

| Abs | Neue Energie (5 / 2014) | Elektropraktiker (7 / 2014) | Abs |
|-----|--|--|-----|
| | Solar Schwierige Aufholjagd (Sascha Rentzing) | Aus der Praxis Dünnschicht fordert kristalline Technik (Sascha Rentzing) | |
| 0 | Dünnschicht hersteller sind nach wie vor davon überzeugt, der dominierenden Siliziumtechnik Marktanteile streitig machen zu können. Ob sie den Effizienz- und Kostenrückstand zur kristallinen Konkurrenz aufholen können, ist jedoch fraglich. | Multikristalline Siliziummodule haben sich dank rascher Kostensenkungen zur marktdominierenden Photovoltaiktechnik entwickelt. Nun starten die Dünnschicht hersteller einen neuen Anlauf, um den kristallinen Produzenten mit konkurrenzlos günstigen Produkten Marktanteile streitig zu machen. | 0 |
| | | Kleines Lebenszeichen | |
| 1 | Die deutsche Photovoltaikindustrie sendet ein kleines Lebenszeichen: Die Dünnschichtfirma und ehemalige Q-Cells-Tochter Calyxo hat im ostdeutschen Bitterfeld-Wolfen eine neue 60-Megawatt-Linie für Module aus Cadmium-Tellurid (CdTe) in Betrieb genommen. | Die deutsche Photovoltaikindustrie sendet ein kleines Lebenszeichen: Die Dünnschichtfirma und ehemalige Q-Cells-Tochter Calyxo hat im ostdeutschen Bitterfeld-Wolfen eine neue 60-MW-Linie für Module aus Cadmium-Tellurid (CdTe) in Betrieb genommen. | 1 |
| | 54 Millionen Euro hat das Unternehmen investiert, um die Produktionskapazität am Standort auf insgesamt 85 Megawatt (MW) auszubauen. | 54 Millionen Euro hat das Unternehmen investiert, um die Produktionskapazität am Standort auf insgesamt 85 MW auszubauen. | |
| 2 | Im Vergleich zu den asiatischen Gigawattfabriken erscheint das Calyxo-Werk zwar unbedeutend. Dennoch könnte die Investition eine Zäsur markieren. Die deutschen Zellen- und Modulhersteller sorgten in den vergangenen Monaten fast nur für negative Schlagzeilen. Viele mussten im Preiskampf mit China aufgeben: Seit Anfang 2012 fielen in der Photovoltaikproduktion in Deutschland mehr als die Hälfte von 10 200 Stellen weg. | Im Vergleich zu den asiatischen Gigawattfabriken erscheint das Calyxo-Werk zwar unbedeutend. Dennoch könnte die Investition eine Zäsur markieren. Die deutschen Zellen- und Modulhersteller sorgten in den vergangenen Monaten fast nur für negative Schlagzeilen. Viele mussten im Preiskampf mit China aufgeben: Seit Anfang 2012 fielen in der Produktion in Deutschland mehr als die Hälfte von 100200 Stellen weg. | |
| 3 | Calyxo steht aber auch für ein neues Selbstbewusstsein der Dünnschichthersteller. „Wir werden mittelfristig die Produktionskosten auf weniger als 0,50 US-Dollar pro Watt senken. Damit produzieren wir dann wohl weltweit zu den niedrigsten Kosten“, sagt Unternehmenschef Florian Holzapfel. Solche starken Ansagen hörte man in letzter Zeit selten. | Calyxo steht aber auch für ein neues Selbstbewusstsein der Dünnschichthersteller. „Wir werden mittelfristig die Produktionskosten auf weniger als 0,50 US-Dollar pro Watt senken. Damit produzieren wir dann wohl weltweit zu den niedrigsten Kosten“, sagt Unternehmenschef Dr. Florian Holzapfel. Solche starken Ansagen hörte man aus dem Lager der Dünnschichtproduzenten in letzter Zeit selten. | |
| | Mit dem Preisverfall bei den Siliziummodulen ist das Ziel, die vergleichsweise massige kristalline Konkurrenz mir dünn und günstig beschichteten Modulen aus dem Markt zu drängen, außer Sichtweite geraten (siehe Kasten). | Denn mit dem Preisverfall bei den Siliziummodulen ist ihr Ziel, die vergleichsweise massige kristalline Konkurrenz mit dünn und günstig beschichteten Modulen aus dem Markt zu drängen, außer Sichtweite geraten. | |
| | | Wieder bessere Chancen | |
| 4 | Ausgelöst durch enorme Überkapazitäten am Weltmarkt und stark fallende Siliziumpreise sanken die Herstellungskosten kristalliner Silizium module aus China laut der US-Marktforschungsfirma GTM Research von 2009 bis 2013 um fast zwei Drittel auf 0,50 Dollar pro Watt. | Ausgelöst durch enorme Überkapazitäten am Weltmarkt und stark fallende Siliziumpreise sanken die Herstellungskosten kristalliner China module laut der US-Marktforschungsfirma GTM Research von 2009 bis 2013 um fast zwei Drittel auf 0,50 Dollar pro Watt. | 2 |

| Abs | Neue Energie (5 / 2014) | Elektropraktiker (7 / 2014) | Abs |
|-----|--|--|-----|
| | Selbst der US-amerikanische Dünnschichtprimus First Solar, über Jahre hinweg günstigster Phorovoltaikproduzent, konnte diese starken Kostensenkungen nicht mitgehen. Er fertigte seine CdTe-Module im vorigen Jahr nach eigenen Angaben noch für 0,63 Dollar pro Watt. | Selbst der US-amerikanische Dünnschichtprimus First Solar, über Jahre hinweg günstigster Photovoltaikproduzent, konnte diese starken Kostensenkungen nicht mitgehen. Er fertigte seine CdTe-Module im vorigen Jahr nach eigenen Angaben noch für 0,63 Dollar pro Watt. | |
| 5 | Auch bei den Wirkungsgraden reicht die Dünnschicht trotz stetiger Verbesserungen bisher nicht an die Siliziummodule heran. Während selbst die einfachen multikristallinen Module derzeit im Durchschnitt 15,4 Prozent des Sonnenlichts in Strom umwandeln, erreichen industriell gefertigte Dünnschichtpaneele lediglich 13 bis 14 Prozent Effizienz. | Auch bei den Wirkungsgraden reicht die Dünnschicht trotz stetiger Verbesserungen bisher nicht an die Siliziummodule heran. Während selbst die einfachen multikristallinen Module derzeit im Durchschnitt 15,4 % des Sonnenlichts in Strom umwandeln, erreichen industriell gefertigte Dünnschichtpaneele nur 13 bis 14 % Effizienz. | 3 |
| | Bei den Investoren blieb die Dünnschicht deshalb oft nur zweite Wahl: Ihr Anteil an den globalen Installationen schrumpfte zwischen 2009 und 2013 von 18 auf zehn Prozent, während der Marktanteil der multikristallinen Module auf mehr als 60 Prozent kletterte. | Bei den Investoren blieb die Dünnschicht deshalb oft nur zweite Wahl: Ihr Anteil an den globalen Installationen schrumpfte zwischen 2009 und 2013 von 18 auf 10 %, während der Marktanteil der multikristallinen Module auf mehr als 60 % kletterte. | |
| 6 | Mittlerweile rechnen sich die Dünnschichthersteller aber wieder bessere Chancen aus. Die Photovoltaik-Nachfrage zieht an, | Mittlerweile rechnen sich die Dünnschichthersteller aber wieder bessere Chancen aus. Die Nachfrage zieht an, | 4 |
| | Überkapazitäten verschwinden, einige chinesische Hersteller haben ihre Preise zuletzt sogar wieder erhöht. GTM Research berichtet, seit Ende 2013 sei in die USA ausgelieferte Chinaware um bis zu 20 Prozent teurer geworden. | Überkapazitäten verschwinden, einige chinesische Hersteller haben ihre Preise zuletzt sogar wieder erhöht. GTM Research berichtet, seit Ende 2013 sei in die USA ausgelieferte Ware aus China um bis zu 20 % teurer geworden. | |
| | „Preisreduktionen bei den Siliziummodulen haben aufgehört, weil ihre Herstellung sonst unprofitabel werden würde“, erklärt Holzapfel. Bei den CdTe-Modulen gebe es hingegen noch viel Luft für Innovationen. | „Preisreduktionen bei den Siliziummodulen haben aufgehört, weil ihre Herstellung sonst unprofitabel werden würde“, erklärt Holzapfel. Bei den CdTe-Modulen gebe es hingegen noch viel Luft für Innovationen. | |
| | „Wir wollen den Wirkungsgrad bis 2017 von derzeit 12,2 auf 16 bis 17 Prozent steigern und halten Produktionskosten von 0,35 Dollar für realistisch“, kündigt der Calyxo-Chef an. | Er kündigt an: „Wir wollen den Wirkungsgrad bis 2017 von derzeit 12,2 auf 16 bis 17 % steigern und halten Produktionskosten von 0,35 Dollar pro Watt für realistisch“. | |
| | Vorbild First Solar | | |
| 7 | Der Optimismus der Ostdeutschen gründet sich vor allem auf die ehrgeizigen Ankündigungen des CdTe-Vorreiters First Solar. Die Amerikaner stellten im März neue Ausbau- und Innovationspläne vor, die ihren Aktienkurs unmittelbar in die Höhe schnellen ließen. Bis 2018 will First Solar seine Produktionskapazität von aktuell 1,9 auf 3,5 Gigawatt fast verdoppeln. Skaleneffekte durch die größeren Produktionsmengen sowie die Erhöhung des Wirkungsgrads von 13,2 auf 17,2 Prozent bis 2017 sollen die Produktionskosten der CdTe-Module „erheblich senken“, heißt es bei First Solar. | Der Optimismus der Ostdeutschen gründet sich vor allem auf die ehrgeizigen Ankündigungen des CdTe-Vorreiters First Solar. Die Amerikaner stellten im März neue Ausbau- und Innovationspläne vor, die ihren Aktienkurs unmittelbar in die Höhe schnellen ließen. Bis 2018 will First Solar seine Produktionskapazität von aktuell 1,9 auf 3,5 GW fast verdoppeln. Skaleneffekte durch die größeren Produktionsmengen sowie die Erhöhung des Wirkungsgrads von 13,2 auf 17,2 % bis 2017 sollen die Produktionskosten der CdTe-Module „erheblich senken“, heißt es bei First Solar. | 5 |

| Abs | Neue Energie (5 / 2014) | Elektropraktiker (7 / 2014) | Abs |
|-----|--|--|-----|
| | | Auf der Intersolar in München, bekräftigte das Unternehmen im Juni sogar wieder stärkere Ambitionen in Europa. Es gründete in der Türkei jüngst eine neue Vertriebsniederlassung und sieht dort sowie in Israel und Großbritannien nach eigenen Angaben gute Wachstumschancen. | |
| 8 | Seinen größten Absatzmarkt sieht das Unternehmen quasi vor der eigenen Haustür. Festgeschriebene Zielvorgaben der US-Bundesstaaten für erneuerbare Energien, die sogenannten Renewable Portfolio Standards, zwingen die amerikanischen Energieversorger, ihren Grünstromanteil teils deutlich zu steigern. Dafür bieten sich im sonnenreichen Südwesten der USA vor allem große Solarkraftwerke an. Sie können die Kilowattstunde bereits für weniger als acht Cent produzieren — günstiger als konventionelle Kohle- und Gaskraftwerke. | Seinen größten Absatzmarkt sieht das Unternehmen quasi vor der eigenen Haustür. Festgeschriebene Zielvorgaben der US-Bundesstaaten für erneuerbare Energien, die sogenannten Renewable Portfolio Standards, zwingen die amerikanischen Energieversorger, ihren Grünstromanteil teils deutlich zu steigern. Dafür bieten sich im sonnenreichen Südwesten der USA vor allem große Solarkraftwerke an. Sie können die Kilowattstunde bereits für weniger als acht Cent produzieren — günstiger als konventionelle Kohle- und Gaskraftwerke. | 6 |
| 9 | Auch die Hersteller von Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (Cigs) erwarten deutlich steigende Absatzzahlen. | Auch die Hersteller von Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (CIGS) erwarten deutlich steigende Absatzzahlen. | 7 |
| | Solar Frontier, Tochter des japanischen Showa Shell-Konzerns, erklärt, sie habe ihre Cigs-Fabrik im südjapanischen Kunitomi mit 900 MW Produktionsleistung dank der starken Nachfrage im Land das ganze vorige Jahr über voll auslasten können. Nun plant Solar Frontier eine weitere 150-MW-Fabrik in Nordjapan. In Taiwan wiederum will die Taiwan Semiconductor Company (TSMC) ein Gigawatt Cigs-Produktionskapazität aufbauen. | Solar Frontier, Tochter des japanischen Showa Shell-Konzerns, erklärt, es habe seine CIGS-Fabrik im südjapanischen Kunitomi mit 900 MW Produktionsleistung dank der starken Nachfrage im Land das ganze vorige Jahr über voll auslasten können. Nun plant Solar Frontier eine weitere 150-MW-Fabrik in Nordjapan. In Taiwan wiederum will die Taiwan Semiconductor Company (TSMC) 1 GW CIGS-Produktionskapazität aufbauen. Solar Frontier und TSMC präsentierten ihre gesamte Modulpalette auf der Intersolar — ein Zeichen dafür, dass sie mit ihrer jungen Technik selbst auf dem hart umkämpften europäischen Markt angreifen wollen. | |
| | Die koreanische Samsung kündigte für 2014 ein neues 200-MW-Werk an, das 2015 ebenfalls auf ein Gigawatt erweitert werden soll. | Die koreanische Samsung kündigte für 2014 ein neues 200-MW-Werk an, das 2015 ebenfalls auf 1 GW erweitert werden soll. | |
| | Der chinesische Energiekonzern Hanergy will sogar 5,25 Gigawatt neue Cigs-Kapazitäten errichten. | Der chinesische Energiekonzern Hanergy will sogar 5,25 GW neue CIGS-Kapazitäten errichten. | |
| 10 | Bernhard Dimmler, Dünnschichtexperte beim schwäbischen Maschinenbauer Manz sieht für die Expansionspläne der Unternehmen gute Gründe: | Bernhard Dimmler, Dünnschichtexperte beim Maschinenbauer Manz, sieht für die Expansionspläne der Unternehmen gute Gründe: | 8 |
| | „Cigs hat großes Potenzial.“ Dimmler verweist auf die „CIGS fab“, eine schlüsselfertige Turnkey-Produktionslinie, die Manz seit 2010 anbietet. Die 150-MW-Standardfabrik ermögliche inzwischen Module mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 14 Prozent und Produktionskosten von 0,41 Euro, also | „CIGS hat großes Potential.“ Dimmler verweist auf die „CIGSfab“, eine schlüsselfertige Produktionslinie, die Manz seit 2010 anbietet. Die 150-MW-Standardfabrik ermögliche inzwischen Module mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 14 % und Produktionskosten von 0,41 Euro, also aktuell | |

| Abs | Neue Energie (5 / 2014) | Elektropraktiker (7 / 2014) | Abs |
|-----|--|---|-----|
| | aktuell 0,57 Dollar pro Watt. Bis 2017 will Manz die CIGS fab so optimieren, dass sie Module mit bis zu 17 Prozent Effizienz hervorbringt und die Fertigungskosten um weitere fünf Prozent sinken. „Damit wären wir mehr als auf Augenhöhe mit den kristallinen Herstellern“, sagt Dimmler. | 0,57 Dollar pro Watt. Bis 2017 will Manz die CIGSfab so optimieren, dass sie Module mit bis zu 17 % Effizienz hervorbringt und die Fertigungskosten um mindestens weitere 10 % sinken. „Damit wären wir mehr als auf Augenhöhe mit den kristallinen Herstellern“, sagt Dimmler. | |
| | | Mit Vorsicht genießen | |
| 11 | Marktbeobachter glauben jedoch, dass die Aufholjagd der Dünnschicht schwieriger werden könnte, als ihre Protagonisten annehmen. „Man muss ihre optimistische Einschätzung mit Vorsicht genießen. Das Rennen mit der Konkurrenz aus kristallinem Silizium ist noch lange nicht gelaufen“, sagt der Analyst Johannes Bernreuter von Bernreuter Research. Solarexperte Stefan de Haan von der Marktforschungsfirma IHS teilt diese Einschätzung: „Mittelfristig hat Cigs schon das Potenzial, zur kristallinen Technologie aufzuschließen, aber ob es letztlich gelingen wird, ist nicht klar.“ | Marktbeobachter glauben jedoch, dass die Aufholjagd der Dünnschicht schwieriger werden könnte als ihre Protagonisten annehmen. „Man muss ihre optimistische Einschätzung mit Vorsicht genießen. Das Rennen mit der Konkurrenz aus kristallinem Silizium ist noch lange nicht gelaufen“, sagt der Analyst Johannes Bernreuter von Bernreuter Research. Solarexperte Stefan de Haan von der Marktforschungsfirma IHS teilt diese Einschätzung: „Mittelfristig hat CIGS schon das Potential, zur kristallinen Technologie aufzuschließen, aber ob es letztlich gelingen wird, ist nicht klar.“ | 9 |
| | Nachteile der Dünnschicht | | |
| 12 | Das größte Problem sieht de Haan in der fehlenden „kritischen Masse“ der Dünnschichthersteller. Derzeit gebe es weltweit über 60 Gigawatt Produktionskapazität für kristalline Siliziummodule. | Das größte Problem sieht de Haan in der fehlenden „kritischen Masse“ der Dünnschichthersteller. Derzeit gebe es weltweit über 60 GW Produktionskapazität für kristalline Siliziummodule. | 10 |
| | Die großen Hersteller könnten auf schlüsselfertiges Fertigungsequipment zurückgreifen und einen Teil ihrer Kosten für Forschung und Entwicklung auf die Anlagenbauer abwälzen, so de Haan. Die Dünnschichthersteller seien dazu nur bedingt in der Lage. Sie müssten ihre jeweilige Technologie komplett hausintern weiterentwickeln, dabei in einem stark wachsenden Markt ihre Anteile behaupten und gleichzeitig einen Kostenrückstand in einen Vorsprung verwandeln. „Dünnschicht muss besser sein als kristallin, sonst wird sich der Mainstream durchsetzen“, so de Haan. | Die großen Hersteller könnten auf schlüsselfertiges Fertigungsequipment zurückgreifen und einen Teil ihrer Kosten für Forschung und Entwicklung auf die Anlagenbauer abwälzen, so de Haan. Die Dünnschichthersteller seien dazu nur bedingt in der Lage. Sie müssten ihre jeweilige Technik komplett hausintern weiterentwickeln, dabei in einem stark wachsenden Markt ihre Anteile behaupten und gleichzeitig einen Kostenrückstand in einen -Vorsprung verwandeln. „Dünnschicht muss besser sein als kristallin, sonst wird sich der Mainstream durchsetzen“, so de Haan. | |
| 13 | Dass auch die kristallinen Hersteller auf schnelle technische Fortschritte erpicht sind, macht die Sache für die Dünnschicht nicht leichter. So meldeten Kyocera aus Japan und Ja Solar aus China im Februar, multikristalline Rekordzellen mit 18,6 und 19 Prozent Wirkungsgrad produziert zu haben. Auf Modulebene ermöglichen die neuen Zellen jeweils mehr als 16 Prozent Effizienz. | Dass auch die kristallinen Hersteller auf schnelle technische Fortschritte erpicht sind, macht die Sache für die Dünnschicht nicht leichter. So meldeten Kyocera aus Japan und Ja Solar aus China im Februar, multikristalline Rekordzellen mit 18,6 und 19 % Wirkungsgrad produziert zu haben. Auf Modulebene ermöglichen die neuen Zellen jeweils mehr als 16 % Effizienz. | 11 |
| | Im Sommer wollen beide Konzerne mit ihrer kommerziellen Fertigung beginnen. In der im März vorgestellten Neuauflage der International | Im Sommer wollen beide Konzerne mit ihrer kommerziellen Fertigung beginnen. In der im März vorgestellten Neuauflage der International | |

| Abs | Neue Energie (5 / 2014) | Elektropraktiker (7 / 2014) | Abs |
|-----|---|--|-----|
| | Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) skizzieren die Produzenten kristalliner Zellen und Module Ansätze für weitere Wirkungsgradsteigerungen. Demnach könnten etwa höhere Kristallqualitäten, optimierte Elektrodenprozesse sowie bessere ladungsträgerleitende Emitter- und Barrierschichten dafür sorgen, dass einfallendes Licht noch effizienter ausgenutzt wird. | Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) skizzieren die Produzenten kristalliner Zellen und Module Ansätze für weitere Wirkungsgradsteigerungen. Demnach könnten etwa höhere Kristallqualitäten, optimierte Elektrodenprozesse sowie bessere ladungsträgerleitende Emitter- und Barrierschichten dafür sorgen, dass einfallendes Licht noch effizienter ausgenutzt wird. | |
| 14 | Gleichzeitig rechnen die kristallinen Hersteller mit weiter sinkenden Produktionskosten. Sie ergeben sich einerseits aus Materialersparnissen, die aus den steigenden Effizienzen resultieren. Andererseits wird die Produktion günstiger, weil dank neuer Verfahren beispielsweise Schnittverluste bei der Herstellung der Siliziumscheiben (Wafer) reduziert werden oder sensiblere Prozesse die Verarbeitung immer dünnerer Wafer und Kontaktfinger erlauben. | Gleichzeitig rechnen die kristallinen Hersteller mit weiter sinkenden Produktionskosten. Sie ergeben sich einerseits aus Materialersparnissen, die aus den steigenden Effizienzen resultieren. Andererseits wird die Produktion günstiger, weil dank neuer Verfahren beispielsweise Schnittverluste bei der Herstellung der Wafer reduziert werden oder sensiblere Prozesse die Verarbeitung immer dünnerer Wafer und Kontaktfinger erlauben. | 12 |
| 15 | Klaus Lips, Dünnschichtforscher am Helmholtz-Zentrum Berlin, sieht die unbegrenzte Verfügbarkeit des Rohstoffs Silizium als weiteren Vorteil der kristallinen Hersteller an. Im Gegensatz dazu seien Indium und Tellur, wesentliche Bestandteile der Dünnschichtmodule, knapp. „Wenn die Dünnschicht einen hohen Marktanteil anstrebt, müssen diese Elemente durch besser verfügbare ersetzt werden“, sagt Lips. In Frage kämen etwa Kesterit, eine halbleitende Verbindung aus Kupfer, Zink, Zinn und Schwefel, oder Perowskit. Darunter verstehen die Forscher alle Materialien, die dieselbe Kristallstruktur aufweisen wie das Mineral Kalziumtitanat (neue energie 02/2014). | Prof. Dr. Klaus Lips, Dünnschichtforscher am Helmholtz-Zentrum Berlin, sieht die unbegrenzte Verfügbarkeit des Rohstoffs Silizium als weiteren Vorteil der kristallinen Hersteller an. Im Gegensatz dazu seien Indium und Tellur, wesentliche Bestandteile der Dünnschichtmodule, knapp. „Wenn die Dünnschicht einen hohen Marktanteil anstrebt, müssen diese Elemente durch besser verfügbare ersetzt werden“, sagt Lips. In Frage kämen etwa Kesterit, eine halbleitende Verbindung aus Kupfer, Zink, Zinn und Schwefel, oder Perowskit. Darunter verstehen die Forscher alle Materialien, die dieselbe Kristallstruktur aufweisen wie das Mineral Kalziumtitanat. | 13 |
| | Bis zur Marktreife von Zellen aus diesen Materialien sei aber noch viel Forschung nötig, sagt Lips. „Wir stehen hier erst am Anfang.“ An den Kräfteverhältnissen im Photovoltaikmarkt dürfte sich vorerst wenig ändern. | Bis zur Marktreife von Zellen aus diesen Materialien sei aber noch viel Forschung nötig, sagt Lips. „Wir stehen hier erst am Anfang.“ An den Kräfteverhältnissen im Photovoltaikmarkt dürfte sich vorerst wenig ändern. | |
| | Der Reiz der Dünnschicht | Der Reiz der dünnen Schicht | |
| | Seit den 70er Jahren entwickeln Forscher Dünnschichtszellzellen, die mit nur wenigen Atomlagen Absorbermaterial wirkungsvoll saubere Elektrizität erzeugen können. Zwei Halbleiter haben sich bisher als marktfähig herausgestellt: Cadmium-Tellurid und Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid. Beide werden hauchdünn auf Glas oder Folie aufgetragen. Neben der thermischen Verdampfung ist die Sputterdeposition die verbreitetste | Seit den 70er Jahren entwickeln Forscher Dünnschichtszellzellen, die mit nur wenigen Atomlagen Absorbermaterial wirkungsvoll saubere Elektrizität erzeugen können. Zwei Halbleiter haben sich bisher als marktfähig herausgestellt: Cadmium-Tellurid und Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid. Beide werden hauchdünn auf Glas oder Folie aufgetragen. Neben der thermischen Verdampfung ist die Sputterdeposition die verbreitetste | |

| Abs | Neue Energie (5 / 2014) | Elektropraktiker (7 / 2014) | Abs |
|-----|---|--|-----|
| | <p>Beschichtungsmethode. Hierbei wird das Ausgangsmaterial durch eine elektrische Heizung so lange erhitzt, bis ein Materialdampf entsteht, der auf dem Substrat zu einer Schicht kondensiert. Die Verdampfung läuft wie das Sputtern in geschützter Atmosphäre im Vakuum ab, um den Halbleiter nicht mit schädlichen Fremdkörpern zu verunreinigen. Ergebnis dieser Prozesse sind photoaktive Schichten, die dünner sind als ein menschliches Haar. Die Hersteller erhoffen sich davon niedrigste Produktionskosten.</p> | <p>Beschichtungsmethode. Hierbei wird das Ausgangsmaterial durch eine elektrische Heizung solange erhitzt, bis ein Materialdampf entsteht, der auf dem Substrat zu einer Schicht kondensiert. Die Verdampfung läuft wie das Sputtern in geschützter Atmosphäre im Vakuum ab, um den Halbleiter nicht mit schädlichen Fremdkörpern zu verunreinigen. Ergebnis dieser Prozesse sind photoaktive Schichten, die dünner sind als ein menschliches Haar. Die Hersteller erhoffen sich davon niedrigste Produktionskosten.</p> | |