

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

0 232 920
A2

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21

Anmeldenummer: **87102096.2**

51

Int. Cl.*: **B 28 D 5/02**

22

Anmeldetag: **13.02.87**

30

Priorität: **14.02.86 DE 3604739**

71

Anmelder: **Wacker-Chemitronic Gesellschaft für
Elektronik-Grundstoffe mbH,
Johannes-Hess-Strasse 24, D-8263 Burghausen (DE)**

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung: **19.08.87**
Patentblatt 87/34

72

Erfinder: **Frank, Walter, Dipl.-Ing (FH), Watzmannring 25,
D-8269 Burgkirchen (DE)**
Erfinder: **Palme, Gerhard, Am Waldrand 29,
A-5110 Oberndorf (AT)**

84

Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI NL**

54

Mehrblattinnenlochsäge für das Zersägen von Kristallstäben sowie vermittle dieser Säge durchgeführte Trennverfahren.

57

Es werden eine Mehrblattinnenlochsäge für das Zersägen von Kristallstäben oder -blöcken, insbesondere Solarzellengrundmaterial auf Siliciumbasis, in dünne Scheiben sowie vermittle dieser Säge durchgeführte Sägeverfahren angegeben. Erfindungsgemäss verfügt die Säge über bezüglich der Lager spiegelsymmetrisch zu beiden Seiten eines gemeinsamen Antriebszylinders angeordnete Sägeblätter. Beim Sägevorgang wird von jedem der Sägeblätter synchron jeweils ein Werkstück zersägt.

EP 0 232 920 A2

WACKER-CHEMITRONIC
Gesellschaft für Elektronik-Grund-
stoffe mbH

0232920
München, den 07.02.1986
Dr.K/S1

CT 8502
=====

Mehrblattinnenlochsäge für das Zersägen von Kristallstäben sowie vermittels dieser Säge durchgeführte Trennverfahren

Die Erfindung betrifft eine Mehrblattinnenlochsäge für das Zersägen von Kristallstäben in dünne Scheiben sowie vermittels dieser Säge durchgeführte Trennverfahren.

Für die Herstellung von elektronischen Bauelementen oder Solarzellen wird das eingesetzte Halbleiter- oder oxidische Material, z. B. Silizium, Germanium, Galliumarsenid, Indiumphosphid, Saphir oder Gallium-Gadolinium-Granat häufig in Form von dünnen Scheiben von typisch 0,1 bis 1 mm Dicke benötigt, welche in der Regel durch Zersägen des in Form von Kristallstäben oder -blöcken vorliegendem Ausgangsmaterials gewonnen werden. In den meisten Fällen wird dieser Sägevorgang mit Hilfe von Innenlochsägen durchgeführt.

Bei den bekannten Innenlochsägen wird das Sägeblatt am Außenrand in einen Spannrahmen eingespannt. Dieser wird durch den sich becherartig aufweitenden Spannrahmenträger gehalten, der an einem Ende eines meist mittels Kugel-, Luft- oder hydrodynamischen Lagers gelagerten, über ein Antriebsaggregat in Drehung versetzten Antriebszylinders angebracht ist. Diese einseitige, kopflastige Anordnung bedingt eine ungleichmäßige Beanspruchung der

0232920

Lager, die die Verschleißfestigkeit und Standzeit herabsetzt sowie eine geringfügige Neigung des Sägeblattes, die ungünstige Auswirkungen auf den Schnittverlauf und die Schnittgenauigkeit hat. Dieser Effekt ist um so ausgeprägter, je kopflastiger die Anordnung ist, so daß naturgemäß Innenlochsägen mit mehreren Sägeblättern, z. B. gemäß DE-OS 32 16 200, stärker betroffen sind als solche mit nur einem Sägeblatt. Die höhere Schnittleistung wird bei Mehrblattanordnungen daher stets auf Kosten der Schnittpräzision und der Standzeit erzielt, was angesichts ständig steigender Genauigkeitsanforderungen unbefriedigend ist.

Die Aufgabe der Erfindung lag darin, eine Mehrblattinnenlochsäge sowie mittels dieser Säge durchgeführte Trennverfahren anzugeben, durch die bei hohen Schnittleistungen eine hohe Schnittgenauigkeit und lange Standzeiten gewährleistet sind.

Gelöst wird die Aufgabe durch eine Mehrblattinnenlochsäge, die gekennzeichnet ist durch bezüglich der Lager spiegelsymmetrisch zu beiden Seiten eines gemeinsamen Antriebszylinders angeordnete Sägeblätter oder Sägeblattgruppen.

Das mittels einer solchen Anordnung durchgeführte Sägeverfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die zu zersägenden Werkstücke, deren Anzahl der Zahl der Sägeblätter oder Sägeblattgruppen entspricht, vor jedem Schnittvorgang durch eine gleich- oder gegenläufige Translationsbewegung in die jeweilige Schnittposition gebracht und durch eine synchrone Relativbewegung zwischen jeweils dem Sägeblatt bzw. der Sägeblattgruppe und jeweils einem Werkstück gleichzeitig einem Sägevorgang unterworfen werden.

Als Werkstücke können dabei sowohl einzelne Kristallstäbe oder -blöcke, als auch aus diesen zusammengefaßte Gruppen, z. B. Stabbündel, eingesetzt werden.

In den meisten Fällen werden die erfindungsgemäßen Mehrblattinnenlochsägen mit je einem Sägeblatt zu beiden Sei-

ten des Antriebszylinders eingesetzt. Eine Steigerung der Sägeleistung kann jedoch durch den Einsatz von Sägeblattgruppen erreicht werden. Unter Sägeblattgruppen sind dabei Anordnungen zu verstehen, bei denen auf jeweils einer Seite des Antriebszylinders mehrere, vorteilhaft 2 Sägeblätter vorliegen, deren Abstand voneinander kleiner, gleich oder größer sein kann als die Länge eines einzelnen zu zersägenden Werkstückes. Zweckmäßig wird dieser Abstand im Falle von n Sägeblättern höchstens auf den n -ten Teil der Werkstücklänge eingestellt, wobei n einer ganzen Zahl größer oder gleich 2 entspricht. Der mögliche Minimalabstand wird größer als die Summe aus der jeweils gewünschten Scheibendicke und der Schnittfugendicke gewählt und liegt sinnvollerweise bei etwa 4 mm. Im folgenden wird aus Gründen der Vereinfachung nur noch der Ausdruck "Sägeblatt" verwendet; die Aussagen gelten jedoch sinngemäß auch für Sägeblattgruppen.

Der engste Abstand zwischen den spiegelsymmetrisch zu beiden Seiten des gemeinsamen Antriebszylinders angeordneten Sägeblättern richtet sich danach, auf welche Weise die Werkstücke in die jeweilige Schnittposition gebracht werden. Während bei einer gleichläufigen Translationsbewegung dieser Abstand auf jeden Fall größer als die Werkstücklänge gewählt wird, kann er bei einer gegenläufigen Translationsbewegung der Werkstücke in die Schnittposition sowohl kleiner als auch größer sein. Abstände unterhalb der Werkstücklänge erfordern jedoch dann, wenn die Scheiben bei jedem Schnittvorgang vollständig abgetrennt werden, den Einsatz von Entnahmevorrichtungen, so daß deren erforderlicher Wirkungsbereich zwischen den Sägeblättern den minimal möglichen Abstand bestimmt. Grundsätzlich können die Abstände zwischen den Sägeblättern oder Sägeblattgruppen bei der erfindungsgemäßen Mehrblatt-

innenlochsäge, in Abhängigkeit vom jeweils eingesetzten Lager und der Position der Sägeblätter in weiten Grenzen variiert werden; bewährt haben sich Abstände von 3 bis 200 cm.

Der gemeinsame Antriebszylinder, zu dessen beiden Seiten die Blätter spiegelsymmetrisch bezüglich der Lager angeordnet sind, wird bevorzugt mit einem Innendurchmesser eingesetzt, der größer ist als der Innenlochdurchmesser der Sägeblätter und vorteilhaft annähernd dem Innendurchmesser des Spannsystems entspricht, in das sie eingespannt sind. Diese Forderungen lassen sich günstig mit Hilfe von mittels Magnet-, Luft- oder hydrodynamischen Lagern außen gelagerten Antriebszylindern erfüllen. Die Außenlagerung von rotierenden Systemen mittels solcher Lager ist grundsätzlich bekannt und wird in vielen anderen Bereichen, z.B. bei Zentrifugen, eingesetzt. Auch für die Kraftübertragung von dem eigentlichen Antriebsaggregat z.B. einem Elektromotor, auf diesen Antriebszylinder sind dem Fachmann verschiedene Möglichkeiten, z. B. mittels Riemen, bekannt und bedürfen hier daher keiner weiteren Erläuterung.

Der Vorteil eines großen, vorzugsweise annähernd dem Innendurchmessers des Spannsystems entsprechenden Innendurchmessers des Antriebszylinders liegt darin, daß bei Schnittverfahren, bei denen die Kristallstäbe zunächst ohne Entnahme in eine Vielzahl miteinander verbundener Scheiben zerlegt werden, die bearbeitbare Länge des Werkstückes nicht, wie bei herkömmlichen Innenlochsägen, durch die becherartig sich verengende Form des Spannsystemträgers beschränkt wird. Grundsätzlich sind aber auch an die herkömmlichen Innenlochsägen mit weitem Spannsystem und engem Antriebszylinder angelehnte Ausführungsformen denkbar, bei denen beispielsweise ein zentraler enger Antriebszylinder zu beiden Seiten becherartig zur Aufnahme des Spannsystems aufgeweitet ist. Grundsätzlich können die Spannsysteme und Sägeblätter auch innerhalb des Antriebszylinders angeordnet sein.

Anhand der Fig. 1 werden beispielhaft und selbstverständlich nicht im Sinne einer Beschränkung eine mögliche Aus-

führungsform einer erfindungsgemäßen Mehrblattinnenlochsäge sowie mit ihr durchführbare Sägeverfahren erläutert.

Zwischen dem Rahmenblock 1 und dem Rahmenoberbau 2 befindet sich ein mit Hilfe eines Außenlagers 3, z. B. eines Luft-, Magnet- oder hydrodynamischen Lagers gelagerter Antriebszylinder 4. Spiegelsymmetrisch zum Lager trägt dieser an beiden Seiten je einen Spannrahmen 5, der beispielsweise in der von herkömmlichen Innenlochsägen bekannten Art und Weise gestaltet sein kann und in den je ein Sägeblatt 6 eingespannt ist. Durch den Einsatz entsprechender Mehrblattspannrahmen kann, bei unverändertem Antriebszylinder 4, die vorliegende Anordnung auch für mehr als zwei gleichzeitige Schnittvorgänge umgerüstet werden. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform sind die Innendurchmesser des Spannrahmens 5 und des Antriebszylinders 4 annähernd gleich groß, wenn gleich auch unterschiedliche Innendurchmesser grundsätzlich nicht ausgeschlossen sind.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist das eigentliche Antriebsaggregat, üblicherweise ein Elektromotor, sowie die Kraftübertragung, vorteilhaft ein Flachriemen, durch welche der Antriebszylinder 4 und damit die Sägeblätter 6 in Drehung versetzt werden, nicht dargestellt. Grundsätzlich ist z.B. auch die Kraftübertragung mittels Keil- oder Zahnriemen denkbar.

Die Werkstücke 7, z. B. Kristallstäbe oder -blöcke aus gegossenem, multi-kristallinem Silicium mit Kolumnarstruktur, sind gegebenenfalls mit einer zusätzlichen Schneidunterlage 8 auf dem Werkstückträger 9 befestigt, z. B. durch Aufkitten oder Aufkleben. Dieser liegt an beiden Enden auf den Zustellschlitten 10 auf, und kann mittels eines Antriebes 11, z. B. eines Schrittmotors, Translationsbewegungen ausführen, um die

Werkstücke in die vorgesehene Schnittposition zu bringen. Vorteilhaft kann der Werkstückträger 9 noch durch beispielsweise pneumatisch oder hydraulische Stützen 12 unterstützt werden.

Die Ausführungsform mit einem die Zustellschlitten 10 verbrückenden Werkstückträger 9, der durch die Innenlochoffnung beider Sägeblätter 6 und den Antriebszylinder 4 geführt ist und an beiden Enden aufliegt, ist im Rahmen der Erfindung, insbesondere mit zusätzlichen Stützen 12, bevorzugt, da sie während des Sägevorganges ein besonders günstiges Schwingungsverhalten gewährleistet. Selbstverständlich sind jedoch auch Anordnungen mit zwei getrennten, einseitig aufliegenden und mit jeweils dem freien Ende den Sägeblättern zugewandten Werkstückträgern, die eine gegenläufige Translationsbewegung der Werkstücke vollführen, denkbar.

Der Vorschub, der während des eigentlichen Sägevorganges eine Relativbewegung zwischen den Werkstücken 7 und den rotierenden Sägeblättern 6 bewirkt, geschieht mit Hilfe des Vorschubschlittens 13 und kann vorzugsweise hydraulisch mittels eines Vorschubzylinders 14, aber auch mittels eines anderen Antriebs z. B. mittels Elektromotor gesteuert werden.

Selbstverständlich sind durch die beispielhaft vorgestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Säge Variationen der Kinematik, z. B. Zustellung und Vorschub durch Translationsbewegung des Antriebszylinders 4 bei ruhenden Werkstücken 7, oder Anordnungen mit stehendem Antriebszylinder 4 nicht ausgeschlossen. Daneben sind Ausführungsformen denkbar, die z. B. mit zusätzlichen Einrichtungen zur Entnahme abgetrennter Scheiben, beispielsweise gemäß US-PS 444 54 94, versehen sind oder mit Füllstationen, die bei Schnittverfahren, bei denen die Kristallstäbe in eine Vielzahl miteinander verbundener Scheiben zertrennt werden, die Schnittfugen zwischen den Scheiben füllen und so die Verbindung der Scheiben stabilisieren.

Vermittels der in Fig. 1 dargestellten Mehrblattinnenlochsäge lassen sich beispielsweise Siliciumblöcke aus Solarzellengrundmaterial, die typisch einen Querschnitt von 10 x 10 cm und eine Länge von ca. 30 cm aufweisen, gemäß den nachstehend beschriebenen Verfahren zersägen. Zunächst werden diese Blöcke, die vorteilhaft auf ihrer Unterseite mit einer Schneidunterlage aus beispielsweise Glas, Keramik oder Kohlenstoff versehen sind, auf dem Werkstückträger befestigt, beispielsweise eingespannt, aufgeklebt oder aufgekittet. Dabei kommt einer der Blöcke außerhalb, einer innerhalb der beiden in diesem Fall z. B. etwa 35 cm voneinander entfernten Sägeblätter (Außendurchmesser z. B. ca. 55 cm, Innenlochdurchmesser z. B. ca. 18 cm) zu liegen und zwar vorteilhaft so, daß beider relativ zu dem jeweils auf sie einwirkenden Sägeblatt eine identische Position einnehmen. Eine solche identische Relativposition der Blöcke zum Sägeblatt ist zwar nicht zwingend erforderlich, empfiehlt sich aber schon im Hinblick auf eine optimale Schnittausbeute und eine während des gesamten Sägevorganges gleichmäßige Belastung der Sägeblätter und Lager.

Danach werden beide Blöcke durch eine Translationsbewegung des Werkstückträgers gleichläufig in die Innenöffnung der Sägeblätter eingefahren, bis die vorgesehene Schnittposition erreicht ist. Eine Aufwärtsbewegung des Vorschubschlittens 13 führt dann die Blöcke an die beispielsweise diamantbesetzte Schneidkante der rotierenden Sägeblätter, die sich unter Ausbildung einer Schnittfuge immer weiter in das jeweilige Werkstück einzuarbeiten beginnt, bis sich schließlich die gewünschte Scheibe gebildet hat. Bei Sägen, wie der der Fig. 1 entsprechenden, bei denen keine Scheibenentnahme vorgesehen ist, wird diese Scheibe nicht vollständig vom Restblock abgetrennt, sondern eine stabile Halterung der Scheibe gewährleistende Verbindung, vorteilhaft über die Schneidunterlage, belassen. Dann wird der Vorschubschlitten in die Ausgangsposition zurückgefahren, der Werkstückträger bewegt beide Blöcke gleichläufig in die nächste Schnittposition, und

der nächste Schnitt wird durch eine Aufwärtsbewegung des Vorschubschlittens in das Werkstück gelegt. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis die Blöcke in der gewünschten Weise, d. h. gegebenenfalls auch unter Aussparung von verunreinigten Teilstücken oder Randbereichen in eine Vielzahl miteinander verbundener Scheiben zersägt sind. Diese werden dann entnommen, so daß schließlich durch Auftrennen der Verbindung, z. B. Abschleifen, Absägen, Aufschmelzen oder Auflösen, die einzelnen Scheiben gewonnen werden können.

Denkbar ist auch eine Variante dieses Sägeverfahrens, bei der die Ausgangsposition beider Blöcke an der Außenseite der Sägeblätter liegt und ihre Translationsbewegung gegenläufig ins Innere des Antriebszylinders führt. Diese Verfahrensweise erfordert jedoch einen beträchtlichen Abstand der Sägeblätter voneinander, um beide Blöcke aufzunehmen. Es kann daher zur Verringerung des Raumbedarfes nötig sein, die Werkstücke zunächst nur zur Hälfte aufzusägen, sie dann in die Ausgangsposition zurückzufahren, um 180 ° zu drehen, und schließlich vom anderen Ende her den Sägevorgang weiter zuführen. Eine Verringerung des Raumbedarfes kann auch dadurch erreicht werden, daß das Werkstück in mehreren Etappen zersägt und der zersägte Teilabschnitt jeweils entnommen wird.

Allgemein sind solche Sägeverfahren, bei denen zunächst die Scheiben nicht vollständig vom Restblock abgetrennt werden (sog. Kammschnitt) im Rahmen der Erfindung bevorzugt, da auf die oft aufwendigen Entnahmeverrichtungen verzichtet werden kann. Selbstverständlich sind jedoch die Sägeverfahren mit vollständiger Abtrennung und Entnahme der Scheiben nicht ausgeschlossen. Dabei können Varianten mit außen- bzw. innenliegender Scheibenentnahme (Zustellung der Werkstücke durch gegenläufige Translation von innen nach außen bzw. von außen nach innen) oder mit einseitig innen-, einseitig außenliegender Scheibenentnahme (bei Zustellung der Werkstücke durch gleichläufige Translation) eingesetzt werden.

Während des Sägevorganges wird in der üblichen Weise die entstehende Wärme sowie das anfallende abgetragene Material durch ein Kühlmittel abgeführt, welches beispielsweise über ein Schlauchsystem an die Trennstelle gelangt, durch ein System von Schlitten abfließen kann und schließlich aufgefangen und gegebenenfalls nach einem Wiederaufarbeitungsschritt wieder eingespeist werden kann. Auch die Steuerung des Vorschubs bzw. der Zustellung kann in der bekannten Weise von Hand, vorzugsweise aber mittels Hydraulik bzw. Schrittmotor erfolgen.

Die erfindungsgemäße Mehrblattinnenlochsäge und die mittels dieser Säge durchgeführten Sägeverfahren eignen sich insbesondere zum Zersägen von Solarzellengrundmaterial auf Siliciumbasis, welches meist in Form von Siliciumblöcken mit ca. 10 x 10 cm Querschnitt und ca. 20 bis 40 cm Länge durch einen Gießprozeß erhalten wird, in Scheiben von meist 350 bis 500 µm Dicke. Gleichermäßen lassen sich jedoch die eingangs erwähnten Halbleiter- oder oxidischen Materialien in dünne Scheiben von 0,1 bis 1 mm Dicke zersägen. Weiterhin können auch andere in Stabform vorliegende Stoffe, z.B. Quarz- oder anderes Glas oder Stäbe auf Kohlenstoffbasis in dünne Scheiben von bis zu 30 mm Dicke zertrennt werden.

Aufgrund des spiegelsymmetrischen Aufbaues wirken beim Sägen gleichmäßige Belastungen auf Sägeblätter und Lager ein. Daraus ergibt sich eine gegenüber herkömmlichen Mehrblattinnenlochsägen höhere Schnittgenauigkeit, verbesserte Laufeigenschaften, gleichmäßigere Sägeblattbeanspruchung und längere Standzeiten. Daneben ist die Reparaturfreundlichkeit größer, da bei Defekten an einem der Sägeblätter nur jeweils dieses eine ausgewechselt werden muß.

Patentansprüche:

1. Mehrblattinnenlochsäge für das Zersägen von Kristallstäben in dünne Scheiben, gekennzeichnet durch bezüglich der Lager (3) spiegelsymmetrisch zu beiden Seiten des gemeinsamen Antriebszylinders (4) angeordnete Sägeblätter oder Sägeblattgruppen (6).
2. Mehrblattinnenlochsäge nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sägeblätter oder Sägeblattgruppen (6) einen Abstand voneinander haben, der größer ist als die Länge eines zu zersägenden Werkstückes (7).
3. Mehrblattinnenlochsäge nach den Ansprüchen 1 und 2, gekennzeichnet durch einen durch die Innenlochöffnung beider Sägeblätter oder Sägeblattgruppen (6) und den Antriebszylinder (4) geführten, an beiden außenliegenden Enden gestützten Werkstückträger (9).
4. Verfahren zum Zersägen von Kristallstäben mittels einer Mehrblattinnenlochsäge nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstücke, deren Anzahl der Anzahl der Sägeblätter oder Sägeblattgruppen entspricht, vor jedem Schnittvorgang durch eine gleich- oder gegenläufige Translationsbewegung in die jeweilige Schnittposition gebracht und durch eine synchrone Relativ-Bewegung zwischen jeweils dem Sägeblatt bzw. der Sägeblattgruppe und jeweils einem Werkstück gleichzeitig einem Sägevorgang unterworfen werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kristallstäbe beim Sägevorgang in eine Vielzahl miteinander verbundener Scheiben zertrennt werden, deren Verbindung erst nach Beendigung des Sägevorganges in einem zusätzlichen Schritt aufgetrennt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , daß die Scheiben bei jedem Sägevorgang vollständig vom Kristallstab abgetrennt und mittels einer Entnahmevorrichtung entnommen werden.

1/1

0232920

