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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

PCT

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. Dezember 2008 (04.12.2008)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/145113 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 31/052 (2006.01) *H01L 31/055* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/000900

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Mai 2008 (29.05.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 025 496.4 1. Juni 2007 (01.06.2007) DE
10 2008 010 012.9 20. Februar 2008 (20.02.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SOLARTEC AG** [DE/DE]; Uhlandstr. 13, 85609 Aschheim bei München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **MERKLE, Erich W.** [DE/DE]; Berliner Str. 40, 80805 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, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, PG, PH,

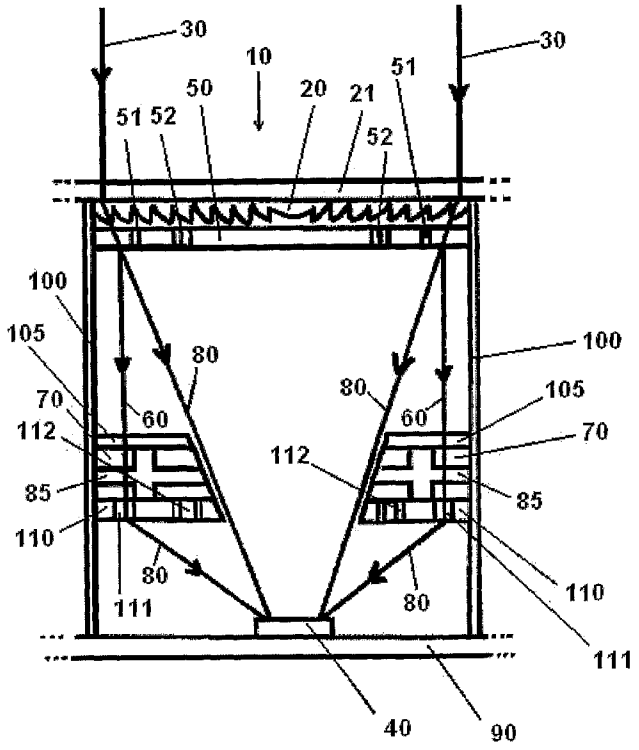
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/145113 A2

(54) Title: PHOTOVOLTAIC DEVICE COMPRISING AT LEAST ONE OPTICAL ELEMENT HAVING A LIGHT CONVERSION LAYER

(54) Bezeichnung: PHOTOVOLTAIK-VORRICHTUNG MIT MINDESTENS EINEM MINDESTENS EINE LICHTUMWANDLERSCHICHT AUFWEISENDEN OPTISCHEN ELEMENT

Figur 1



(57) Abstract: The invention relates to a photovoltaic device comprising at least one first optical element for bundling the incident solar radiation onto at least one small-area solar cell. The first optical element comprises a holographic structure that deflects the incident solar radiation that cannot be converted to power by the solar cell, to at least one light conversion layer and lets other solar radiation through. The light conversion layer shifts the solar radiation deflected thereto to shorter wavelengths. An optical structure is present on the light conversion layer and deflects the solar radiation that is shifted by the light conversion layer to shorter wavelengths and that can be converted by the solar cell to electrical energy to the solar cell and lets other solar radiation through.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Photovoltaik-Vorrichtung mit mindestens einem ersten optischen Element zum Bündeln der einfallenden Sonnenstrahlung auf mindestes eine kleinflächigere Solarzelle. Das erste optische Element umfasst eine Hologrammstruktur, die die einfallende Sonnenstrahlung, die von der Solarzelle nicht in Strom umwandelbar ist, auf mindestens eine Lichtumwandlerschicht umlenkt und sonstige

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Sonnenstrahlung durchlässt. Die Lichtumwandlerschicht verschiebt die auf sie umgelenkte Sonnenstrahlung zur kürzeren Wellenlängen. An der Lichtumwandlerschicht ist eine optische Struktur vorhanden, die die von der Lichtumwandlerschicht zu kürzeren Wellenlängen verschobene und von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbare Sonnenstrahlung auf die Solarzelle umlenkt und sonstige Strahlung durchlässt.

PHOTOVOLTAIK-VORRICHTUNG MIT MINDESTENS EINEM MINDESTENS EINE LICHTUMWANDLERSCHICHT AUFWEISENDEN OPTISCHEN ELEMENT

Die Erfindung betrifft eine Photovoltaik-Vorrichtung nach dem Oberbegriff des beigefügten Anspruchs 1, wie sie aus dem Dokument DE 19 705 046 A1 bekannt ist.

Im Bereich der Nutzung der Solarenergie ist ca. seit 50 Jahren bekannt, dass Sonnenenergie durch Silizium in elektrischen Strom umgewandelt werden kann. Bei den heute üblichen Solarzellen wird meist mono- oder multikristallines Silizium verwendet. Diese Solarzellen wandeln allerdings ein begrenztes Spektrum der auftreffenden Strahlung in elektrischen Strom um.

Häufig werden Dünnschichtsolarzellen zur Umwandlung der einfallenden Sonnenstrahlung in elektrischen Strom verwendet.

Eine sehr hohe Effizienz mit über 40 % Umwandlung der Sonnenstrahlung ist in den letzten Jahren mit Hochleistungs-PV-Zellen aus höherwertigen Halbleiterverbindungen (vorzugsweise aus III-V-Halbleitermaterial) wie z.B. GalliumArsenid (GaAs) erzielt worden.

Solche Zellen auf Halbleitermaterialbasis können stufenartig als Tandem- oder Tripelzellen aufgebaut werden und nutzen dadurch ein breiteres Licht-Frequenzspektrum.

Die großflächige Produktion solcher Zellen ist jedoch sehr kostenintensiv. Wie aus dem Dokument DE 103 20 663 A1 bekannt ist, wurde der Ansatz gewählt, das einfallende Sonnenlicht auf eine sehr kleine Fläche von z.B. unter einigen hundert Quadratmillimetern zu konzentrieren. Nur für diese kleine Fläche ist dann eine Solarzelle notwendig. Der Materialeinsatz wird dann dabei bedeutend reduziert.

Da nur die Verbindung mehrerer Photovoltaik-Vorrichtungen einen wirtschaftlichen Einsatz dieser ermöglicht, werden solche Photovoltaik-Vorrichtrungen vorzugsweise zu einer Solaranlage zusammengefasst.

Bei einer Photovoltaik-Vorrichtung, bei der die einfallende Sonnenstrahlung jeweils mittels eines optischen Elements auf die sehr kleine Fläche mindestens einer zugeordneten Solarzellen konzentriert wird, kommt noch hinzu, dass eine Ableitung der entstehenden Wärme von der Solarzelle notwendig ist.

Üblicherweise kann von den eingesetzten Solarzellen nur ein Teil der einfallenden Strahlung in Strom umgewandelt werden. Die umwandelbare Sonnenstrahlung weist Wellenfrequenzen ν auf, deren Photonenenergie $h\nu$ über der Energielücke der in den Solarzellen eingesetzten Halbleitermaterialien liegt. Dieser von den Solarzellen nutzbare Teil der Strahlung ist eher kurzwellig.

Der Teil der einfallenden Sonnenstrahlung, der von den Solarzellen nicht in Strom umgewandelt wird, ist eher langwellig und macht sich als Wärme bemerkbar.

Zum Schutz der Solarzellen vor äußeren Einflüssen werden diese wie z. B. im Dokument DE 103 20 663 A1 in ein geschlossenes Gehäuse eingebaut. Hier werden die Solarzellen innerhalb eines aus mehreren Glasscheiben aufgebauten transparenten Gehäuses auf der Innenseite einer unteren Glasscheibe aufgebracht. Die einfallende Sonnenstrahlung wird dabei mittels optischer Elemente jeweils auf das 100- bis 1000fache auf die kleine Fläche einer zugeordneten Solarzelle konzentriert. Bekanntlich sinkt der Wirkungsgrad von Solarzellen mit einer Erhöhung ihrer Temperatur. Bei solchen hohen Konzentrationen der einfallenden Sonnenstrahlung wird die Arbeitstemperatur der Solarzellen wegen der großen Wärmemengen, die

während ihres Betriebs oder wegen der auf die Solarzellen oder in deren Umgebung auftreffenden einfallenden Wärmestrahlung entstehen, stark erhöht. Die Anbringungsart der Solarzellen führt zu Problemen bei der notwendigen Wärmeabführung nach außen, da trotz vorhandenem Kühlkörper um jede Solarzelle, diese in dem geschlossenen Gehäuse gefangen bleibt.

Es ist bekannt, Wärme, die beim Betrieb der Solarzellen entsteht oder durch die einfallende Wärmestrahlung verursacht wird, an die Umgebung direkt mittels Luftkühlung oder über Kühlkörper abzuleiten.

Die bisher üblicherweise eingesetzten Linsensysteme haben ein hohes Gewicht, was zu einer erschwerten Nachführung und zu erhöhten Herstellungskosten wegen der großen eingesetzten Materialmengen führt.

Aus dem Dokument DE 10 2004 031 784 A1 ist eine bogenförmige Ablenkvorrichtung 10 bekannt, wobei auf einem Hologrammträger zwei Hologrammschichten mit Beugungshologrammen hintereinander angeordnet sind. Die Hologrammschichten weisen jeweils die gleiche große Beugungseffizienz in einem ausgewählten, relativ breiten Spektralbereich wie z.B. zwischen 400 und 800nm auf. Die Hologrammschichten lenken jeweils die einfallenden Sonnenstrahlung in dem ausgewählten Spektralbereich, die unter einem Einfallswinkel auftrifft, auf den selben Zielbereich um, der ein Photovoltaik-Element aufweist, und lassen jeweils die einfallende Sonnenstrahlung, die unter einem anderen Einfallswinkel auftrifft, geradlinig durch. Jedem Hologramm ist ein bestimmter Einfallswinkel zugeordnet. Die Ablenkvorrichtung kann bei unterschiedlichen Sonnenständen die einfallende Sonnenstrahlung in dem ausgewählten Spektralbereich ohne Nachführung an der Sonne auf das Photovoltaik-Element bündeln, das in dem Zielbereich positioniert ist. Hier ist eine sehr aufwändige Konstruktion einer exakt bogenförmigen Ablenkvorrichtung notwendig. Die Hologrammschichten müssen dabei sehr genau aufeinander überlagert werden und dann gebogen werden um eine Konzentration der nutzbaren, einfallenden Sonnenstrahlung

jeweils auf das zugeordnete Photovoltaik-Element erzielen zu können. Solche gebogene Ablenkvorrichtungen sind auch sehr platzintensiv.

Aus dem Dokument DE 19 705 046 A1 ist es bekannt, auf die Kunststoffabdeckung einer Solarzelle in einem Taschenrechner, eine Lichtumwandlerschicht aus Polymethylmethacrylat und/oder Polycarbonat anzubringen. Ein Teil der einfallenden Sonnenstrahlung wird nach Transmission durch diese Schicht in ihrem Spektralbereich in das Rote verschoben. Dabei wird ein Teil der einfallenden Sonnenstrahlung, die von der Solarzelle nicht in elektrische Energie umwandelbar ist, teilweise in Strahlung mit längeren Wellenlängen umgewandelt, die von der Solarelle zum größten Teil in elektrische Energie umwandelbar ist. Auch wird dabei ein Teil der einfallenden Sonnenstrahlung, die von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbar ist, in Strahlung mit längeren Wellenlängen umgewandelt, die von der Solarzelle zum größten Teil in elektrische Energie umwandelbar ist.

Der Teil der einfallenden Sonnenstrahlung, der von der Lichtumwandlerschicht in das Rote verschoben wird, erleiden aber nicht vernachlässigbare Effizienzverluste, die sich als Wärme bemerkbar machen, die durch die Schwingungsrelaxationen verursacht wird, die infolge der durch die Lichtumwandlerschicht umgewandelte Sonnenstrahlung auftreten. Diese Wärme erwärmt dann die Solarzelle und führt zu einer Senkung ihres Wirkungsgrads. Außerdem wird die umgewandelte Strahlung isotrop ausgestrahlt. Das bedeutet, dass nur ein Teil der von der Lichtumwandlerschicht umgewandelten Sonnenstrahlung die Solarzelle erreicht.

Hinzu kommt, dass ein Teil der einfallenden Sonnenstrahlung, die von der Solarzelle nicht in elektrische Energie umwandelbar ist, von der Lichtumwandlerschicht nicht umgewandelt wird, auf die Solarzelle auftrifft und von dieser in Wärme umgewandelt wird. Auch ein Teil der umgewandelten Sonnenstrahlung, der von der Solarzelle nicht in elektrische Energie

umwandelbar ist, erreicht die Solarzelle und wird von dieser in Wärme umgewandelt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Photovoltaik-Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des beigefügten Anspruches 1, so aufzubauen, dass die vorstehenden Probleme gelöst sind. Insbesondere gilt es, die Effizienz einer solchen erfindungsgemäßen Photovoltaik-Vorrichtung zu erhöhen und eine Überhitzung der darin eingesetzten Solarzellen zu vermeiden.

Zur Lösung der Aufgabe schlägt die Erfindung eine Photovoltaik-Vorrichtung mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen vor. Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Photovoltaik-Vorrichtung zur direkten Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie weist mindestens ein optisches Element zum Bündeln der senkrecht einfallenden Sonnenstrahlung auf mindestens eine, diesem zugeordneten, gegenüber diesem oder einem Lichteintrittsbereich dieses kleinflächigeren Solarzelle auf. Dabei ist, vorzugsweise zwischen der Solarzelle und dem ersten optischen Element, mindestens eine Lichtumwandlereinrichtung, insbesondere eine Lichtumwandlerschicht vorhanden, die die Sonnenstrahlung in dem von der Solarzelle nicht in elektrischen Strom umwandelbaren Teilspektrum zu kürzeren Wellenlängen verschiebt. Die Lichtumwandlerschicht ist vorzugsweise auf der der Sonne abgewandten Seite des ersten optischen Elements, von diesem beabstandet angeordnet und weist weiter bevorzugt eine Fläche auf, deren senkrechte Projektion in der Ebene mit dem ersten optischen Element mindestens einen Teil dessen Randfläche bildet und deren Projektion in der Ebene mit der Solarzelle die Solarzellenfläche nicht überlappt. Dadurch kann nutzbare Sonnenstrahlung ohne Behinderung durch die Lichtumwandlerschicht direkt auf die Solarzelle eingestrahlt werden.

Vorzugsweise können Lichtumwandlerschichten eingesetzt werden, die

Infrarotlicht in sichtbares oder ultraviolettes Licht umwandeln. Dabei kann z.B. ein Zweiquanten-Absorptionsprozess in einem geeigneten fluoreszierenden Farbstoff verwendet werden.

Erfindungsgemäß ist eine wellenlängenabhängige Umlenkeinrichtung vorgesehen, um nutzbare Strahlung zu der Solarzelle und langwelligere zunächst zu der Lichtumwandlungseinrichtung zu lenken.

Vorzugsweise auf der der Sonne zu- oder abgewandten Seite des ersten optischen Elements ist eine erste Hologrammstruktur vorhanden. Die erste Hologrammstruktur lenkt die einfallende Sonnenstrahlung, die von der dieser zugeordneten Solarzelle nicht in elektrischen Strom umwandelbar ist, auf die Lichtumwandlerschicht um und lässt sonstige Sonnenstrahlung durch.

Auf der der Sonne abgewandten Seite der Lichtumwandlerschicht ist eine zweite Hologrammstruktur vorhanden, die die auf die Lichtumwandlerschicht von der ersten Hologrammstruktur umgelenkte und von der Lichtumwandlerschicht zu kürzeren Wellenlängen verschobenen Sonnenstrahlung, die von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbar ist, auf die Solarzelle umlenkt und sonstige Strahlung durchlässt.

Durch die Anbringung der ersten Hologrammstruktur wird der Teil der auf die Lichteintrittsfläche des ersten optischen Elements einfallenden Sonnenstrahlung, der von der Solarzelle nicht in elektrischen Strom umwandelbar ist, auf eine auf der der Sonne abgewandten Seite des ersten optischen Elements angebrachte Lichtumwandlerschicht umgelenkt und sonstige Strahlung durchgelassen. Die sonstige senkrecht einfallende Strahlung, die von der Solarzelle in elektrischen Strom umwandelbar, also nutzbar ist, kommt dann gebündelt von dem ersten optischen Element, wird dann von der ersten Hologrammstruktur durchgelassen und erreicht schließlich die Solarzelle oder wird von der ersten Hologrammstruktur durchgelassen, erreicht das erste optische Element und wird durch dieses auf

die Solarzelle gebündelt. Die Solarzelle kann also die gesamte einfallende Strahlung nutzen, die von ihr in Strom umwandelbar ist.

Durch die Anbringung der Lichtumwandlerschicht wird der Teil der auf die Lichteintrittsfläche des ersten optischen Elements einfallenden Sonnenstrahlung, der von der Solarzelle nicht in elektrischen Strom umwandelbar ist und der von der ersten Hologrammschicht auf die Lichtumwandlerschicht umgelenkt wird, zu kürzeren Wellenlängen, also zum größten Teil zu Wellenlängen, die von der Solarzelle in elektrischen Strom umwandelbar sind, verschoben. Etwa die Hälfte der verschobenen und isotrop ausgestrahlten Strahlung erreicht dann die zweite Hologrammstruktur und wird von dieser in zwei Teile aufgespaltet. Der von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbare Teil wird von dieser auf die Solarzelle umgelenkt und der andere Teil wird von dieser durchgelassen. Die andere Hälfte der verschobenen und isotrop ausgestrahlten Strahlung trifft auf eine auf der der Sonne zugewandten Seite der Lichtumwandlerschicht vorhandene optische Einrichtung auf, wird von dieser reflektiert, trifft anschließend auf die zweite Hologrammstruktur auf und wird von dieser wie die andere Hälfte der isotrop ausgestrahlten Strahlung aufgespaltet und umgelenkt bzw. durchgelassen.

Die optische Einrichtung kann besonderes einfach und kostengünstig durch einen halbtransparenten Spiegel, der die von der ersten Hologrammstruktur umgelenkte Sonnenstrahlung durchlässt und die durch die Lichtumwandlerschicht verschobene und auf ihn auftreffende Strahlung reflektiert, oder durch eine dritte Hologrammstruktur realisiert werden, die die durch die Lichtumwandlerschicht verschobene und auf sie auftreffende Strahlung, die von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbar ist, reflektiert und sonstige Strahlung durchlässt. Folglich wird von der Solarzelle sowohl die von ihr nutzbare als auch sonstige einfallende Sonnenstrahlung in elektrischen Strom umgewandelt werden.

Die Effizienz einer solchen Solarzelle wird dabei deutlich erhöht. Hinzu kommt

noch, dass auf die Solarzelle keine langwelligere Strahlung gebündelt wird, die von der Solarzelle nicht in elektrischen Strom, sondern in Wärme umgewandelt wird. So wird zusätzlich der Wirkungsgrad der Solarzelle durch die Vermeidung einer Überhitzung dieser deutlich erhöht.

Vorzugsweise weist die Photovoltaik-Vorrichtung mindestens ein erstes optisches Element mit einem Zielbereich auf, dem mehrere Solarzellen zugeordnet sind. So können kleinflächigere Solarzellen eingesetzt werden.

Auch kann mindestens einer der in der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Vorrichtung eingesetzten Solarzelle eine Vielzahl erster optischen Elemente zugeordnet sein. So kann eine höhere effiziente Effizienz der eingesetzten Solarzellen durch eine stärkere Konzentration der einfallenden Sonnenstrahlung mittels mehrerer erster optischer Elementen erreicht werden.

Insbesondere bildet die senkrechte Projektionsfläche der Lichtumwandlerschicht in der Ebene mit dem ersten optischen Element die gesamte Randfläche des optischen Elements. So kann dann die von der ersten Hologrammstruktur umgelenkte Sonnenstrahlung gleichmäßig auf die größere Fläche der Lichtumwandlerschicht verteilt werden und dadurch eine Überhitzung dieser vermieden werden.

Vorzugsweise überschneidet die Fläche der Lichtumwandlerschicht die von dem ersten optischen Element gebündelte und von der Solarzelle nutzbare Sonnenstrahlung nicht. So kann die von der Solarzelle nutzbare Sonnenstrahlung gänzlich auf die Solarzelle umgelenkt werden. Effizienzverluste derjenigen Strahlung, die von der Solarzelle genutzt werden kann, und die durch Wechselwirkungen mit der Lichtumwandlerschicht auftreten könnten, werden so vermieden. Dadurch wird eine höhere Effizienz der Solarzelle erreicht.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind mindestens eine

erste und/oder mindestens eine zweite Hologrammstruktur und/oder mindestens eine dritte Hologrammstruktur einfach und besonders kostengünstig jeweils als ebene Hologrammschichten mit jeweils mehreren Hologrammbereichen mit unterschiedlicher Hologrammbeschaffenheit ausgebildet. So können die erste und/oder die zweite und/oder die dritte Hologrammstrukturen sehr genau realisiert werden, da ihre Hologrammbereiche jeweils auf die auf sie auftreffende Strahlung individuell abgestimmt werden können.

Insbesondere ist zwischen dem ersten optischen Element und der mindestens einen ihm zugeordneten Solarzelle ein zweites optisches Element zum weiteren Bündeln der von dem ersten optischen Element gebündelte Sonnenstrahlung vorhanden. Dadurch wird eine höhere Konzentration der Sonnenstrahlung auf die Solarzellen erreicht und dadurch können die Einkaufs- oder Herstellungskosten der Solarzellen reduziert werden, da nur noch kleinere Solarzellen notwendig sind. Außerdem sinkt die benötigte Genauigkeit der Nachführung einer Solaranlage zur Sonne, die solchen Photovoltaik-Vorrichtungen aufweist, da der Akzeptanzwinkel der einfallenden Sonnenstrahlung dadurch höher wird, d.h. dass auch Strahlen die von der auf die ersten optischen Elemente jeweils senkrechten Gerade etwas abweichen, von dem entsprechenden ersten optischen Element jeweils auf die relativ große Fläche des zugeordneten zweiten optischen Elements gesammelt werden und dann von dem zweiten optischen Element weiter auf die kleine Fläche der zugeordnete Solarzelle gebündelt werden.

Vorzugsweise ist die Lichtumwandlerschicht in etwa der gleichen Ebene mit dem zweiten optischen Element angeordnet. Dieser Aufbau der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Vorrichtung ist einfach und kostengünstig realisierbar, da es dabei möglich ist, das zweite optische Element und die zugeordnete Lichtumwandlerschicht insbesondere auch die entsprechende zweite Hologrammstruktur und vorzugsweise auch die entsprechende optische Einrichtung als Einheit anzufertigen. Vorzugsweise ist hier die

Lichtumwandlerschicht insbesondere angrenzend an das zweite optische Element angeordnet. So kann die Lichtumwandlerschicht den gesamten Randbereich der senkrechten Projektionsfläche des zugeordneten ersten optischen Elements bis zu dem entsprechenden zweiten optischen Element bedecken. Dadurch kann die Sonnenstrahlung in dem von der Solarzelle nicht nutzbaren Spektralbereich von der ersten Hologrammstruktur relativ gleichmäßig auf die relativ große Fläche der zugeordneten Lichtumwandlerschicht verteilt werden und so, nachdem sie durch die Lichtumwandlerschicht zu kürzeren Wellenlängen verschoben worden ist, durch die zweite Hologrammstruktur gleichmäßig auf die Fläche der zugeordneten Solarzelle verteilt werden. So wird die Fläche der zugeordneten Solarzelle gleichmäßig genutzt und eine lokale Überlastung der Solarzelle vermieden.

Auch kann die Lichtumwandlungseinrichtung, insbesondere die Lichtumwandlerschicht, zwischen dem ersten und dem zweiten optischen Element angeordnet sein. So kann insbesondere die von der Lichtumwandlerschicht verschobene Sonnenstrahlung, die von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbar ist, mittels der optischen Einrichtung und der zweiten Hologrammstruktur auf das zweite optische Element umgelenkt werden und von diesem weiter auf die zugeordnete Solarzelle konzentriert werden. Dadurch wird eine sehr hohe Konzentration der einfallenden Sonnenstrahlung auf die Solarzellen erreicht. So können Solarzellen mit einer sehr kleinen Fläche eingesetzt werden. Die Reduzierung der notwendigen Fläche der Solarzellen führt zu einer Senkung der Einkaufs- oder Herstellungskosten solcher Solarzellen. Insbesondere überlappt die senkrechte Projektionsfläche der Lichtumwandlerschicht in der Ebene mit dem zweiten optischen Element die Fläche des zweiten optischen Elements nicht. So kann die gesamte Fläche des zweiten optischen Elements zum weiteren Bündeln der von dem ersten Element gebündelten und der von der zweiten Hologrammstruktur auf dieses umgelenkten Sonnenstrahlung dienen.

Bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung weist die Lichtumwandlerschicht in ihrem Inneren und/oder auf ihrer der Sonne abgewandten Seite ein Gitter aus leitfähigem Material auf, das insbesondere so dimensioniert ist, dass keine Beugung der auf sie auftreffenden Sonnenstrahlung eintritt.

Durch die Verwendung eines solchen Gitters wird die in der Lichtumwandlerschicht durch die auf sie auftreffende Sonnenstrahlung mit längeren Wellenlängen und so auch durch die auf sie auftreffende Wärmestrahlung entstehende Wärme in die Außenumgebung abgeleitet und so eine Überhitzung der Lichtumwandlerschicht vermieden.

Insbesondere endet das Gitter mindestens einer Lichtumwandlerschicht in einer zu dem entsprechenden ersten optischen Element angrenzenden und darauf senkrecht angeordneten Wand aus leitfähigem Material. Diese Wand dient zum weiteren Ableiten der in der Lichtumwandlerschicht entstehenden Wärme in die Außenumgebung. Die Wand verläuft bis zu der Ebene der Lichtumwandlerschicht oder an dieser Ebene vorbei, insbesondere bis zu der Ebene mit der Solarzelle. Je größer die Wandfläche ist, desto schneller wird die Wärme in die Außenumgebung transportiert. Außerdem kann solch eine Wand als Haltevorrichtung für das zweite optische Element und/oder die entsprechende Lichtumwandlerschicht und/oder der zugeordneten und/oder der zugeordneten optischen Einrichtung und/oder der zugeordneten zweiten Hologrammstruktur dienen.

Vorzugsweise sind mehrere insbesondere alle ersten optischen Elemente an einem gemeinsamen transparenten Lichteintrittskörper angebracht. So kann man die ersten optischen Elemente leichter handhaben und mit weniger Aufwand und dadurch kostengünstiger in die erfindungsgemäße Photovoltaik-Vorrichtung eingebaut werden.

Insbesondere sind mehrere oder alle Lichtumwandlerschichten an einer

Zwischenplatte angebracht.

So kann man die Lichtumwandlerschichten mit wenig Aufwand und dadurch kostengünstig in die erfindungsgemäße Photovoltaik-Vorrichtung einbauen.

Vorzugsweise ist eine optische Einrichtung oder eine zweite Hologrammschicht auf einer Zone der Platte angebracht, die die senkrechte Projektionsfläche der zugeordneten Lichtumwandlerschicht in der Ebene mit der zweiten Hologrammschicht bedeckt. So können die Lichtumwandlerschichten und/oder die jeweils zugeordneten optischen Einrichtungen und/oder die jeweils zugeordneten zweiten Hologrammstrukturen einfach als eine Einheit gefertigt werden. Wenn solch eine Einheit aufgebaut wird, kann eine sehr genaue relative Positionierung der Lichtumwandlerschichten zu den zugeordneten optischen Einrichtungen und/oder zu den zugeordneten zweiten Hologrammstrukturen erfolgen, da die mit den optischen Einrichtungen bzw. mit den zweiten Hologrammstrukturen zu bedeckende Fläche vormarkiert werden kann. Solche Einheiten können dann sehr genau relativ zu den entsprechenden ersten optischen Elementen, relativ zu den zweiten optischen Elementen und zu den Solarzellen positioniert werden. Das führt zu einer Nutzung der gesamten vorhandenen Solarzellenfläche und so zu einer hohen Effizienz einer solchen erfindungsgemäßen Photovoltaik-Vorrichtung.

Vorzugsweise sind mehrere Solarzellen insbesondere alle Solarzellen an einem zweiten gemeinsamen Trägerkörper angebracht. So können die verwendeten Solarzellen leichter handgehabt und mit weniger Aufwand und dadurch kostengünstiger in die erfindungsgemäße Photovoltaik-Vorrichtung eingebaut werden.

Insbesondere ist mindestens ein erstes optisches und/oder mindestens ein zweites optisches Element eine Fresnellinse. So kann durch die Verwendung eines üblichen und dadurch kostengünstigen ersten bzw. zweiten optischen

Elements die erwünschte Bündelung der einfallenden Sonnenstrahlung auf die Solarzelle erreicht werden.

Auch kann mindestens ein erstes und/oder mindestens ein zweites optisches Element eine vierte Hologrammstruktur aufweisen, die die einfallende Sonnenstrahlung, die von der Solarzelle in elektrischen Strom umwandelbar ist, auf den entsprechenden Zielbereich bündelt und sonstige Sonnenstrahlung durchlässt. Insbesondere weist die vierte Hologrammstruktur mehrere ebene überlagerte Hologrammschichten auf, die jeweils mehrere Hologrammbereiche mit unterschiedlichen Hologrammbeschaffenheiten aufweisen, die jeweils einen Teil der einfallenden, von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbaren Sonnenstrahlung jeweils auf die Solarzelle umlenken und sonstige Sonnenstrahlung durchlassen. So kann die vierte Hologrammstruktur sehr genau realisiert werden, da die ebenen Hologrammschichten Hologrammbereiche aufweisen, die auf die auf sie jeweils einfallende Strahlung individuell abgestimmt werden können.

Bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung weist mindestens eine einem ersten optischen Element zugeordnete Lichtumwandlerschicht eine fünfte Hologrammstruktur auf, die auf der der Sonne zugewandten Seite der Lichtumwandlerschicht und auf der der Sonne abgewandten Seite des ersten optischen Elements vorhanden ist und die von der ersten Hologrammstruktur umgelenkte Sonnenstrahlung in einem parallelen, auf die Lichtumwandlerschicht insbesondere auf dieser gleichmäßig verteilten Strahlenbündel umwandelt. So kann die Lichtumwandlerschicht optimal ausgenutzt werden.

Insbesondere kann die fünfte Hologrammstruktur sehr genau aber einfach und kostengünstig als eine Überlagerung mehrerer ebener Hologrammschichten ausgebildet sein, die jeweils mehrere Hologrammbereiche mit unterschiedlichen Hologrammbeschaffenheiten aufweisen, die die von der ersten Hologrammstruktur auf sie umgelenkte Sonnenstrahlung jeweils in

einem parallelen, auf die Lichtumwandlerschicht insbesondere auf diese gleichmäßig verteilten Strahlenbündelteil umwandeln und sonstige Sonnenstrahlung durchlassen.

Vorzugsweise werden mehrere der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Vorrichtungen in einer der Sonne stets nachgeführten Anlage eingesetzt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht durch eine Ausführungsform einer erfindungsgemäße Photovoltaik-Vorrichtung mit mindesten einem ersten optischen Element in Form einer Fresnellinse und einer Wand aus leitfähigem Material;

Fig. 2 eine Schnittansicht durch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Photovoltaik-Vorrichtung mit mindestens einem ersten optischen Element in der Form einer Fresnellinse, einer Zwischenplatte und einer daran angebrachten Sekundärlinse.

Bei der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen werden für entsprechende Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet.

In Figur 1 ist eine Photovoltaik-Vorrichtung 10 mit mindestens einem ersten optischen Element 20 dargestellt. Das erste optische Element 20 ist eine Fresnellinse, die auf die der Sonne abgewandte Seite eines transparenten Lichteintrittskörpers 21 angebracht ist. Das erste optische Element 20 bündelt die senkrecht einfallende Sonnenstrahlung 30 auf eine zugeordnete Solarzelle 40. Das erste optische Element 20 weist auf seiner der Sonne abgewandten Seite eine erste ebene Hologrammstruktur 50 mit mehreren Hologrammbereichen 51, 52 mit unterschiedlichen Hologrammbeschaffenheiten auf, die von dem ersten optischen Element 20

gebündelte Strahlung 30 in einem von der Solarzelle 40 nicht nutzbaren Spektrum 60 auf zwei auf ihrer der Sonne abgewandten Seite und ihr gegenüber beabstandet angeordneten und von der Lichtumwandlereinrichtung 70 umfassten Lichtumwandlerschichten 70 umlenkt und die sonstige von dem ersten optischen Element 20 gebündelte Strahlung 80 in dem von der Solarzelle nutzbaren Spektrum durchlässt. Die Lichtumwandlerschichten 70 verschieben die auf sie jeweils auftreffende Strahlung 60 zu den kürzeren Wellenlängen, also zum größten Teil in Strahlung 80 in einem von der Solarzelle 40 nutzbaren Spektrum.

Die Lichtumwandlerschichten 70 weisen jeweils ein Gitter 85 aus leitfähigem Material auf, das zur Ableitung der durch die auf die Lichtumwandlerschichten 70 auftreffende Sonnenstrahlung 60 entstehenden und dadurch in den Lichtumwandlerschichten 70 vorhandenen Wärme in die Außenumgebung dient. Die Gitter 85 enden jeweils in einer an dem ersten optischen Element 20 angrenzenden, auf diesem senkrechten und bis zu einer auf seiner der Sonne zugewandten Seite die Solarzelle 40 aufweisenden Trägerkörper 90 verlaufenden Wand 100 aus leitfähigem Material, die zur weiteren Ableitung der durch die auf die Lichtumwandlerschiechten 70 auftreffenden Sonnenstrahlung 60 entstehende und dadurch in den Lichtumwandlerschichten 70 vorhandenen Wärme in die Außenumgebung dient.

Die Sonnenstrahlung 60, die von der Lichtumwandlerschichten 70 zu den kürzeren Wellenlängen verschoben wird, wird von den Lichtumwandlerschichten 70 isotrop ausgestrahlt. Etwa die Hälfte der isotrop ausgestrahlten Strahlung wird von der an der der Sonne zugewandten Seiten der Lichtumwandlerschichten 70 vorhandenen optischen Einrichtung 105 reflektiert und von der an der der Sonnen abgewandten Seite der Lichtumwandlerschichten 70 vorhandenen ebenen, zweiten Hologrammstruktur 110 mit mehreren Hologrammbereichen 111, 112 mit unterschiedlichen Hologrammbeschaffenheiten in zwei Teile aufgespaltet. Die

andere Hälfte der von der Lichtumwandlerschichten 70 zu kürzeren Wellenlängen verschobenen Strahlung trifft auf die zweite Hologrammstruktur 110 auf. Der Teil der auf die Hologrammstruktur 110 auftreffende Strahlung, der von der Solarzelle 40 in elektrische Energie umwandelbar ist, wird von der zweiten Hologrammstruktur 110 auf die Solarzelle 40 umgelenkt und sonstige Strahlung wird durchgelassen.

Zur Vereinfachung der Darstellung wurde in Figur 1 nur Strahlung angedeutet, die von der Lichtumwandlerschichten 70 in einer einzigen Richtung ausgestrahlt worden ist.

In Figur 2 ist eine Photovoltaik-Vorrichtung 10 mit mindestens einem ersten 20 und mindestens einem zweiten 120 optischen Element dargestellt. Die von der Solarzelle 40 nutzbare Sonnenstrahlung 80 wird von dem ersten optischen Element 20 auf die Oberfläche des zweiten optischen Elements 120 gebündelt und dann von diesem auf die Solarzelle 40 weiter gebündelt. Das zweite optische Element 120 ist auf der der Sonne zugewandten Seite einer Zwischenplatte 130 angeordnet. Auf der der Sonne abgewandten Seite der Zwischenplatte 130 sind die von der Lichtumwandlereinrichtung 70 umfassten Lichtumwandlerschichten 70 mit den jeweils auf ihrer der Sonne abgewandten Seite angebrachten zweiten ebenen Hologrammstrukturen 110 angebracht. Die von der Solarzelle 40 nicht nutzbare Strahlung 60 wird auch hier von der ersten ebenen Hologrammstruktur 50 auf die Lichtumwandlerschichten 70 umgelenkt und von diesem zu kürzeren Wellenlängen verschoben. Die Lichtumwandlerschichten 70 weisen auch hier jeweils ein Gitter 85 aus leitfähigem Material auf.

Die Sonnenstrahlung 80, die von der die Lichtumwandlerschichten 70 zu kürzeren Wellenlängen verschoben wird und von der Solarzelle 40 in elektrische Energie umwandelbar ist, wird hier in der gleichen Weise, die in der Beschreibung der Figur 1 angegeben worden ist, auf die an der der Sonne abgewandten Seite des Trägerkörpers 90 angeordnete Solarzelle 40

umgelenkt. Sonstige Strahlung trifft auch hier auf die Solarzelle 40 nicht auf.

Zur Vereinfachung der Darstellung wurde auch in Figur 2 nur Strahlung angedeutet, die von der Lichtumwandlerschichten 70 in einer einzigen Richtung ausgestrahlt worden ist.

Weitere Ausführungsformen ergeben sich durch beliebige Kombinationen der Einzelmerkmale der verschiedenen Ausführungsformen.

Bezugszeichenliste

10	Photovoltaik-Vorrichtung
20	erstes optisches Element
21	Lichteintrittskörper
30	senkrecht einfallende Sonnenstrahlung
40	Solarzelle
50	erste ebene Hologrammstruktur
51, 52	unterschiedliche Hologrammbereiche der ersten ebenen Hologrammstruktur
60	Teil der einfallende Sonnenstrahlung in einem von der Solarzelle nicht in Strom umwandelbaren Spektrum
70	Lichtumwandlereinrichtung
80	Teil der einfallenden Sonnenstrahlung in einem von der Solarzelle in Strom umwandelbaren Spektralbereich
85	Gitter
90	Trägerkörper
100	Wand
105	optische Einrichtung
110	zweite Hologrammstruktur
111, 112	Hologrammbereiche der zweiten ebenen Hologrammstruktur
120	zweites optisches Element
130	Zwischenplatte

PATENTANSPRÜCHE

1. Photovoltaik-Vorrichtung (10) zur direkten Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie mit mindestens einer Solarzelle (40) und mindestens einer Lichtumwandlereinrichtung (70) zum Verschieben wenigstens eines Teilspektrums der auf die Solarzelle auftretenden Sonnenstrahlung zu einem anderen Wellenlängenbereich,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Lichtumwandlereinrichtung (70) zum Verschieben eingestrahlter Sonnenstrahlung von einer von der Solarzelle (40) nicht in elektrische Energie umwandelbaren längeren Wellenlängen hin zu einer von der Solarzelle (40) in elektrische Energie umwandelbaren kürzeren Wellenlänge ausgebildet ist,
dass ein erstes optisches Element (20) zum Bündeln durch einen Lichteintrittsbereich einfallender Sonnenstrahlung auf die mindestens eine, diesem optischen Element zugeordnete und gegenüber dem Lichteintrittsbereich kleinflächigere Solarzelle (40) vorgesehen ist,
und dass eine wellenlängenabhängige Umlenkeinrichtung vorgesehen ist, die einfallende Sonnenstrahlung mit durch die Solarzelle nicht nutzbarer längerer Wellenlänge (60) weg von der Solarzelle (40) und hin zu der Lichtumwandlereinrichtung (70) umlenkt und entsprechend zu kürzeren Wellenlängen verschobene Strahlung (80), die von der Solarzelle (40) in elektrische Energie umwandelbar ist, von der Lichtumwandlereinrichtung (70) zu der Solarzelle (40) leitet.

2. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Lichtumwandlereinrichtung (70) mindestens eine Lichtumwandlerschicht (70) zum Verschieben von Sonnenstrahlung (60) in einem von der Solarzelle (40) nicht in elektrischen Strom umwandelbaren Spektrum hin zu kürzeren Wellenlängen aufweist,
dass die Lichtumwandlereinrichtung in einem Bereich zwischen dem ersten optischen Element (20) und der Solarzelle, aber außerhalb des Strahlengangs

der Sonnenstrahlung (80) von dem ersten optischen Element (20) zu der Solarzelle angeordnet ist und dass die Umlenkeinrichtung eine erste Hologrammstruktur (50), die an dem ersten optischen Element (20) vorhanden ist und die Sonnenstrahlung (60) in dem von der Solarzelle (40) nicht in elektrischen Strom umwandelbaren Spektrum aus dem Strahlengang zwischen dem ersten optischen Element (20) und der Solarzelle (40) weg umlenkt, von der Solarzelle (40) in Strom umwandelbare Strahlung aber durchlässt, und eine optische Struktur aufweist, die die von der ersten Hologrammstruktur (50) umgelenkte und von der Lichtumwandlerschicht (70) zu kürzeren Wellenlängen verschobene Strahlung (80), die von der Solarzelle (40) in elektrischen Energie umwandelbar ist, auf die Solarzelle (40) umlenkt und sonstige Strahlung durchlässt.

3. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet dass,
das mindestens eine erste optische Element (20) zum Bündeln der senkrecht einfallenden Sonnenstrahlung (30) auf die mindesten eine, diesem ersten Element (20) zugeordnete und gegenüber dem ersten Element, kleinflächigere und zu diesem beabstandet angeordnete Solarzelle (40) ausgebildet ist,
dass zwischen der Solarzelle (40) und dem ersten optischen Element (20) die Lichtumwandlerschicht (70) vorhanden ist
und dass die Lichtumwandlerschicht (70) auf der der Sonne abgewandten Seite des ersten optischen Elements (20) gegenüber diesem beabstandet angeordnet ist und eine Fläche aufweist, deren senkrechte Projektion in der Ebene mit dem ersten optischen Element (20) mindestens einen Teil dessen Randfläche bildet und deren Projektion in der Ebene mit der Solarzelle (40) die Fläche der Solarzelle (40) nicht überlappt.

4. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet dass,
die optische Struktur eine an der der Sonne zugewandten Seite der Lichtumwandlerschicht (70) angebrachte optische Einrichtung (105) aufweist,

die die von der ersten Hologrammstruktur (50) auf die Lichtumwandlerschicht (70) umgelenkte Sonnenstrahlung (60) durchlässt und die von der Lichtumwandlerschicht zu kürzeren Wellenlängen verschobene Sonnenstrahlung reflektiert,
und eine auf der der Sonnen abgewandten Seite der Lichtumwandlerschicht (70) angebrachte zweiten Hologrammstruktur (110) aufweist, die die von der optischen Einrichtung (105) reflektierte Strahlung und von der Lichtumwandlerschicht (70) zu kürzeren Wellenlängen verschobene Sonnenstrahlung (80), die von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbar ist, auf die Solarzelle (40) umlenkt und sonstige Strahlung durchlässt.

5. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
die optische Einrichtung (105) einen halbtransparenten Spiegel oder eine dritte Hologrammstruktur umfasst, die die von der Lichtumwandlerschicht (70) zu kürzeren Wellenlängen verschobene Strahlung, die von der Solarzelle in elektrische Energie umwandelbar ist, reflektiert und sonstige Strahlung durchlässt.

6. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die senkrechte Projektionsfläche der Lichtumwandlerschicht (70) in der Ebene mit dem ersten optischen Element (20) die gesamte Randfläche des optischen Elements (20) bildet.

7. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein erstes optisches Element (20) vorhanden ist, dem mehrere Solarzellen (40) zugeordnet sind und/oder mindestens eine Solarzelle (40) vorhanden ist, der eine Vielzahl der ersten optischen Elemente (20) zugeordnet ist.

8. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Lichtumwandlereinrichtung (70) die von dem ersten optischen Element (20) gebündelte Sonnenstrahlung in dem von der Solarzelle (40) in Strom umwandelbaren Spektrum (80) nicht überschneidet.

9. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen dem ersten optischen Element (20) und der mindestens einen zugeordneten Solarzelle (40) ein zweites optisches Element (120) zum weiteren Bündeln der von dem ersten optischen Element (20) gebündelten Sonnenstrahlung (80) vorhanden ist.

10. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens die Lichtumwandlereinrichtung (70) etwa in einer Ebene mit dem zweiten optischen Element (120) angeordnet ist.

11. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Lichtumwandlerschicht (70) der Lichtumwandlereinrichtung angrenzend an das zweite optische Element (120) angeordnet ist.

12. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mindestens eine dem ersten Element (20) zugeordnete Lichtumwandlerschicht (70) zwischen dem ersten optischen Element (20) und dem zweiten optischen Element (120) angeordnet ist.

13. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Umlenkeinrichtung eine zweite Hologrammstruktur (110) aufweist, die auf die Lichtumwandlerschicht (70) von der ersten Hologrammstruktur (50) umgelenkte und von der Lichtumwandlerschicht (70) zu kürzeren Wellenlängen verschobene Sonnenstrahlung (80), die von der Solarzelle (40) in elektrische Energie umwandelbar ist, auf das zweite optische Element (120) umlenkt.

14. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
das zweite optische Element (120) eine Sammellinse, insbesondere eine Fresnellinse ist.

15. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Lichtumwandlereinrichtung (70) in ihrem Inneren und/oder auf ihrer der Sonne abgewandten Seite ein Gitter (85) aus wärmeleitfähigem Material zum Ableiten der in ihr durch auf sie (70) auftreffende Sonnenstrahlung (60) entstehenden Wärme in die Außenumgebung aufweist, das insbesondere so dimensioniert ist, dass keine Beugung der auf sie auftreffenden Sonnenstrahlung (60) eintritt.

16. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine Wärmeableiteinrichtung, insbesondere ein Gitter (85), der Lichtumwandlereinrichtung (70) an einer an dem ersten optischen Element (20) angrenzenden und senkrecht dazu angeordneten Wand (100) aus wärmeleitfähigem Material, das zum weiteren Ableiten der in der Lichtumwandlereinrichtung (70) entstehenden Wärme in die Außenumgebung geeignet ist, endet, wobei die Wand (100) von dem ersten optischen Element (20) bis zu einer Ebene die Lichtumwandlereinrichtung (70) aufweisenden Ebene und insbesondere auch bis zu einer die Solarzelle (40) aufweisenden Ebene verläuft.

17. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere, insbesondere alle, erste optische Elemente (20) an einem gemeinsamen transparenten Lichteintrittskörper (21) angebracht sind.

18. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere Lichtumwandlerschichten (70) der Lichtumwandlereinrichtung an einer gemeinsamen Zwischenplatte (130) angebracht sind.

19. Photovoltaik-Vorrichtung Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine zweite Hologrammstruktur (110) auf einer Zone der Zwischenplatte (130) angebracht ist, die die senkrechte Projektionsfläche der zugeordneten Lichtumwandlerschicht (70) in der Ebene mit der zweiten Hologrammschicht (110) bedeckt.

20. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere Solarzellen, (40) insbesondere alle Solarzellen (40), an einem zweiten gemeinsamen Trägerkörper (90) angebracht sind.

21. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein erstes optisches Element (20) eine Fresnellinse ist.

22. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das erste optische Element (20) eine vierte Hologrammstruktur aufweist, die die einfallende Sonnenstrahlung (80), die die von der Solarzelle (40) in elektrischen Strom umwandelbar ist, auf die Solarzelle (40) bündelt und

sonstige Strahlung durchlässt.

23. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13 und 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein zweites optisches Element (120) eine vierte Hologrammstruktur aufweist, die die einfallende Sonnenstrahlung (80), die von der Solarzelle (40) in elektrischen Strom umwandelbar ist, auf die Solarzelle (40) bündelt und sonstige Strahlung durchlässt.

24. Photovoltaik-Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine Solarzelle (40) aus Halbleiterverbindungen ausgebildet ist, insbesondere als mehrschichtige Solarzelle (40) ausgebildet ist.

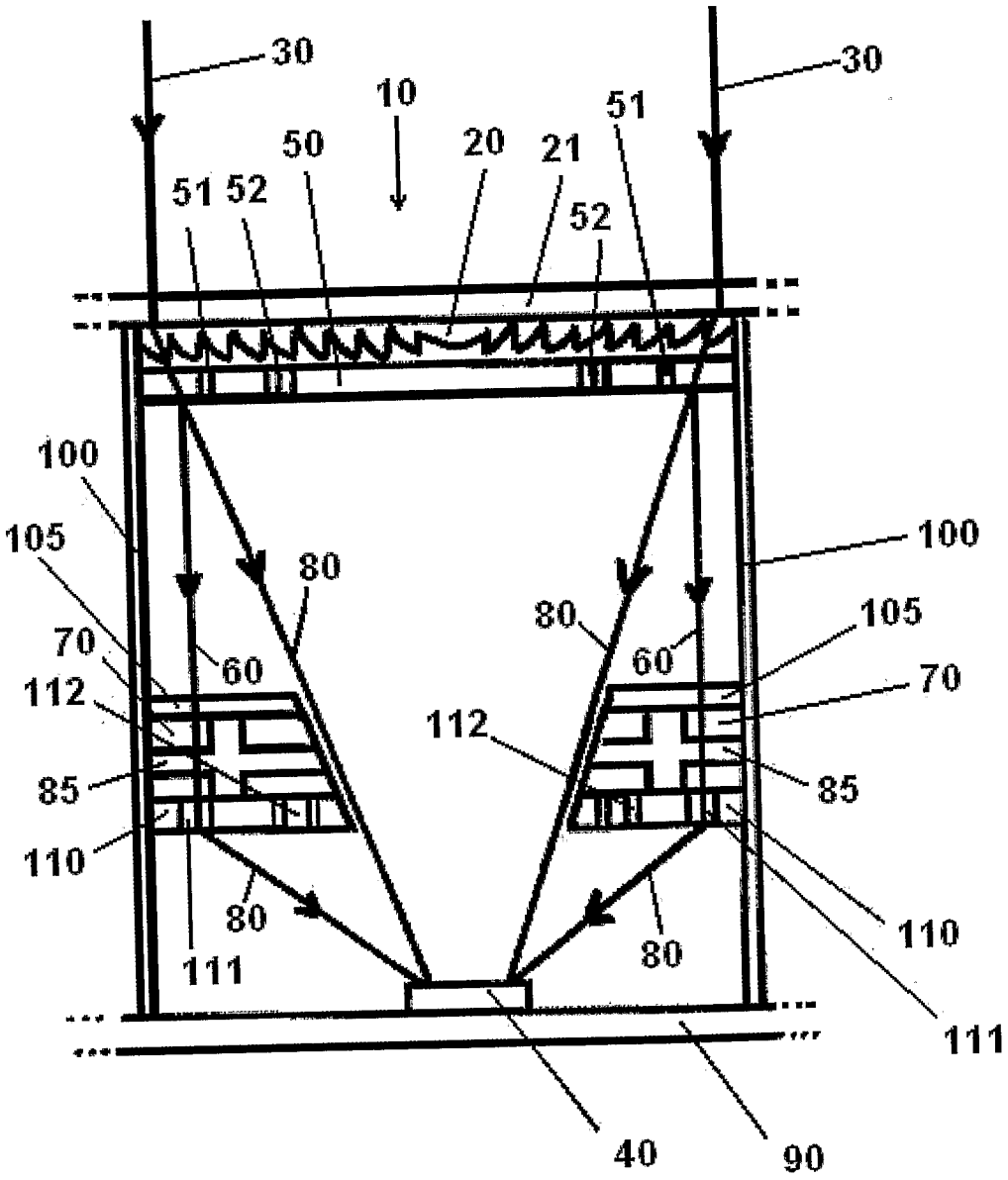
25. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mindestens eine Solarzelle (40) eine Fläche aufweist, die kleiner als 100 Quadratmillimeter ist.

26. Photovoltaik-Vorrichtung nach Anspruch 2 oder einem der Ansprüche 3 bis 25, soweit auf Anspruch 2 zurückbezogen,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine einem ersten optischen Element (20) zugeordnete Lichtumwandlerschicht (70) eine fünfte Hologrammstruktur aufweist, die auf der der Sonne zugewandten Seite der Lichtumwandlerschicht (70) und auf der der Sonne abgewandten Seite des ersten optischen Elements (20) vorhanden ist und die von der ersten Hologrammstruktur (50) umgelenkte Sonnenstrahlung (60) in einen parallelen, auf die Lichtumwandlerschicht (70) insbesondere gleichmäßig verteilten Strahlenbündel (60) umwandelt.

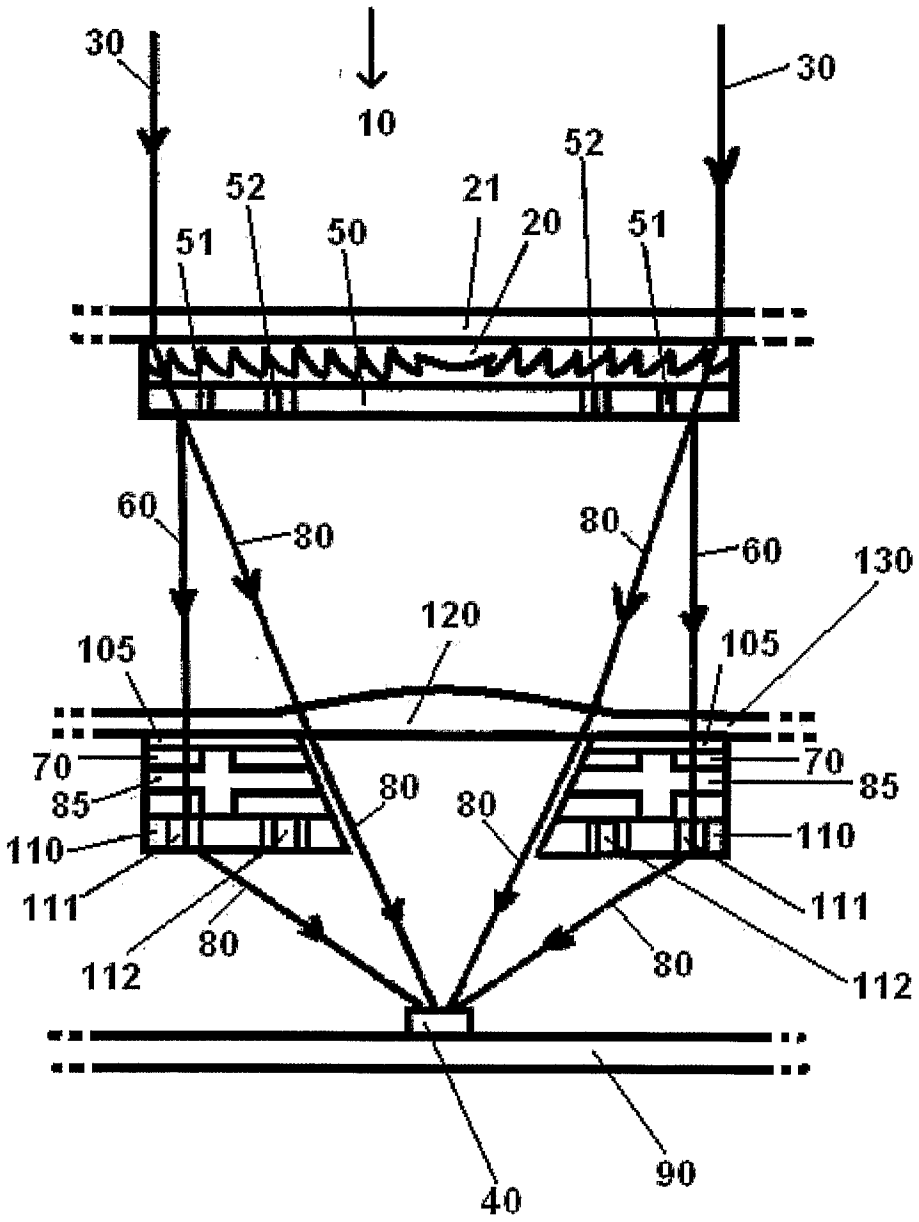
27. Solaranlage mit mehreren insbesondere mit mehreren vereinzelten

Photovoltaik-Vorrichtungen (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

Figur 1


30
30
10
51
50
20
21
51 52
52
100
105
80
100
80
105
70
60
60
70
112
112
85
85
110
80
80
110
111
111
40
90

Figur 2


30
10
30
52
21
52
51
50
20
51
60
80
80
60
130
120
105
105
70
70
85
85
80
80
110
110
111
111
112
80
80
112
40
90