

Photovoltaik

Grundlagen der neuen CTS Technologie

Michael Harr

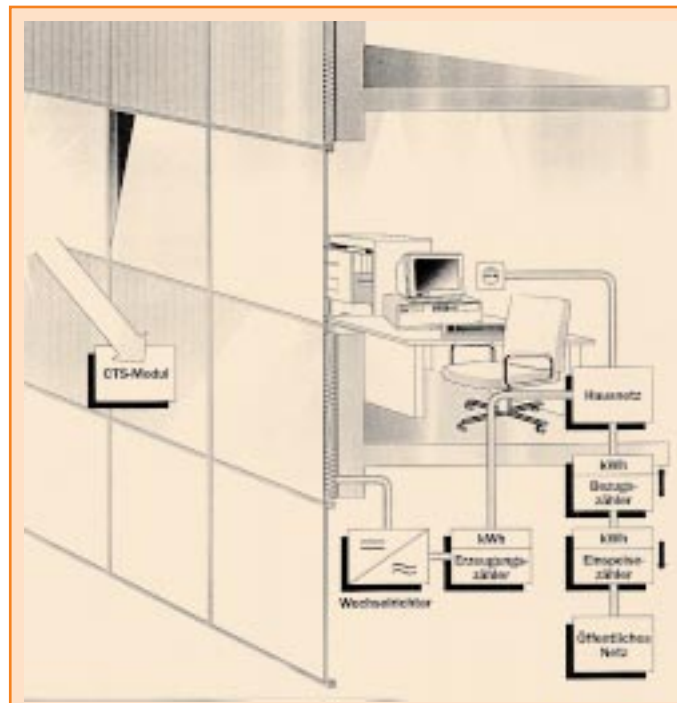
Ein Verfahren zur Herstellung einer neuartigen Solarzelle (CTS Solarzelle) hat die Antec (Angewandte Neue Technologien) GmbH aus Kelkheim entwickelt und patentieren lassen. Es ermöglicht, Solarzellen so kostengünstig herzustellen, daß Solarstrom wirtschaftlich mit herkömmlich erzeugtem Strom in Wettbewerb treten kann.

Das Verfahren ist im Labor nunmehr so weit entwickelt, daß es in die industrielle Fertigung überführt werden kann. Hierzu hat die Antec GmbH gemeinsam mit anderen Gesellschaftern die Firma Antec Solar GmbH mit Sitz in Jena gegründet. Antec Solar wird eine Fertigungsanlage für CTS-Solarmodule und CTS-Solarfassadenelemente mit einer Nennkapazität von 10 MW_p (100 000 m²) pro Jahr aufbauen und betreiben.

Im folgenden werden die wesentlichen Merkmale der neuen Technologie im Vergleich zur klassischen Technologie dargestellt.

Das Solarmodul

Eine Solarzelle wandelt das von ihr absorbierte Licht in elektrische Energie um. Bei Beleuchtung der Zelle entsteht an den Anschlußklemmen eine elektrische Spannung, die einen elektrischen Strom durch den Energieverbraucher fließen läßt. Dabei hängt die Spannung nur vom Typ der Solarzelle ab; sie ist innerhalb gewisser Grenzen von der Beleuchtungsstärke unabhängig. Der Strom dagegen hängt vorwiegend von der beleuchte-



Die Wagener CTS-Modul-Fassade in neuer, patentierter Dünnschichttechnologie

ten Fläche ab und variiert mit der Beleuchtungsstärke. Das einfallende Licht wird nur zum Teil in elektrische Energie umgewandelt. Dieser Teil, angegeben durch den Wirkungsgrad η der Zelle, hängt außer vom Typ der Solarzelle auch von der Betriebstemperatur ab, sowie von den Beleuchtungsverhältnissen: Er ist z. B. jeweils unterschiedlich für die direkte Sonneneinstrahlung und für die diffuse Strahlung des bedeckten oder des unbedeckten Himmels.

Im Solarmodul werden mehrere Solarzellen zu einer mechanischen Einheit verbunden. Die einzelnen Solarzellen sind dabei elektrisch in Serie und/oder parallel miteinander verschaltet, so daß das Modul eine höhere Spannung als eine Einzelzelle liefern kann und/oder einen stärkeren Strom erzeugen kann. I. A. kann die Modulfläche nicht vollständig mit Solarzellen bedeckt werden, insbesonde-

re bei Verwendung runder Solarzellen. Deshalb ist der Wirkungsgrad eines Solarmoduls – um das Maß der Flächenausnutzung – geringer als der Wirkungsgrad der Solarzellen.

Im Solarfassadenelement werden ein oder mehrere Solarmodule mit anderen Funktionselementen zu einem Grundbaustein der multifunktionalen Gebäudehülle vereinigt. Es übernimmt am Gebäude Aufgaben wie

- Wetterschutz
- Wärmedämmung
- Beschattung (z. B. im Oberlichtbereich und über Fenstern und Türen)
- Schallschutz
- Brandschutz

- Elektromagnetische Schirmdämpfung
- Elektrische Energieerzeugung
- Thermische Energieerzeugung
- Design und Gestaltung

Als Solarfassade sind Solarmodule nicht mehr ein Zusatzbauteil, additiv zur „normalen“ Gebäudehülle, sondern stellen die Gebäudehülle selbst dar.

Die CTS-Technologie

Neben der klassischen Technologie, dem Zusammenlöten von Siliziumscheiben zu Solarmodulen und -fassadenelementen, wird weltweit an der Entwicklung von Solarmodulen in Dünnschichttechnik gearbeitet. Dünnschichttechniken bieten grundsätzlich das Potential zu einer drastischen Reduktion der Fertigungskosten. Antec hat eine der Dünnschichttechnologien, die CTS-Technologie, soweit entwickelt, daß Fassadenelemente nach dieser Technik hergestellt werden können. Die Hauptmerkmale der CTS-Technologie von Antec sind:

Das Herstellungsverfahren

Das Verfahren ähnelt dem der Herstellung von beschichtetem Architekturglas: Eine Glasscheibe durchläuft nacheinander verschiedene Beschichtungsstationen, in denen ein Schichtpaket aus insgesamt neun Einzelschichten gleichmäßig abgeschieden wird. Durch bestimmte Trennvorgänge zwischen den einzelnen Beschichtungen wird die beschichtete Fläche in eine Vielzahl schmaler Streifen unterteilt. Jeder Streifen stellt eine individuelle Solarzelle dar, die mit ihren Nachbarzellen automatisch elektrisch in Serie verbunden ist. Anschließend wird die beschichtete und auf ihr endgültiges Maß zugeschnittene Glasplatte mit elektrischen Anschlußelementen versehen und mit einer zweiten Glasplatte zu einem VSG-artigen Verbund zusammenlaminiert. Damit ist in einem kontinuierlichen Prozeß gleich ein komplettes Solarmodul entstanden.

Als Substratglas für die Beschichtung wird normales Floatglas von 4 mm Stärke verwendet. Weißglas kann verarbeitet werden, ist jedoch nicht erforderlich. Gehärtetes Glas

180 V hergestellt werden. Umgekehrt können unterschiedlich große Elemente so hergestellt werden, daß sie die gleiche Spannung abgeben und damit in der gleichen Fassade eingebaut



CTS-Technologie und transparente Wärmedämmung waren die Themen der „Architektur und Glas 97“-Tagung der Wagener-Gruppe in Kirchheim

Foto und Zeichnung: Wagener

kann nicht verwendet werden. Das auflaminierte Deckglas ist in der Regel ebenfalls 4 mm dick, doch sind auch andere Glasstärken je nach bautechnischem Erfordernis möglich. Hier kann bei Bedarf auch gehärtetes Glas verwendet werden.

Technische Leistungsdaten

CTS-Standardmodule werden in der Größe $60 \times 120 \text{ cm}^2$ hergestellt werden. Sondermaße entsprechend dem jeweiligen Fassadenraster sind möglich. Die Leistungsdaten (25 °C, Standard-Testbedingungen) eines Standardmoduls ($60 \times 120 \text{ cm}^2$) sind:

Wirkungsgrad	η :	10 %
Spannung	U_{mpp} :	73 V
Strom	I_{mpp} :	1 A
Leistung	P_{mpp} :	73 W _p

Bei Sonderanfertigungen für den Fassadenbereich können die elektrischen Leistungsdaten der nachgeschalteten Systemtechnik angepaßt werden. Die Ausgangsspannung U_{mpp} kann zwischen 0,58 und 1,20 V je cm Modullänge variiert werden. Wegen der großen Zahl verschalteter Einzelzellen pro Fassadenelement (100 bis 200 je Meter Modullänge) kann diese Anpassung nahezu stufenlos erfolgen. So kann ein Fassadenelement von 150 cm Länge z. B. wahlweise mit Spannungen zwischen 87 V und

werden können. Im Vergleich zum CTS haben klassische Siliziummodule Ausgangsspannungen zwischen nur 15 V und 50 V bei Stromstärken von 3 A bis 7 A. Die hohe Spannung und der dementsprechend kleine Strom bei CTS-Solarfassadenelementen bietet für die Systemintegration wesentliche Vorteile: Die Netzkopplung der erzeugten Energie ist dann besonders kostengünstig zu realisieren, wenn kleine Netzrichter verwendet werden können und wenn auf einen Transformator verzichtet werden kann, d. h., wenn der Netzrichter direkt eine Wechselspannung von 230 V liefert. Dies setzt voraus, daß der Netzrichter nur kleine Ströme zu verarbeiten hat und daß ihm eingangsseitig eine Spannung von 400 V verfügbar ist. Um diese Spannung von 400 V zu erreichen, sind bei der herkömmlichen Technik je nach Modulspannung 8 bis 25 Solarmodule zusammenzuschalten. Bei der CTS-Technologie dagegen reichen 2 bis 5 Module aus. Entwicklungsarbeiten für ein spezielles Hochspannungsmodul, das eine Ausgangsspannung U_{mpp} von 400 V liefert, sind

im Gange. Ein solches Modul legt es nahe, den dann sehr kleinen Wechselrichter in das Modul zu integrieren. Damit würde das Modul selbst direkt eine Wechselspannung von 230 V liefern können.

Ein anderer wesentlicher Aspekt für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Solarfassadenelementes liegt in den Leistungsdaten bei realen Einsatzbedingungen und dem daraus resultierenden tatsächlichen Energieertrag pro Jahr und m². Die oben genannten Leistungsdaten sind Nenndaten; sie werden nach einem international festgelegten Standard, den Standard-Testbedingungen, ermittelt. Dieser Standard schreibt die Temperatur des Moduls beim Test mit 25 °C vor, sowie die Intensität und spektrale Zusammensetzung des Testlichtes. Die realen Einsatzbedingungen weichen hiervon teilweise deutlich ab. So liegt die Einsatztemperatur typischerweise zwischen 60 °C und 100 °C statt bei der Testtemperatur von 25 °C. Insbesondere in der Fassade, d. h. bei senkrechtem Einbau des Moduls, fängt das Modul weniger an direkter Sonnenstrahlung ein, dafür mehr an indirekter Strahlung, insbesondere Streulicht vom Boden und von benachbarten Gebäuden. Dieses Licht hat eine andere spektrale Zusammensetzung als das den Testbedingungen zugrundeliegende direkte Sonnenlicht.

Die CTS-Technologie hat nun gegenüber der Siliziumtechnologie den Vorteil, daß der Wirkungsgrad von einer höheren Betriebstemperatur deutlich weniger beeinträchtigt wird, als das bei Siliziummodulen der Fall ist. Bei der Testtemperatur von 25 °C erreichen Siliziummodule in der Praxis einen Modulwirkungsgrad von etwa 12 %. Beim gegenwärtigen Stand der Technik erreichen CTS-Module bei 25 °C 10 %. (Wirkungsgrade von 14 % sind in wenigen Jahren zu erwarten.) Wie beiliegendes Diagramm zeigt, fällt der Wirkungsgrad des Siliziums jedoch mit steigender Temperatur stark ab. Ab etwa 80 °C überholt CTS das Silizium im Wirkungsgrad. Die spektrale Empfindlichkeit des CTS unterscheidet sich von der des Siliziums in einer Weise, die es in bezug auf die Spektren indirekter Lichtanteile effizienter machen. Hier sind systematische Untersuchungen, die zu quantitativen Angaben führen, noch im Gange.

Optisches Erscheinungsbild

Anders als bei den bekannten klassischen Solarmodulen sind beim CTS-Solarmodul die einzelnen Solarzellen mit ihren Strukturen nicht mehr erkennbar. Das Modul stellt eine einheitlich schwarze Fläche dar, der beim Herstellungsprozeß gezielt eine Tönung (vorwiegend bläulich bzw. grünlich) gegeben werden kann. Aus der Nähe sind lediglich die Trennschnitte zwischen den einzelnen Solarzellen als schmale (0,1 mm breite) Streifen zu erkennen. Eine Solarfassade aus CTS-Fassadenelementen verliert das bis heute noch typische, durch die Siliziumscheiben vorgegebene Muster und ist von einer normalen Fassade aus beschichtetem Glas nicht mehr zu unterscheiden. Solarfassade und normale Fassade (z. B. an Nordwänden oder im Bereich von Abschattungen) sind kombinierbar, ohne daß dem Betrachter der Unterschied ins Auge fällt. Die CTS-Technologie erlaubt die Kombination mit anderen Gestaltungselementen des Fassadendesigns, wie Teilverspiegelungen oder die Verwendung getönter Gläser. Dies ermöglicht auch die optische Abstimmung von Fenster- und Brüstungsbereichen aufeinander. Während normalerweise im Sinne einer möglichst hohen Energieausbeute die Trennschnitte zwischen den einzelnen Solarzellen so schmal wie möglich gehalten werden, können für Spezialanwendungen diese – transparenten – Trennschnitte gezielt verarbeitet und als gestalterisches Element genutzt werden. Damit lassen sich semitransparente Fassadenelemente herstellen, die im Dachbereich, im Oberlichtbereich sowie als Abschattung über Fenstern und Türen verwendet werden können. □