vorzugsweise auch mit Merkmalen mehrerer zugeordneter Unteransprüche kombiniert werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Kühlen von wenigstens einer Solarzelle weist ein strömendes Kühlmedium auf. Das Kühlen der Vorrichtung erfolgt mittels des strömenden Kühlmediums, wobei das Kühlmedium in direktem oder indirektem thermischen Kontakt mit der wenigstens einen Solarzelle und mit einer externen Kühleinrichtung steht. Das Kühlmedium enthält ein Phasenübergangsmaterial oder besteht aus diesem. Dabei sei unter einem Phasenübergangsmaterial ein Material verstanden, bei dem im Betrieb der Vorrichtung ein Phasenübergang ausgenutzt wird bzw. stattfindet. Unter Phasenübergang wird bevorzugt der Phasenübergang von der flüssigen zur festen Phase und umgekehrt verstanden. Aber auch ein Phasenübergang von der flüssigen zur gasförmigen Phase und umgekehrt sowie ein Phasenübergang von der festen in die gasförmige Phase und umgekehrt kann unter dem Phasenübergang verstanden werden.

Der Einsatz eines Kühlmediums, welches ein Phasenübergangsmaterial enthält, ergibt eine hohe Wärmekapazität des Kühlmedi-

ums, da beim Phasenübergang des Phasenübergangsmaterials sehr viel Wärmemenge gespeichert werden kann. Durch das Phasenübergangsmaterial kann beim Strömen des Kühlmediums eine hohe Wärmemenge von der wenigstens einen Solarzelle zu der externen Kühleinrichtung transportiert werden. Ein höherer Wärmestrom bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums, verglichen mit einem Kühlmedium aus zum Beispiel reinem Wasser, wird so erreicht. Eine zuverlässige Kühlung der wenigstens einen Solarzelle wird so ermöglicht, über lange Zeit und bei hohen Umgebungstemperaturen oder bei viel zugeführter Wärme zur wenigstens einen Solarzelle durch Lichteinstrahlung.

In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht das Kühlmedium aus einem Kühl-Fluid und dem Phasenübergangsmaterial. Das Kühl-Fluid ermöglicht ein Strömen auch bei einer festen Phase des Phasenübergangsmaterials.

Das Phasenübergangsmaterial kann als wenigstens eine Komponente Paraffin oder Salz, insbesondere Natriumacetat-Trihydrat, enthalten oder vollständig aus dieser Komponente bestehen. Diese Materialien weisen eine hohe Wärmekapazität auf.

Das Phasenübergangsmaterial kann eine Phasenwechseltemperatur im Bereich zwischen +20 und +70 Grad Celsius aufweisen. In diesem Temperaturbereich ist die Kühleinrichtung noch in der Lage, im Phasenübergangsmaterial gespeicherte Wärme an die Umgebung der Kühleinrichtung abzugeben, bei Umgebungstemperaturen unterhalb der Phasenwechseltemperatur. Des Weiteren liegt eine Temperatur der Solarzellen ohne Sonneneinstrahlung in oder unterhalb dieses Bereichs. Ein Kühlen der Solarzellen bei Sonneneinstrahlung führt zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades. Ein Abkühlen der Solarzellen bei Sonneneinstrahlung auf bzw. nahe einer Temperatur der Solarzellen ohne Sonneneinstrahlung führt zu einem optimalen Wirkungsgrad.

Je höher die spezifische Wärmekapazität des Phasenübergangsmaterials ist, desto mehr Wärme kann von den Solarzellen zu

der Kühleinrichtung bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums transportiert werden. Die Kühlung der Solarzellen wird verbessert und der Wirkungsgrad erhöht sich. Das Phasenübergangsmaterial sollte eine spezifische Wärmekapazität von größer zwei Kilo-Joule (pro Kilogramm pro Kelvin) aufweisen, um eine effektive Kühlung der Solarzellen zu erreichen.

Das Phasenübergangsmaterial kann in einem geschlossenen Kreislauf eingebracht sein. Über den Kreislauf wird mit Hilfe des Kühlmediums die Rückseite der wenigstens einen Solarzelle thermisch mit einem Wärmespeicher und/oder der Kühleinrichtung und/oder einem Wärmetauscher verbunden. Bei transparentem Kühlmedium ist auch eine Kühlung der Solarzellen von der Vorderseite her möglich.

Der Kreislauf kann abgeschlossen sein und es kann eine Pumpe im Kreislauf angeordnet sein, welche ausgebildet ist, das Kühlmedium von der Rückseite der wenigstens einen Solarzelle zum Wärmespeicher und/oder zur Kühleinrichtung strömen zu lassen und von dem Wärmespeicher und/oder von der Kühleinrichtung zur Rückseite der Solarzelle in dem abgeschlossenen Kreislauf zurück strömen zu lassen. Durch die Ausbildung des Kreislaufes als abgeschlossenen Kreislauf wird verhindert, dass das Kühlmedium verloren geht, d.h. das Kühlmedium besteht zumindest zu einem Teil aus dem Phasenübergangsmaterial.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Kühlen von Solarzellen mittels eines strömenden Kühlmediums wird wenigstens eine Solarzelle mit dem Kühlmedium in direkten oder indirekten thermischen Kontakt gebracht. Vom Kühlmedium wird ein Phasenübergangsmaterial umfasst.

Als strömendes Kühlmedium kann ein Gemisch aus dem Phasenübergangsmaterial und einem Kühl-Fluid verwendet werden. Dabei strömt das Kühl-Fluid beim Kühlen der wenigstens einen Solarzelle zu jeder Zeit im flüssigen Zustand und das Phasenübergangsmaterial wird in allen seinen Phasen, insbesondere

in der flüssigen und der festen Phase, in dem Kühl-Fluid beim Strömen des Kühl-Fluids transportiert. Dadurch wird verhindert, dass das Phasenübergangsmaterial in der festen Phase den Kühlkreislauf blockiert und ein Strömen des Kühlmediums verhindert. Ein blockierter Kühlkreislauf verhindert beziehungsweise behindert die Kühlung der wenigstens einen Solarzelle.

Als Phasenübergangsmaterial kann Paraffin oder ein Salz, insbesondere Natriumacetat-Trihydrat, bzw. Salzgemische verwendet werden. In fester Phase kann das Phasenübergangsmaterial im Wesentlichen als Kolloid in dem Kühl-Fluid vorliegen.

Als Kühl-Fluid kann Wasser oder ein Öl oder ein Ölgemisch verwendet werden. Wasser oder Öle als Kühl-Fluid stellen sicher, dass im Arbeitstemperaturbereich der Solarzellen das Kühl-Fluid immer flüssig vorliegt.

Das Kühlmedium kann in einem abgeschlossenen Kreislauf von einer Rückseite der wenigstens einen Solarzelle zu einem Wärmespeicher und/oder zu einer Kühleinrichtung und/oder zu einem Wärmetauscher strömen und von dem Wärmespeicher und/oder von der Kühleinrichtung und/oder von dem Wärmetauscher zur Rückseite der Solarzelle strömen. Eine Pumpe kann das Kühlmedium in dem abgeschlossenen Kreislauf bewegen, so dass es strömt.

Bei Sonneneinstrahlung auf die wenigstens eine Solarzelle kann Wärme der wenigstens einen Solarzelle in dem Phasenübergangsmaterial gespeichert werden und das Phasenübergangsmaterial kann dabei von einer ersten Phase in eine zweite Phase umgewandelt werden. Die Wärme der wenigstens einen Solarzelle, welche das Phasenübergangsmaterial von der ersten in die zweite Phase umwandelt, kann an einen Wärmespeicher und/oder eine Kühleinrichtung und/oder über einen Wärmetauscher abgegeben werden, wodurch das Phasenübergangsmaterial von der zweiten in die erste Phase umwandelt wird.

Der Phasenübergang von der ersten Phase zu der zweiten Phase des Phasenübergangsmaterials kann bei einer Temperatur im Bereich von +20 bis +70 Grad Celsius erfolgen und/oder das Kühl-Fluid kann in dem gesamten Temperaturbereich von +20 bis

5 +70 Grad Celsius flüssig strömen.

Die mit dem Verfahren verbundenen Vorteile sind analog den Vorteilen, welche zuvor im Bezug auf die Vorrichtung beschrieben wurden.

10

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit vorteilhaften Weiterbildungen gemäß den Merkmalen der abhängigen Ansprüche werden nachfolgend anhand der einzigen Figur näher erläutert, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein.

15

Die einzige Figur zeigt

eine Schnittdarstellung eines Solarmoduls mit Solarzellen und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Kühlen der Solarzellen mit einem Kühlkreislauf.

20

Die in der Figur gezeigte Vorrichtung 1 zum Kühlen von Solarzellen weist auf ihrer Oberseite miteinander elektrisch verschaltete Solarzellen 2 auf. Die Verschaltung 3 der Solarzellen 2 ist nur in prinzipieller Form dargestellt und entspricht der elektrischen Verschaltung, wie sie für Solarzellen zum Aufbau eines Solarmoduls 5 üblich ist. Die Solarzellen sind in einer Verkapselung 4 eingebettet, zumindest mit ihren Seitenflächen. Als Verkapselung 4 können unter anderem

25 Glas, aushärtbare Gieß-Polymere oder Folien dienen. Die Solarzellen 2 mit ihrer Verschaltung 3 und der Verkapselung 4 bilden ein handelsübliches Solarmodul 5.

30

Auf der Rückseite des Solarmoduls 5 ist ein Behältnis 7 angebracht, welche bevorzugt vollständig mit Phasenübergangsmaterial 8 befüllt ist. Das Solarmodul 5 ist analog einem Deckel auf dem Behältnis 7 flüssigkeitsdicht angeordnet. Das Behältnis 7 ist Teil eines Kühlkreislaufs 6, welcher weiterhin eine

35

Pumpe 10 und eine Kühleinrichtung 9 umfasst. Statt oder mit der Kühleinrichtung 9 können sich im Kühlkreislauf 6 auch ein Wärmetauscher oder ein Wärmespeicher befinden.

5 Der Kühlkreislauf 6 ist in der Regel aus wärmeisolierten oder nicht isolierten Röhren aufgebaut, welche das Behältnis 7 über die Pumpe 10 mit der Kühleinrichtung 9 und die Kühleinrichtung 9 mit dem Behältnis 7 verbinden. Es wird über die Röhren ein abgeschlossener Kreislauf ausgebildet, welcher  
10 vollständig mit Kühlmedium 8 befüllt ist.

Das Kühlmedium 8 besteht aus einem Kühl-Fluid 8a und aus einem Phasenübergangsmaterial 8b. Als Kühl-Fluid 8a kann zum Beispiel Wasser, Öl oder ein Öl-Gemisch verwendet werden. Das  
15 Phasenübergangsmaterial 8b ist dem Kühl-Fluid 8a zugegeben. Als Phasenübergangsmaterial 8b kann zum Beispiel Paraffin oder ein Salz, insbesondere Natriumacetat-Trihydrat, verwendet werden. Das Kühl-Fluid 8a ist so gewählt, dass es im Temperaturbereich des Betriebs der Solarzellen 2 flüssig vor-  
20 liegt. Wenn das Phasenübergangsmaterial 8b in fester Form vorliegt, so ist bei Ausbildung des Phasenübergangsmaterials 8b als Kolloid im Kühl-Fluid 8a sichergestellt, dass das Kühlmedium 8 flüssig vorliegt. Dadurch kann zu jedem Zeitpunkt des Betriebs der Solarzellen 2 das Kühlmedium 8, über  
25 die Pumpe 10 angetrieben, im Kühlkreislauf strömen und die Wärme von den Solarzellen 2 zu der Kühleinrichtung 9 transportieren.

In der Regel liegt der Temperaturbereich, bei welchem die Solarzellen 2 betrieben werden und gekühlt werden müssen, im  
30 Bereich von +20 bis +70 Grad Celsius. Bei tieferen Temperaturen, zum Beispiel im Winter, ist eine Kühlung der Solarzellen 2 nicht notwendig. Deshalb wird im Weiteren unter einer Temperatur des Betriebs der Solarzellen 2 eine Temperatur oberhalb von +20 Grad Celsius verstanden.  
35

Wirkt am Tag Sonnenstrahlung auf die Solarzellen 2 ein, so befinden sich diese in einem Betriebszustand und erzeugen

Strom. Die Sonnenstrahlung fällt von der Vorderseite auf die Solarzellen und wird in diesen absorbiert. Ein Teil der Energie der absorbierten Sonnenstrahlung bewirkt in bekannter Weise eine Ladungsträgertrennung zwischen positiven und negativen Ladungsträgern und führt so zu einer Stromerzeugung.  
5 Der Rest der absorbierten Sonnenstrahlung wird in Wärme umgewandelt. Diese Wärme würde ohne Kühlung der Solarzellen 2 zu einer Erhöhung der Temperatur der Solarzellen 2 führen, z. B. von einer Umgebungstemperatur von 20 bis 30 Grad Celsius auf  
10 bis zu 70 bis 80 Grad Celsius nach einigen Stunden Betrieb bei Sonneneinstrahlung.

Werden die Solarzellen 2 gekühlt, so kann eine konstante Betriebstemperatur mit einem hohen Wirkungsgrad über die gesamte Betriebsdauer erreicht werden. Bei einer kurzen Betriebsdauer ist das Kühl-Fluid 8a mit seiner geringen Wärmekapazität in der Lage, die Abwärme der Solarzellen 2 aufzunehmen und zu der Kühleinrichtung 9 zu transportieren, wo die Wärme z. B. an die Umgebung abgegeben wird. Bei einer hohen Sonneneinstrahlung und einer hohen Umgebungstemperatur sowie einer  
20 langen Betriebsdauer, vor allem im Sommer, ist die Wärmekapazität des Kühl-Fluids 8a nicht ausreichend, um die gesamte an den Solarzellen 2 anfallende Wärmemenge aufzunehmen.

25 Bei diesen Bedingungen sorgt das Phasenübergangsmaterial 8b für eine Erhöhung der Wärmekapazität des Kühlmediums 8. Zumindest über weite Temperaturbereiche kann das Kühlmedium 8 mit Phasenübergangsmaterial 8b die an den Solarzellen 2 anfallende Wärmemenge zusätzlich zu der vom Kühl-Fluid 8a aufgenommenen Wärmemenge aufnehmen. Die Solarzellen 2 können dadurch bei höherer Sonneneinstrahlung über längere Zeit bei  
30 niedrigerer Temperatur mit hohem Wirkungsgrad betrieben werden. Durch die Erhöhung der Wärmekapazität des Kühlmediums 8 mit Hilfe des Phasenübergangsmaterials 8b kann bei gleicher  
35 Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums 8 mehr Wärmemenge abtransportiert werden von den Solarzellen 2 gegenüber einem Kühlmedium 8 ohne Phasenübergangsmaterial 8b.

Durch die Aufnahme der Abwärme der Solarzellen 2 über das Kühlmedium 8 wird das Phasenübergangsmaterial 8b erwärmt. Bei einer bestimmten Temperatur findet im Phasenübergangsmaterial 8b ein Phasenübergang statt. Bei diesem Phasenübergang wird  
5 eine große Wärmemenge umgesetzt bzw. aufgenommen, um die Phase und somit die Struktur des Phasenübergangsmaterials 8b zu ändern. Dadurch wird viel Wärmemenge durch das Phasenübergangsmaterial 8b gespeichert, ohne zu einer wesentlichen Temperaturerhöhung zu führen. Die Solarzellen 2 können so viel  
10 Wärmemenge abgeben, ohne dass praktisch die Temperatur des Kühlmediums 8 erhöht wird. Erst nach einer vollständigen Phasenumwandlung des Phasenübergangsmaterials 8b findet eine weitere Temperaturerhöhung statt. Bei geringem Volumenstrom des Kühlmediums 8 wird dadurch ein hoher Wärmemengenstrom erreicht. Viel Wärmemenge kann von den Solarzellen 2 über den  
15 Kühlkreislauf 6 zur Kühleinrichtung 9 transportiert werden.

An der Kühleinrichtung 9 kann das Phasenübergangsmaterial 8b über das Kühlmedium 8 seine gespeicherte Wärmemenge an die  
20 Umgebung abgeben, wobei im Allgemeinen eine Phasenrückwandlung des Phasenübergangsmaterials 8b erfolgt. Dabei wird die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der Solarzellen 2 bei Sonneneinstrahlung und der Temperatur z. B. der Umgebungsluft der Kühleinrichtung 9 ausgenutzt. Bei einer niedrigeren Temperatur der Kühleinrichtung 9 gegenüber der Temperatur der Solarzellen 2 wird das Kühlmedium 8 abgekühlt. Das  
25 Kühl-Fluid 8a gibt seine geringe aufgenommene Wärmemenge über die Kühleinrichtung 9 an die Umgebung ab. Bei einer Temperatur der Umgebung, welche unterhalb der Temperatur der Phasenumwandlung des Phasenübergangsmaterials 8b liegt, findet eine Phasenumwandlung des Phasenübergangsmaterials 8b statt. Dabei wird die Wärmemenge, welche bei der Phasenumwandlung nahe den  
30 Solarzellen 2 gespeichert wurde, wieder abgegeben.

35 Das abgekühlte Kühlmedium 8 mit dem zurück gewandelten Phasenübergangsmaterial 8b wird dann über den Kühlkreislauf 6 wieder zum Solarmodul 5 transportiert. Somit ist der Kreis-

lauf geschlossen, und das Kühlmedium 8 kann wieder Wärme der Solarzellen 2 aufnehmen.

Entsprechend der anfallenden Wärmemenge und der damit verbundenen Temperaturerhöhung der Solarzellen 2 im Betrieb bei  
5 Sonneneinstrahlung und entsprechend der Umgebungstemperatur der Kühleinrichtung 9 sowie der Leistung der Pumpe 10 ist das optimale Phasenübergangsmaterial 8b auszuwählen. Die Temperatur der Phasenumwandlung des Phasenübergangsmaterials 8b  
10 sollte oberhalb der höchsten auftretenden Umgebungstemperatur der Kühleinrichtung 9 liegen, und im Weiteren so niedrig wie möglich sein, damit die Solarzellen 2 im Betrieb auf eine Temperatur nahe der Umgebungstemperatur abgekühlt werden. Beispiele von entsprechend geeigneten Phasenübergangsmaterialien  
15 8b umfassen Paraffine, Salzhydrate wie z. B. Glaubersalz oder Alaunsalz und Natriumacetat-Trihydrat.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Kühlen von wenigstens einer Solarzelle (2) mittels eines strömenden Kühlmediums (8), wobei das Kühlmedium (8) in direktem oder indirektem thermischen Kontakt mit der wenigstens einen Solarzelle (2) und einer externen Kühleinrichtung (9) steht, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmedium (8) ein Phasenübergangsmaterial (8b) zumindest enthält.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmedium (8) aus einem Kühl-Fluid (8a) und dem Phasenübergangsmaterial (8b) besteht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenübergangsmaterial (8b) als wenigstens eine Komponente Paraffin oder Salz, insbesondere Natriumacetat-Trihydrat, enthält oder vollständig aus dieser Komponente besteht.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenübergangsmaterial (8b) eine Phasenwechseltemperatur im Bereich zwischen +20 und +70 Grad Celsius aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenübergangsmaterial (8b) eine spezifische Wärmekapazität von größer zwei Kilo-Joule pro Kilogramm pro Kelvin aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenübergangsmaterial (8b) in einem geschlossenen Kreislauf (6) eingebracht ist, wobei über den Kreislauf (6) mit Hilfe des Kühlmediums (8) die Rückseite der wenigstens einen Solarzelle (2) thermisch mit einem Wärmespeicher und/oder der Kühleinrichtung und/oder einem Wärmetauscher (9) verbunden ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kreislauf (6) abgeschlossen ist und eine Pumpe (10) im Kreislauf (6) angeordnet ist, welche ausgebildet ist, das Kühlmedium (8) von der Rückseite der wenigstens einen Solarzelle (2) zum Wärmespeicher und/oder zur Kühleinrichtung und/oder zum Wärmetauscher (9) strömen zu lassen und von dem Wärmespeicher und/oder von der Kühleinrichtung und/oder von dem Wärmetauscher (9) zur Rückseite der Solarzelle (2) in dem abgeschlossenen Kreislauf (6) zurück strömen zu lassen.

8. Verfahren zum Kühlen von Solarzellen mittels eines strömenden Kühlmediums (8), bei welchem wenigstens eine Solarzelle (2) mit dem Kühlmedium (8) in direkten oder indirekten thermischen Kontakt gebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für einen Teil des Kühlmediums (8) ein Phasenübergangsmaterial (8b) vorgesehen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als strömendes Kühlmedium (8) ein Gemisch aus dem Phasenübergangsmaterial (8b) und einem Kühl-Fluid (8a) vorgesehen wird, wobei das Kühl-Fluid (8a) beim Kühlen der wenigstens einen Solarzelle (2) flüssig strömt und das Phasenübergangsmaterial (8b) in allen seinen Phasen, insbesondere in der flüssigen und der festen Phase, in dem Kühl-Fluid (8) beim Strömen des Kühl-Fluids (8) transportiert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass als Phasenübergangsmaterial (8b) Paraffin oder wenigstens ein Salz, insbesondere Natriumacetat-Trihydrat, vorgesehen wird, und dieses in fester Phase im Wesentlichen als Kolloid in dem Kühl-Fluid (8) vorliegt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühl-Fluid (8a) Wasser oder ein Öl oder ein Ölgemisch vorgesehen wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmedium (8) in einem abgeschlossen

Kreislauf (6) von einer Rückseite der wenigstens einen Solarzelle (2) zu einem Wärmespeicher und/oder zu einer Kühleinrichtung und/oder zu einem Wärmetauscher (9) strömt und von dem Wärmespeicher und/oder von der Kühleinrichtung und/oder von dem Wärmetauscher (9) zur Rückseite der Solarzelle (2) strömt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Pumpe (10) das Kühlmedium (8) in dem abgeschlossenen Kreislauf (6) bewegt, so dass es strömt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei Sonneneinstrahlung auf die wenigstens eine Solarzelle (2) Wärme der wenigstens einen Solarzelle (2) in dem Phasenübergangsmaterial (8b) gespeichert wird und das Phasenübergangsmaterial (8b) dabei von einer ersten Phase in eine zweite Phase umgewandelt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass Wärme der wenigstens einen Solarzelle (2), welche das Phasenübergangsmaterial (8b) von der ersten in die zweite Phase umwandelt, an einen Wärmespeicher und/oder eine Kühleinrichtung und/oder einen Wärmetauscher (9) abgegeben wird, wodurch das Phasenübergangsmaterial (8b) von der zweiten in die erste Phase umgewandelt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Phasenübergang von der ersten Phase zu der zweiten Phase des Phasenübergangsmaterials (8b) bei einer Temperatur im Bereich von +20 bis +70 Grad Celsius erfolgt und/oder das Kühl-Fluid in dem gesamten Temperaturbereich von +20 bis +70 Grad Celsius flüssig strömt.

