

Ungeliebte Slurry wird weiterhin gebraucht



Die Aufbereitung von Slurry ist ein aufwendiger Prozess. Das US-amerikanische Unternehmen CRS Reprocessing Services aus Kentucky ist einer von nur wenigen Anbietern weltweit.

Foto: CRS

Die aktuellen Trends in der Waferfertigung: Wissenschaft und Praxis befassen sich mit der Diamantdrahtsäge. Bei den Schleif- und Trennverfahren steht der Siliziumverbrauch nicht mehr im Fokus.

Am Kernprozess der Waferproduktion hat sich seit Beginn der industriellen PV-Fertigung nichts geändert. Drahtsägen zerlegen Bricks aus Silizium in einzelne Wafer. Sie benutzen dabei einen bis zu 400 km langen Metalldraht, der sich durch das spröde Silizium frisst. Genauer gesagt: Die eigentliche Arbeit des Trennens verrichtet die sogenannte Slurry – ein Gemisch aus Öl und Siliziumcarbid-Körnern. Das Verfahren ist nicht beliebt, aber in der industriellen Fertigung bislang ohne echte Alternative. Allein das Sägen mit dem Diamantdraht hat das Potenzial, in der Waferproduktion in Zukunft die Slurry überflüssig zu machen.

Ernstzunehmende Anläufe, das Slurry-Sägen loszuwerden, gab und gibt es nur wenige. Das Ziehverfahren EFG hat Schott aufgegeben. Furore machte vor gut zwei Jahren das amerikanische Unternehmen Silicon Genesis – kurz SiGen. Es präsentierte das „Poly-Max-Wafering“: Ein Ionenbeschleuniger nimmt eine Siliziumplatte in einer Vakuumkammer mit Wasserstoffprotonen unter Beschuss. Je nach Energie dringen die Protonen nun zwischen 50 und 150 µm in das Silizium ein und reichern sich in dieser Tiefe zu einer Schicht an – eine Sollbruchstelle. In einem zweiten Schritt lässt sich dann ein Wafer in der gewünschten Dicke abheben. Der Vorteil des Verfahrens liegt in der quasi 100-prozentigen Ausbeute des Siliziummaterials, Verschnitt fällt nicht an. Doch es hapert an der Umsetzung in großindustriellen Linien. „Ich kann nicht erkennen, dass das eine echte Alternative ist“, urteilt Hans-Joachim Möller, Professor an der TU Bergakademie in Freiberg. „Bislang ist es noch drei Mal so teuer wie das konventionelle Sägen. Die Frage ist auch, wie stabil der Prozess ist.“

Diamantdraht wirft Fragen auf

Neuer Hoffnungsträger der Waferindustrie ist die Diamantdrahtsäge, die beispielsweise der Schweizer Hersteller Meyer Burger jetzt in den Markt einführt.

Die Schweizer haben 2009 mit dem Kauf des amerikanischen Unternehmens Diamond Wire Materials Technology in Colorado die Grundlagen geschaffen, ihre starke Stellung auf dem Markt für Waferproduktions-Equipment auszubauen. Das Verfahren kommt ohne Slurry aus, die für die Trennung zuständigen Diamantsplitter sitzen fest auf dem Sägedraht. Das Sägen benötigt lediglich Wasser zur Kühlung.

Tatsächlich kann Meyer Burger mit dieser Technologie erste Erfolge verzeichnen. „Es gibt einige große Waferhersteller in Japan, die das einsetzen“, bestätigt Martin Kölbl, Leiter des Engineerings bei PV Silicon, einer Tochter der PV Crystalox Gruppe. Dabei spiele, so Kölbl, auch die Frage der Versorgungssicherheit eine Rolle, weil die Slurry fast zu 100 % aus China komme – offenbar für japanische Unternehmen eine bedenkliche Tatsache.

Ein großes Fragezeichen setzen Fertigungsexperten hinter die Oberflächenbeschaffenheit der Wafer nach dem Sägen mit dem Diamantdraht. Berichte aus der Branche, nach denen die Oberflächen der Wafer generell rauer ausfallen als die mit konventioneller Slurry-Technik gesägten Scheiben, kann Möller zwar nicht bestätigen, er weist aber auf widersprüchliche Aussagen hin. Das Spektrum reicht von „starken Schäden“ bis hin zu „geringerer Rauigkeit“, wie PV Crystalox-Mann Kölbl sie festgestellt haben will.

Auswirkungen ungeklärt

Möglicherweise liegt das an unterschiedlichen Ausgangsmaterialien. Die Berichte aus der Praxis deuten in eine bestimmte Richtung: Diamantdraht-gesägtes monokristallines Material zeigt die gleiche Oberflächenqualität wie beim Slurry-Sägen, multikristallines Material hingegen größere Oberflächenschäden. Klar ist, dass die Oberflächen, die mit einem Diamantdraht gesägt wurden, eine andere Struktur aufweisen – es sind eindeutig Rillen zu beobachten. Ob die Rauigkeit aber generell größer ausfällt, konnten bislang auch Möllers Versuche im Freiburger Technologiezentrum Halbleitermaterialien nicht belegen. Ein Zusammenhang mit der Kristallorientierung sei aber wahrscheinlich. Möller weist auch darauf hin, dass der Eingreifmechanismus bei der Diamantsägerei sich von dem beim konventionellen Verfahren unterscheidet. Das Eingreifen des Diamantdrahtes führe, so Möller, noch zu einem anderen Phänomen, wie neueste Versuche zeigen. Die Diamantdrahtsägerei verursacht in den unmittelbar betroffenen Regionen eine Phasenumwandlung. Unter dem hohen Druck, den der Draht ausübt, geht das Silizium in einen amorphen Zustand über. Diese Umwandlung und ihre Folgen harren noch der Aufklärung, denn, so Möller: „Man hat das bisher in diesem Zusammenhang noch nie beobachtet.“

Sowohl der Praktiker Kölbl wie auch der Wissenschaftler Möller sprechen davon, dass die Diamantdrahtsägen noch keineswegs optimal liefen. Drahtdicke, Kosten und Standzeit des Sägedrahtes entsprechen bislang nicht den Erfordernissen der Industrie. Vielleicht der wichtigste Einwand: Beide kritisieren,

dass der Sägespalt der Diamantdrahtsägen größer sei als beim Slurry-Verfahren. Der Siliziumverlust der Diamantdrahtsägerei sei also höher.

Kerfloss verliert an Bedeutung

Möglicherweise spielt das in Zukunft aber eine untergeordnete Rolle. Mit dem Ende der Siliziumknappheit vollzieht sich in der Waferprozessierung ein Paradigmenwechsel. „Nicht mehr allein der Siliziumverbrauch bei der Bearbeitung – der sogenannte Kerfloss – steht im Mittelpunkt der Investitionsentscheidung, sondern die Investitionskosten im Zusammenspiel mit den laufenden Kosten der Produktion“, beschreibt




Zaunsysteme Weyrauch

Zäune - Tore - Sicherheitstechnik

- Schlüsselfertige Einfriedung von Solarparks und Gewerbegrundstücken - **europaweit**
- Technische Beratung von der Planung bis zur Installation

Zaunsysteme Weyrauch
Kasseler Straße 38
98574 Schmalkalden
Deutschland

Telefon: +49 (0) 3683 601391
Fax: +49 (0) 3683 401113
E-Mail: info@zsw24.de
Internet: www.zsw24.de



**ASO
FSO**

Solarsicherung und Sicherungshalter

ASO: Schutz für Photovoltaiksysteme (PV) bis zu 1000 VDC
- DIN-Stromwerte von 1 – 30 A in Standardgröße 10,3 x 38 mm
- Passend für Sammelschienen, Inverter, Batterie-Lade-Controller
- Berührungssichere Sicherungshalter FSO

www.schurter.com/fuse_news_de

SCHURTER
ELECTRONIC COMPONENTS

Näher an der Sonne...



...mit Ihrem Handwerk und unserem Know-how.

Wir gehören zu den Branchenkennern der ersten Stunde und unterstützen Sie als Partner bei Ihren Photovoltaikprojekten. Zeigen Sie Ihren Kunden, was ihr Dach sonst noch auf der Pfanne hat.

Vom Carport bis zum Industriedach.

Angebot anfordern!
angebot@krannich-solar.com
Unter allen Anfragen verlosen wir
20 DVDs des Films „Die 4.Revolution“

krannich
Solar

Krannich Solar GmbH & Co. KG
Heimsheimer Str. 65/1 • 71263 Weil der Stadt • Deutschland
Tel. +49 7033 3042-0 • Fax + 49 7033 3042-222
www.krannich-solar.com

Wolfgang Schürgers die Sichtweise seiner Kunden. Er leitet als Geschäftsführer den Vertrieb bei der Arnold-Gruppe, die mit Schleif- und Trennmaschinen in der Photovoltaik-Branche unterwegs ist. Schürgers weiter: „Die Produktion muss mit hoher Verfügbarkeit laufen. Das bedeutet nicht nur eine stabile Prozesstechnik, sondern auch, dass die Wartungsanforderungen deutlich reduziert werden.“

Wie sehr jetzt die Betriebskosten über die eingesetzte Technik entscheiden, zeigt der Einsatz der Säge beim sogenannten „Croppen“. Das ist der Fachausdruck für das Entfernen der oberen und unteren Abschnitte eines Siliziumkristalls, weil diese Zonen mit Rückständen aus dem Schmelzprozess verunreinigt sind. Dieses Abtrennen besorgte bis vor einigen Jahren eine Außentrennsäge, die einer üblichen Kreissäge ähnelt und wie diese mit einem Sägeblatt ausgerüstet ist. Die Blattdicke betrug damals mehr als 3,5 mm. „Dann ging der Siliziumpreis in die Höhe“, erinnert sich Schürgers, „und die Kunden wollten nur noch Kerfloss-optimiert arbeiten, also mit einem möglichst dünnen Sägespalt. Letztlich führte das zum Ersatz der Außentrennsäge durch andere Trenntechnologien, wie zum Beispiel die Innenlochsäge.“ Diese Säge unterscheidet sich durch eine innen liegende Trennfläche von konventionellen Sägen. Sie besteht aus einer dünnen Metallscheibe, die wie ein Trommelfell auf einem Ring gespannt ist. Diese Scheibe hat in der Mitte ein kreisrundes Loch, die Innenkante bildet die mit Diamantsplittern besetzte Schneidfläche. Das rotierende Sägeblatt bewegt sich langsam durch das zentrisch angeordnete Werkstück, das so getrennt wird. Der Sägespalt beträgt dabei nur wenige Zehntelmillimeter – alles in allem aber eine aufwendige und teure Technik. „Bei hohen Siliziumpreisen allerdings war diese Säge durch die minimalen Sägespalte und dem damit geringen Siliziumverlust der üblichen Außentrennsäge überlegen“, sagt Schürgers.

Angebot und Nachfrage im Gleichgewicht

Zu einem Waferengpass wird es nach Ansicht der Schweizer Bank Sarasin & Cie nicht kommen. Die weltweiten Kapazitäten sollen danach Ende 2011 bei 15 GW stehen. Die relativ entspannte Preisentwicklung, so auch der Managing Director von Schott Solar Wafer GmbH, Patrick Markschläger, spreche für eine weitgehende Balance von Angebot und Nachfrage. „2011 rechne ich mit einer Marktgröße von 16 bis 18 GW an Wafern, der Endmarkt könnte geringfügig größer sein.“ Markschläger geht davon aus, dass die Preise für Wafer und Polysilizium gleichermaßen relativ stabil bleiben. „Relativ“ deswegen, weil auch kurzfristige Marktschwankungen Einfluss auf die Preise nehmen. So belief sich der Spotmarktpreis nach Markschlägers Angaben im Januar 2010 für einen 200 µm starken 6-Zoll-Wafer auf 3,20 \$, im vierten Quartal 2010 aber schon wieder auf 4,00 \$, was auf ein schmaleres werdendes Angebot hinweist. Dafür spreche auch, dass das sogenannte Prepayment – also die Vorkasse bei Waferlieferungen – wieder wie 2008 und früher Eingang in die Lieferverträge finde. Im Krisenjahr 2009 wurden nur kurzfristige Lieferverträge ohne Vorkasse abgeschlossen.

Markschläger weist ausdrücklich darauf hin, dass in Deutschland eine wettbewerbsfähige Produktion von Wafern möglich ist. „Die Standortnachteile werden durch die höhere Automatisierung aufgehoben“, unterstreicht er. So belaufe sich die Produktivität der Waferfertigung in einem Jahr auf 1 MW pro Mitarbeiter, in China hingegen seien dafür vier Mitarbeiter nötig. Ein Grund für den Produktivitätsunterschied sei auch, dass ostasiatische Hersteller auf Turnkey-Linien zurückgriffen, ohne sie mit eigenem Know-how zu optimieren. Allein beim Sägen liege Schott aber 50 % über dem Standardprozess.

Wartungskosten vor Siliziumverbrauch

Mittlerweile besinnt man sich nach dem Ende der Siliziumknappheit wieder auf altbewährte, prozessstabilere Lösungen. „Das hat die Außentrennsäge wieder aufleben lassen“, sagt der Arnold-Vertriebschef. Allerdings in stark verbesserter Form, denn der Sägespalt wurde mit jetzt 1,5 mm mehr als halbiert. „Wir setzen für dieses extrem dünne Sägeblatt eine Speziallegierung ein, die wir vor einigen Jahren noch nicht zur Verfügung hatten“, erklärt er. Ausschlaggebend für die Renaissance dieser Säge waren die sehr viel geringeren Betriebskosten. „Das Trennblatt der Innenlochsäge muss der Operateur nach rund 1.000 Schnitten austauschen. Dafür muss er 50 bis 60 Schrauben lösen und später wieder kontrolliert anziehen, das dauert fünf Stunden. Das Trennblatt einer Außentrennsäge macht rund 15.000 Schnitte mit, bevor es gewechselt wird. Und der Austausch dauert nur eine halbe Stunde.“

Ganz klar rangieren hier die Wartungskosten und der Durchsatz vor dem Siliziumverbrauch. So konzentrieren sich die Arnold-Entwicklungsingenieure auf die Verbesserung der Maschinenperformance. Sie muss Anschluss halten an die Zellfertigung, die in der PV-Fertigung nach wie vor die Taktzahl vorgibt. Ein Durchsatz von 3.000 bis 3.600 Wafern pro Stunde ist inzwischen Standard. Bei diesen geforderten hohen Durchsätzen steht nicht ausschließlich das Investment im Fokus, sondern die Standzeit der Werkzeuge und die Lebensdauer der Maschinen. „Herausfordernd sind die langen Laufzeiten der Maschinen bei hoher Genauigkeit“, sagt Schürgers. So muss das Außenmaß der 156-mm-Wafer, vorgegeben durch das Schleifen der Bricks, mit einer Toleranz von +/- 0,05 mm eingehalten werden.

Jörn Iken



Vollautomatisches Schleifzentrum in der Waferfertigung: Die Werkstücke werden automatisch mittels Transportbändern in die Anlage eingebracht und vom Roboter auf die einzelnen Schleifmaschinen verteilt.

Foto: Arnold Gruppe

ALLES AUS EINER HAND!



Erfahren Sie jetzt 7 gute Gründe für eine Zusammenarbeit mit Frankensolar!

**Ihr exklusiver Webcode:
7GRUENDE2011**

Einfach eingeben unter
www.frankensolar.de

**FRANKEN
SOLAR** 

FR-Frankensolar GmbH

Tel. +49 911 21 707 0

www.frankensolar.de