

Die Sonne scheint überall

Erfolgsfaktoren im weltweiten Photovoltaik-Markt

Darren Brown, Alternative Energy Business Development Manager, DEK

Der stetig steigende Druck zur Nutzung erneuerbarer Energie forciert weltweit den Verkauf von Solarmodulen. Dieses Marktumfeld bietet den etablierten Herstellern optimale Wachstumschancen und neue Anbieter nutzen die günstige Gelegenheit zum Markteintritt. Produktionseinrichtungen und Herstellungstechnologien sind im Wandel begriffen. Ziel ist die Produktion leistungsfähigerer, hochwertiger Produkte in großen Stückzahlen.

Marktsituation: Produktionskapazität und Gelegenheit

Die Nachfrage nach Solarmodulen übersteigt die derzeitige Produktionskapazität. Dafür gibt es mehrere Ursachen: Wirksame staatliche Förderprogramme für erneuerbare Energien ermutigen nicht wenige Hauseigentümer, Anlagen zu installieren, die einen bestimmten Anteil am Energiebedarf des Hauses decken. Eine weitere Ursache liegt darin, dass sich inzwischen viele bekannte Unternehmen dem Gedanken der Nachhaltigkeit verpflichtet sehen. Dort, wo die Voraussetzungen zur Installation großer Photovoltaikanlagen gegeben sind, z. B. auf Supermarktdächern, können die Unternehmen einen beträchtlichen Teil ihres Energiebedarfs aus erneuerbaren Quellen decken.

Die Produktionskapazität ist jedoch am Wachsen. Das Fachmagazin Semiconductor International hat kürzlich über einige neue Projekte berichtet. Dazu gehören die Erweiterung der Produktionskapazität des Herstellers QS Solar in Shanghai auf 75 MW, sowie die Planung eines neuen Produktionswerkes von Schott Solar in Santa Fe, New Mexico mit einer Produktionsleistung von 64 MW. Da der weltweite Bedarf an Solarmodulen in »Watt« quantifiziert wird, gehen Produktionsplaner dazu über, die Kapazität ihrer Anlagen entsprechend dem angestrebten Marktanteil zu definieren. Unternehmen können dann die, ihrem Wachstum entsprechende, Kapazität später zukaufen. Dieser Ansatz er-

leichtert vor allem die Planungen junger Start-up Unternehmen.

In der Tat sind die Markteintrittsbarrieren für neue Unternehmen in diesem Industriesegment zur Zeit sehr niedrig. Die Technologie für Solarzellen oder Photovoltaikmodule ist relativ unkompliziert und unschwer zu produzieren. Die Produktionseinrichtungen können fast wie vorkonfektionierte Linien - entsprechend der erforderlichen Kapazität - geplant und installiert werden. Somit sind sehr unterschiedliche Industrien in der Lage, Produktionslinien zu installieren und zu betreiben, wenn sie über ausreichend Produktionsfläche, ein geeignetes Management sowie logistische Kompetenz verfügen.

Hersteller in Schwellenländern profitieren besonders von der Marktsituation. In Indien und China wächst die Kapazität schneller als in anderen Regionen. Deutschland hat beispielsweise derzeit die größte Produktionskapazität für Solarzellen, die Wachstumsrate ist jedoch geringer als in Asien. Zur Zeit produzieren alleine in China schätzungsweise 50 Unternehmen (einheimische Firmen und ausländische Investoren) Solarzellen.

Herstellungstechnologien für Solarzellen

Gegenwärtig existieren zwei Verfahren zur Herstellung von Solarzellen. Die Herstellung auf Basis von Silizium-Substraten stellt derzeit über 90% der weltweiten Produktion. Bei diesem Dickschicht-Verfahren wird auf der Oberseite des Substrats ein Array dün-

ner, kammartiger Stromkollektoren aufgebracht. Auf der Unterseite wird eine ganzflächige Metallisierungsebene aus Aluminium aufgebracht. Eine Reihe breiterer Sammelschienen auf der Oberseite dient der elektrischen Verbindung der einzelnen Stromkollektoren. Die Sammelschienen werden typischerweise als ca. 2 mm breite, silberbasierte Verbundstoffe aufgebracht. Nach diesem Verfahren werden die Solarzellen durch sequenziell ablaufende Prozessschritte hergestellt. Jeder Einzelschritt kann, unter Verwendung der neuesten Produktionseinrichtungen, relativ einfach implementiert und geregelt werden.

Als relativ junge Alternative ist die Dünnschichttechnologie als Produktionstechnologie verfügbar. Statt als Substrat ausschließlich Silizium zu verwenden, ist es hierbei möglich, auch Substrate auf der Basis von Polymerfolien, Stahl oder Glas zu verwenden. Das eröffnet völlig neue Anwendungsmöglichkeiten. So kann die Energiegewinnung direkt in Fenster und andere Flächen bei Bürogebäuden, Lagern etc. integriert werden.

Der Siebdruck bildet das Rückgrat der Solarzellen-Produktion. Die Maschinen und Prozesse sind äußerst robust. Moderne High-End Drucker beherrschen die Anforderungen an Genauigkeit und Wiederholbarkeit bei der Produktion von Solarzellen mit hoher Ausbeute. Die typische Anforderung an die Linienbreite bei der Aufbringung der Kammstruktur auf die Siliziumsubstrate beträgt 100 µm. Einige Anbieter von Siebdrucklösungen erreichen wesentlich höhere Genauigkeiten. DEK beispielsweise blickt auf eine langjährige Erfolgsgeschichte in der Halbleiter-Packaging Industrie zurück. Mit ihren hochentwickelten Siebdruckern werden Anschlüsse für Chipscale-Packages produziert. Andererseits eignen sich Siebdrucker auch besonders für die Produktion re-

lativ dicker Schichten bei hohen Durchsatzgeschwindigkeiten.

Siebdruck bietet auch Vorteile bei der Herstellung von Dünnschicht-Solarzellen. Beispielsweise erfordern einige neuartige Technologien zur Steigerung des Wirkungsgrades sehr komplizierte Auftragsstrukturen, um gleichzeitig verschiedene Zellentypen auf einem einzigen Substrat zu generieren. Dadurch wird das Array als Ganzes empfindlich für einen größeren Wellenlängenbereich und kann so mehr Energie aus dem einfallenden Licht umwandeln. Mittels Schablonendruck kann Material in sehr komplexe Formen aufgetragen werden, um diese Multizellen-Arrays zu produzieren - und das zu geringeren Kosten als bei anderen Prozessen wie z. B. Aufdampfen oder Jetting.

Bei jeder industriellen Präzisionsanwendung der Siebdrucktechnologie sind präzises Design und hochgenaue Fertigung der Schablonen und Emulsionssiebe unverzichtbare Voraussetzungen. Die Solarzellen-Produktion bildet da keine Ausnahme. Als Herstellungsverfahren eignen sich das Laserschneiden oder die Galvanoformung bei Metallschablonen. Bei Emulsionssieben wird die erforderliche Struktur durch Präzisionsätzen in das beschichtete, feinmaschige Siebgitter übertragen. Diese Präzisions-tools sind der Schlüssel zur Produktion feinsten Strukturdetails, dicker Auftragschichten oder komplexer Pattern in einem einzigen Prozessschritt - bei kontinuierlich hohem Durchsatz.

Die Nachfrage der Verbraucher nach Solarmodulen steigt beständig an. Es ist zu erwarten, dass die Anforderungen der Photovoltaik-Industrie in Bezug auf Auflösung, Wiederholgenauigkeit, Flexibilität und High-Speed-Durchsatz schneller wachsen, als je zuvor. Die Produzenten müssen mehr und mehr darauf achten, dass ihre Lieferanten fähig sind, Lösungen anzubieten, die nicht nur die aktuellen Anforderungen erfüllen, sondern sie dabei unterstützen, ihre Produktionskapazität schnell und einfach an die rasante Marktentwicklung anzupassen.

Schlüsselfertige Produktionslinie

Eine typische Produktionslinie für Solarzellen umfasst Druck- und Trocknungs-Prozessschritte, um die Unterseiten-Metallisierung, die Sammel-

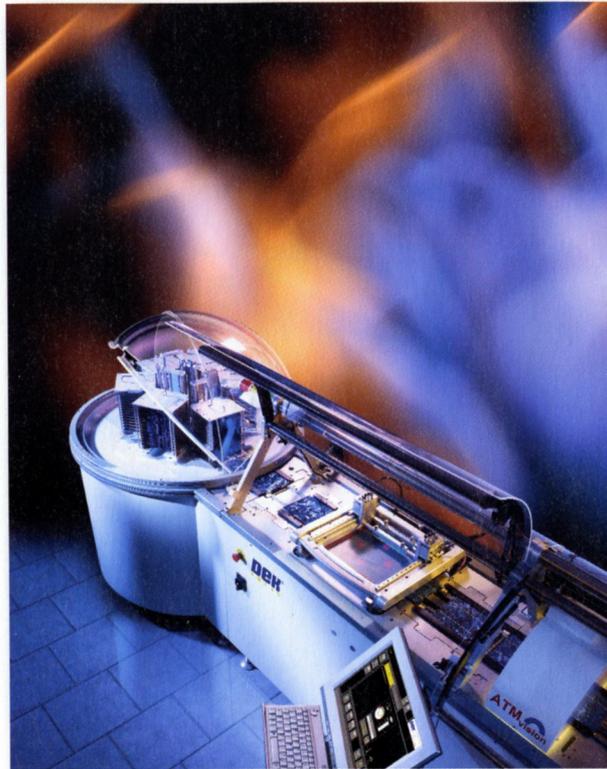


Bild 1: Blick auf die Solar Line v3

schienen sowie die kammartigen Stromkollektoren zu erzeugen. Nach der letzten Druckstufe wird das aufgedruckte Kontaktmaterial im Feuerofen in den Wafer eingebrannt. Am Anfang der Linie befindet sich ein Kassettenspeicher, der die unbedruckten Wafer in den ersten Drucker transportiert. Zu den nachfolgenden Handlingsstufen

gehört eine automatische Wendestation, die das Bedrucken der Wafer auf beiden Seiten ermöglicht. Am Ende der Linie stapelt die Entladestation die fertigen Solarzellen in ein Magazin ein. Die Skizze veranschaulicht das verwendete Equipment und die Prozessabfolge.

Das Einrichten einer Photovoltaik-Fertigung ist kaum schwieriger als die Beschaffung und Installation der Produktionslinie. Sie kann als standardisierte, schlüsselfertige und ab Lager lieferbare Einheit eingekauft werden. Eine moderne Produktionslinie ist für eine Produktionsleistung von ca. 1200 Einheiten pro Stunde ausgelegt und lässt sich einfach mit anderen Produktions-

segmenten synchronisieren. Die vorhersagbar zuverlässige Linienleistung ermöglicht es dem Betreiber, die Produktionsleistung so anzupassen, dass die gewünschte Gesamtkapazität (in MW) erreicht wird. Siebdruck-Prozesse, die auf der bewährten Inline-Technologie von DEK beruhen, sind unter der Verwendung kostengünstiger Ma-

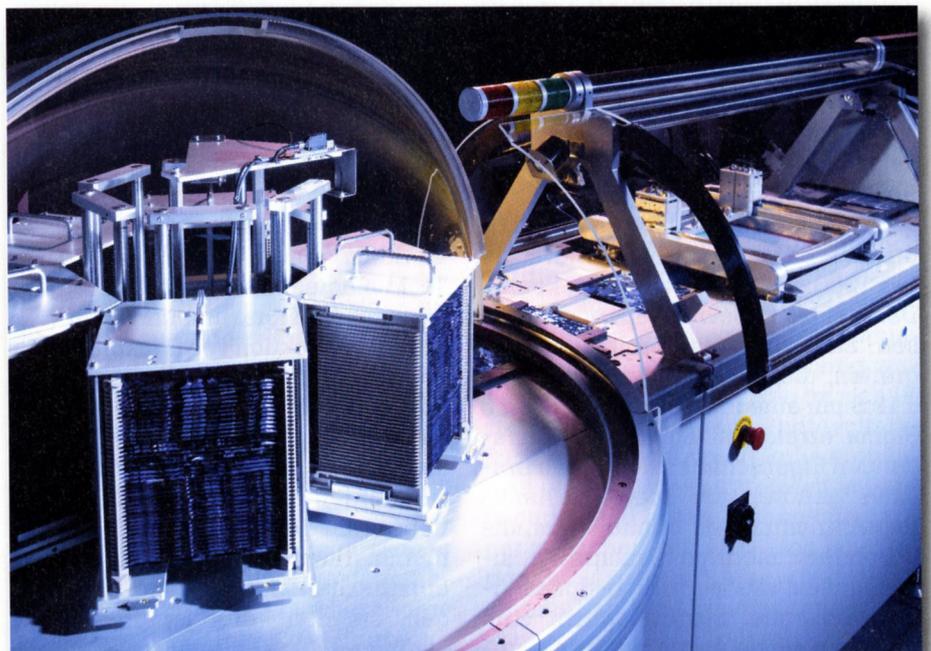


Bild 2: Ausschnitt mit Blick auf Printer und Stacker



Bild 3: Produktionslinie PVP 1200 für die Metallisierung von Photovoltaik-Wafern

schinen einfach zu reproduzieren.

Das Unternehmen bietet eine Produktionslinie als Komplettlösung für die Metallisierung von Photovoltaik-Wafern auf der Basis von Silizium-Substrat an. Hier verbinden sich neue automatisierte Handhabungstechnologien für Silizium-Photovoltaik-Substrate mit DEK's Erfahrung im Bereich des Präzisionssiebdrucks für High-Volume Anwendungen sowie der Trocknungs- und Einbrenn-Technologie von BTU. Diese Metallisierungslinie erreicht problemlos die Referenzmarke von 1200 Einheiten pro Stunde und lässt sich damit problemlos in ergänzende Prozesse eingliedern, um eine vollständige Produktion von Photovoltaik-Zellen aufzubauen.

Die neue, schlüsselfertige Produktionslinie basiert auf dem Siebdrucker PVP1200. Bei der Entwicklung konnte DEK auf seine bewährten, hochpräzisen Siebdruck-Plattformen zurückgreifen, die bei einer Auflösung von $\pm 12,5 \mu\text{m}$ eine Prozessfähigkeit von 6 Sigma erreichen. Zu den herausragenden Eigenschaften des neuen Druckers gehören die spezielle Handlungseinrichtung für dünne Wafer, die besonders niedrige Bruchraten sicherstellen, sowie die High-Speed Vision-Kontrolle. Sie ermöglicht eine berührungsfreie Ausrichtung des Substrats bezüglich aller vier Kanten.

Die Produktionslinie lässt sich als

schlüsselfertige Lösung beschaffen und in Betrieb nehmen. Dadurch ist es für nahezu jeden Produktionsbetrieb relativ einfach, den Markt zu beurteilen, potenzielle Absatzchancen einzuschätzen und die benötigte Produktionskapazität zu installieren.

Für den künftigen Bedarf höherer Linienleistungen stehen bereits jetzt einige Technologien zur Durchsatzsteigerung zur Verfügung. Dazu zählt z. B. der Dual-Lane Druck für das parallele Drucken in zwei Spuren. Diese Technologie hat sich bereits bei der Produktion von SMD-Leiterplatten bewährt. Ein weiterer künftiger Ansatz ist die Vergrößerung der bedruckbaren Fläche beim Bedrucken von Dünnschicht-Solarzellen, so dass der Durchsatz je Druckzyklus wesentlich erhöht wird. Auch dieser Technologieansatz ist in anderen Bereichen längst Realität und sorgt z. B. bei der Produktion von Backplanes für Telekommunikations-Schaltschränke oder Internet-Server für den entsprechenden Durchsatz. Diese Beispiele zeigen, wie wichtig es ist, dass die Lieferanten für Photovoltaik-Produktionsmittel des sich stark entwickelnden Marktes für Photovoltaik über entsprechende Erfahrungen verfügen, um den künftigen Durchsatzsprung auf 2400 Einheiten pro Stunde und darüber hinaus voranbringen zu können.

Ein globales Netzwerk aus Designbüros und Fertigungsstätten für Siebe und Schablonen stellt die kurzfristige Lieferung hochwertiger Präzisionssiebe und Schablonen sicher. DEK verfügt über technischen Zentren in Singapur, Penang und Suzhou und ist der einzige Druckerhersteller, der dieses Schlüsselzubehör aus eigener Fertigung anbieten kann. Damit benötigt der Kunde nur einen Ansprechpartner und erhält den Support für alle Aspekte und Prozesse aus einer Hand. Das Unternehmen produziert die Emulsionssiebe in Reinräumen der Klasse 10.000 im Werk in Großbritannien.

Technische Trends

Zu den wichtigsten technologischen Trends bei der Weiterentwicklung der Solarzellen gehört der Einsatz immer dünnerer Siliziumwafer. Die typische Dicke wurde aktuell von etwa 220 - 200 μm auf Werte von 180 - 150 μm reduziert. Dies ist teilweise verursacht durch die Verknappung des Ausgangsmaterials, die durch den weltweit stark steigenden Bedarf ausgelöst wurde. Ein weiterer Vorteil ist das verringerte Gesamtgewicht der Module, was unmittelbar zu vereinfachten Transporten und leichterem Installation führt. Die dünneren Wafer sind jedoch anfälliger für Beschädigungen während der Produktion. Ungeeignete Handlungseinrichtungen und Fixiermechanismen sind für den Hauptanteil des Ausbeuteverlustes durch Bruch verantwortlich. Optimierte Lösungen, wie die verbesserte Waferunterstützung und die automatische Vision-Zentrierung der PVP1200, werden unverzichtbar. Eine weitere Ursache für die Beschädigung von Wafern liegt in deren Verwölbung aufgrund thermischer Ausdehnung. Unterschiede in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten (C_{TE}) der Materialien, die auf die Ober- und Unterseite des Wafers aufgebracht werden, können zur Verwölbung und letztendlich zum Bruch des Wafers führen. Biegestressarme »low-bow« Verfahren wurden entwickelt, um die Gefahren zu bannen, die von fehlangepassten thermischen Ausdehnungskoeffizienten ausgehen. Sie erfordern eine besonders präzise Prozesskontrolle bei der Abstimmung der Druckprozesse auf der Ober- und Unterseite des Wafers.

Künftig sind auch Änderungen in der Prozessabfolge des Materialauf-

trags zu erwarten. Die bisherige, konventionelle Sequenz aus Drucken und Trocknen zur Herstellung der Sammelschienen und Stromkollektoren könnte beispielsweise durch die neue »Hot-melt« Technologie abgelöst werden. Bei diesem Prozess wird unter Zuhilfenahme einer Vorheizstufe bei erhöhter Temperatur flüssiges Metall aufgetragen. Anschließend erstarrt das Material durch natürliche Abkühlung. Es wird erwartet, dass dadurch die Trocknungsstufe eingespart werden und so der Durchsatz gesteigert werden kann.

Verbesserte Betriebsabläufe bei den Maschinen-Lieferanten

Das schnelle Wachstum bei der weltweiten Nachfrage nach Solarzellen bedeutet auch neue, logistische Herausforderungen für die Hersteller. Der technische Support durch die Lieferanten der Produktionsausrüstung spielt dabei eine Schlüsselrolle. Die Produktion von Solarzellen stellte lange Zeit einen Nischenmarkt mit relativ geringen Stückzahlen dar. Die Unternehmensstruktur der meisten Lieferanten der Produktionsmaschinen ist entsprechend organisiert. Das hat zur Folge, dass die Wartungs-, Service- und Prozess-Support-Abteilungen meist nicht darauf ausgerichtet sind, eine Vielzahl von Kunden mit Produktionsstätten in aller Welt angemessen zu unterstützen. Darüber hinaus sind Konstruktionsabteilungen gehalten, Produktionskonzepte und Fertigungskapazitäten an den beschleunigten Nachfrageanstieg anzupassen.

Die wesentliche Ursache ist darin zu suchen, dass für die Solarzellenproduktion meist maßgeschneiderte Anlagen eingesetzt wurden, die auftragsspezifisch produziert wurden. Im Rahmen des Übergangs zu einem weltweiten »High-Volume«-Markt müssen die Anbieter der Produktionsmaschinen andere Ansätze verfolgen, um im Markt erfolgreich zu sein. Dazu gehören ganz wesentlich moderne Maschinenkonzepte mit standardisierten Funktionsblöcken und modularen Montagekonzepten, um die Kundenanforderungen schneller und zu günstigeren Preisen erfüllen zu können. Während vor nicht allzu langer Zeit Lieferzeiten von ca. acht Monaten üblich waren, ist jetzt eine dramatische Verkürzung auf zwölf Wochen oder weniger die Regel.

Als Beispiel dafür, wie sich die Konstruktion der Maschinen von Grund auf ändert, um der fortschreitenden Revolution auf dem Markt für Solarzellenproduktion gerecht zu werden, sei hier die PVP1200 erwähnt. Sie basiert auf der all-

gemeinen Steuerungsplattform, die auch in den Bereichen SMD-Baugruppenfertigung und Halbleiter-Packaging zum Einsatz kommt. Neue Kundenaufträge können schnell und kostengünstig bedient werden. Fertigungsstätten existieren in Europa und China. Die lokalen Märkte können so schnell und effizient bedient werden. Hersteller von Photovoltaik-Modulen profitieren von verkürzten Maschinen-Lieferzeiten, höherer Qualität und Zuverlässigkeit, sowie optimaler Wartung und Ersatzteilverfügbarkeit.

DEK beliefert seit einiger Zeit erfolgreich den asiatischen Markt für Solarzellen-Produktion mit der Dickschicht-Druckerplattform, die von DEK-J in Japan produziert wird.

Einige etablierte Lieferanten der Photovoltaik-Industrie haben schon jetzt stark damit zu kämpfen, ihre vorhandene Kundenbasis zufrieden zu stellen. Um in der Zukunft erfolgreich agieren zu können, werden die Photovoltaik-Hersteller den Grad an Support und Aufmerksamkeit benötigen, den heute die Hersteller von PCs, Mobiltelefonen, Spielekonsolen, Telekommunikationsausrüstungen und anderer High-Volume Produkte genießen. Diese Märkte betreut DEK seit nunmehr über drei Jahrzehnten erfolgreich mit Siebdruck-Lösungen für die SMD-Baugruppenfertigung.

Die PVP1200-Druckmaschine und die PV1200-Produktionslinien zur Herstellung von Solarzellen werden durch das bewährte Kunden-Support-Netzwerk des Unternehmens betreut. Dieses weltweite Netzwerk unterstützt Kunden in allen Regionen vor Ort mit Know-how und Ersatzteilvervorratung. Dies gilt insbesondere auch für Asien. Über 120 Mitarbeiter bei DEK unterstützen die Kunden in China. Das hochmoderne Technolo-

Besuchen Sie uns vom 3. bis 5. Juni 2008 auf der SMT in Nürnberg, Stand 9-422

100 Jahre –

100 %

Höchstleistung für Ihren Erfolg

Fullservice bei Schablonen für SMD und BGA-Rework, Nachlasern von Pads, Blitz-Service, Online-Anfragen



Rostock Leiterplatten GmbH + Co. KG
Tel.: 03 81 / 7 76 40 - 0
Fax 03 81 / 7 76 40 - 10
www.straschu.de

giezentrum in Suzhou, sowie Büros und Service-Stützpunkte betreuen die Gebiete von »Greater China«. Die Infrastruktur des Support-Netzwerkes ist ausgelegt auf einen nonstop »24 Stunden, 7 Tage pro Woche«-Service für die Kunden und hat sich weltweit bewährt.

Ausblick: Zukunft strategisch gestalten

Die Photovoltaik hat sich stark entwickelt und ist erwachsen geworden. Wertvolle Beiträge hierzu kamen von den Förderprogrammen der Regierungen für die Endabnehmer sowie vom öffentlichen Druck auf die Unternehmen, in ihrer Energiepolitik dem Gedanken der Nachhaltigkeit stärker Rechnung zu tragen. Die Verkaufszahlen für Solarmodule sind stark im Steigen und für die Regionen Asien, Amerika, Europa und Afrika wird weiterhin eine beträchtliche Beschleunigung erwartet.

Diese Situation bietet Produzenten von Photovoltaik-Produkten eine außerordentliche Wachstumschance – etablierten Herstellern genauso wie Newcomern. Viele Lieferanten von Produktionsmaschinen sind jedoch auf die verstärkten technischen, logistischen und serviceorientierten Anforderungen, die die neue Marktsituation mit sich bringt, nicht richtig vorbereitet. Für Hersteller, die im sich im stark entwickelnden Photovoltaik-Business eine führende Rolle einnehmen wollen, ist es strategisch äußerst wichtig, sich einen Technologiepartner zu suchen, der über eine langjährige Erfolgsgeschichte sowie eine geeignete Support-Organisation verfügt.

www.dek.com