



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **249 797 A1**

4(51) H 03 H 9/42

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP H 03 H / 291 056 8	(22)	06.06.86	(44)	16.09.87
(71)	VEB ELEKTRONISCHE BAUELEMENTE „Carl von Ossietzky“ Teltow, 1530 Teltow, Ernst-Thälmann-Straße 10, DD				
(72)	Reiße, Günter, Dr. sc. nat. Dipl.-Phys.; Zscherpe, Gerhard, Prof. Dr. sc. nat. Dipl.-Phys.; Exmer, Horst, Dr.-Ing.; Sowoidnich, Klaus, Dipl.-Ing.; Hälsig, Christian, Dr.-Ing.; Laun, Winfried, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Verfahren zum Einkerbten bzw. Vereinzeln von piezoelektrischen Substraten				

(57) Die erfinderische Lösung bezieht sich auf die Elektrotechnik/Elektronik, speziell auf die Substrateinkerbung bzw. Vereinzeln bei der Herstellung akustischer Oberflächenwellenbauelemente oder bei Schwingern. Ziel der Erfindung ist es, die Arbeitsproduktivität zu erhöhen und den Materialaufwand zu senken. Die Aufgabe besteht darin, ein neues Bearbeitungsverfahren zu entwickeln. Es ist anzustreben, das Einkerbten des Substrats mit anschließender Vereinzeln mittels Brechvorrichtung durch eine gezielte Direktvereinzeln zu ersetzen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß gleichzeitig Laserstrahlen mit zwei verschiedenen Wellenlängen angeregt und zur Bearbeitung des Substrats eingestrahlt werden. Dabei bewirkt die kürzere Wellenlänge niedriger Leistung, die im Substratmaterial gut absorbiert wird und es nicht abträgt, ein erhöhtes Absorptionsvermögen. Der höhere Energieeintrag führt dabei zum gewünschten Materialabtrag innerhalb der angeregten laserbestrahlten Zone, teils in flüssiger, teils in gasförmiger Phase. Das mögliche Anwendungsgebiet der Erfindung bezieht sich auf die Herstellung von akustischen Oberflächenwellenbauelementen bzw. in der Halbleiterindustrie.

### Patentansprüche:

1. Verfahren zum Einkerbten bzw. Vereinzeln von piezoelektrischen Substraten, vorzugsweise kristallin, mit und ohne Bauelementestrukturen, die der Übertragung von elastischen Oberflächenwellen oder als Piezoschwinger dienen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Einkerbten bzw. Vereinzeln in einem Ein- oder Zweistufenprozeß durch gleichzeitiges Einwirken von Laserstrahlung mit zwei unterschiedlichen Wellenlängen und Intensitäten definiert erfolgt, die Strahlung mit der kürzeren Wellenlänge und dem besseren Absorptionsvermögen gegenüber dem zu bearbeitenden Material zuerst wirkt, während die Langwellige mit hoher Intensität folgt.
2. Verfahren, nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur gleichzeitigen Erzeugung von zwei Laserstrahlen mit unterschiedlicher Wellenlänge ( $\lambda_1 = 1,06 \mu\text{m}$  und  $\lambda_2 = 0,53 \mu\text{m}$ ) ein gütegeschalteter Nd-YAG-Laser verwendet wird, wobei für beide Strahlen dieselben Strahlführungs- und -formungseinrichtungen verwendet werden.
3. Verfahren, nach Punkt 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die definierte Ritzung oder Trennung bei mittlerer Leistung  $P_m = 0,5$  bis  $1,5 \text{ W}$  und einer Bearbeitungsgeschwindigkeit von  $3,0$  bis  $300 \text{ mm s}^{-1}$  erfolgt, während die Impulslängen  $\tau = 100$  bis  $200 \text{ ns}$  betragen und das Leistungsverhältnis, kurz- und langwellige Strahlung, bspw. bei  $\text{LiNbO}_3$ -Substraten,  $1:100$  beträgt.

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die erfinderische Lösung bezieht sich auf die Elektrotechnik/Elektronik, speziell auf piezoelektrische, kristalline, sehr harte und spröde anorganische Werkstoffe. Die Substrate werden z. B. bei der Herstellung akustischer Oberflächenwellenbauelemente (AOW-Bauelemente) oder als Schwinger benötigt.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Der Einsatz des Lasers zum Trennen von Substratmaterialien ist an sich bekannt. Dies geschieht auf vielfältige Weise, so z. B. beim Vereinzeln von Siliziumscheiben in der Halbleiterindustrie.

Für andere Bauelemente, bspw. AOW-Filter, werden kristalline, piezoelektrische Substratmaterialien, wie Lithiumniobat, verwendet.

Das Trennen dieser Materialien erfolgt häufig mit Diamantsägen. Hierbei können nur geringe Vorschubgeschwindigkeiten angewendet werden.

Der Verschleiß des Schneidwerkzeuges ist dabei beträchtlich und es entstehen vom Schnitt ausgehende Makro- und Mikrorisse.

Andere Verfahren verwenden eine Drahtsäge oder Schleifpartikelstrahlen, wie in der PS, DE 2505818 näher beschrieben wird. Nachteilig ist, daß Schleif- bzw. Substratmaterialablagerungen auf der Oberfläche und auf den zur Ausbildung der AOW dienenden Strukturen beseitigt werden müssen.

Außerdem muß das benutzte Kühlmittel die metallbeschichtete Oberfläche, speziell bei mikroelektronischen Bauelementen, ebenfalls wieder entfernt werden.

Wie in der gleichen Patentschrift festgestellt wird, führten Versuche, diese Materialien mit einem Laserstrahl zu bearbeiten, zur Depolarisation des Kristalls.

Hingegen wurde das in dem WP DD mit dem Aktenzeichen HO3H/2756485 beschriebene Verfahren zum Laserstrahlritzen und nachträglichem Brechen mit einem gütegeschalteten Nd-YAG-Laser mit einer Wellenlänge von  $0,53 \mu\text{m}$  durchgeführt.

Mit dem Verfahren lassen sich äußerst gute Ergebnisse erzielen, wenn mit dem damaligen Stand der Technik verglichen wird. Dennoch besitzt diese Lösung den Nachteil, daß nur minimale Bearbeitungsgeschwindigkeiten bei sehr hohem Energieaufwand realisierbar sind.

### Ziel der Erfindung

Der nützliche Effekt im Vergleich zu anderen technischen Lösungen besteht darin, die Arbeitsproduktivität bei der Einkerbung bzw. Vereinzeln von piezoelektrischen, vorzugsweise kristallinen Materialien, z. B. für die Herstellung von AOW-Bauelementen oder Schwingern, zu senken.

Weitere Effekte sind die Senkung des Energiebedarfs und Erhöhung der Zuverlässigkeit der Bauelemente sowie die Gewährung der Unversehrtheit der Substrate bei der erfinderischen Bearbeitung.

---

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Laserstrahl-Bearbeitungsverfahren zu entwickeln. Mit ihm soll es möglich werden, Chips so aus dem scheibenförmigen piezokristallinen Material herauszutrennen, daß ein nachfolgendes Vereinzeln mittels bekannter Brechvorrichtung entfallen kann. Dabei darf keine Beeinflussung der elektrischen Parameter des Bauelementes eintreten. Es ist weitestgehend anzustreben, daß sich die Polarisations-eigenschaften des Kristalls nicht ändern.

Schleif- bzw. Kühlmittelrückstände auf dem Substrat sollten ebenfalls vermieden werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß, entgegen üblicher Bearbeitungsverfahren, gleichzeitig Laserstrahlen mit zwei verschiedenen Wellenlängen angeregt und zur Bearbeitung eines Substrates eingestrahlt werden, wobei vorzugsweise das gleiche optische System verwendet wird und die Erzeugung der beiden Wellenlängen mit einem Lasersystem (Laserkopf) erfolgt.

Die verwendeten optischen Systeme sind dabei gleich. Es wurde nachgewiesen, daß sich gegenüber dem bisher bekannten Bearbeitungsregime eines Lasers, der eine Strahlung mit nur einer definierten Wellenlänge aussendet, das Trennen harter, spröder und transparenter anorganischer Substratmaterialien mit zwei Wellenlängen weit günstiger bearbeiten läßt. Hierbei bewirkt die kürzere Wellenlänge niedriger Leistung, die im Substratmaterial gut absorbiert wird und demzufolge dieses nicht abträgt, ein erhöhtes Absorptionsvermögen für die Laserstrahlung mit der höheren Leistung und der größeren Wellenlänge, die der eigentlichen Bearbeitung dienen soll und den eigentlichen Materialabtrag bewirkt.

Der hierdurch hervorgerufene Energieeintrag führt zu einem Materialabtrag innerhalb der angeregten laserbestrahlten Zone, teils in flüssiger, teils in gasförmiger Phase.

Diese Bearbeitung erzeugt im Substrat mechanische Spannungen, die, je nach den gewählten Laserparametern, ein definiertes Trennen innerhalb eines Verfahrensschrittes ermöglicht.

Soll der vorgegebene Chipverband einer Scheibe erhalten bleiben, erfolgt die Trennung in zwei Schritten. Dem Ritzen folgt das Brechen der Substrate mittels Vorrichtung.

### Ausführungsbeispiel

Die für die Bearbeitung eines piezoelektrischen Substratmaterials eingesetzte Laserstrahlung mit zwei verschiedenen Wellenlängen, für die Bearbeitung von Lithiumniobat-Substraten, vorzugsweise mittels eines Nd-YAG-Lasersystems, wird derart erzeugt, daß sein Auskoppelspiegel eine Charakteristik aufweist, die das gleichzeitige Auskoppeln der niederfrequenten und der höherfrequenten in einem vorgegebenen Intensitätsverhältnis ermöglicht.

Dieser eine Laserstrahl mit den zwei verschiedenen Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  trifft auf das zu trennende Substrat und erzeugt infolge der Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und Substrat eine Erhöhung des Absorptionskoeffizienten auf der Substratoberfläche durch die Laserwellenlänge niederer Leistung  $\lambda_1$  und ermöglicht somit einen großen Energieeintrag durch die Laserwellenlänge mit der hohen Leistung  $\lambda_2$ .

Die hierdurch hervorgerufenen mechanischen Spannungen im Substratmaterial führen in Abhängigkeit von der Wahl der Laserparameter zum definierten Bruch.

Für den Fall, daß aus bestimmten Gründen ein Scheibenzusammenhalt gewünscht wird, kann das definierte Vereinzeln mittels bekannter Brechvorrichtung erfolgen.

Charakteristische Parameter für eine LiNbO<sub>3</sub>-Substratmaterialbearbeitung:

$\lambda = 0,53 \mu\text{m}$  und  $1,06 \mu\text{m}$ , mittl. Leistung  $P_{m1,06} = 0,5 \text{ W}$  bis  $1,25 \text{ W}$ ;  $P_{m0,53} = 1\%$  bis  $10\%$  von  $P_{m1,06}$

Impulsfolgefrequenz „fi“ = 2 KHz bis 7 KHz

Brennweite „B“ = 25 mm

Vorschubgeschwindigkeit „V“ =  $3 \text{ mm s}^{-1}$  bis  $20 \text{ mm s}^{-1}$

Eine weitere Anwendung dieses Verfahrens ist das gezielte Heraustrennen von Durchbrüchen aus einem Substratmaterial in beliebiger geometrischer Form.

Der positivste und herausragendste Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß ein Vereinzeln mittels Brechvorrichtung entfallen kann.

Die Polarisations-eigenschaften des Kristalls werden nicht verändert. Es treten auch keine Schleif- bzw. Kühlmittelrückstände auf.

Bei der Bearbeitung der Substrate mit zwei Wellenlängen kann das gleiche optische System verwendet werden.

Die Laserleistung liegt gegenüber dem Verfahren (DD-Aktz. H03H/2756485) um den Faktor 10 höher und senkt somit den Energieverbrauch.