

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. Juli 2016 (21.07.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/113030 A4

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B23K 26/00 (2014.01) *B23K 26/402* (2014.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/077979
- (22) Internationales Anmeldedatum:
27. November 2015 (27.11.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 000 449.2
15. Januar 2015 (15.01.2015) DE
- (71) Anmelder: **SILTECTRA GMBH** [DE/DE]; im
TZDresden Nord - Haus "E", Manfred-von-Ardenne-Ring
20, 01099 Dresden (DE).
- (72) Erfinder: **BEYER, Christian**; Herderstraße 9, 09599
Freiberg (DE).
- (74) Anwälte: **ASCHERL, Andreas** et al.; Emil-Riedel-Str. 18,
80538 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SPLITTING OF A SOLID USING CONVERSION OF MATERIAL

(54) Bezeichnung : FESTKÖRPERTEILUNG MITTELS STOFFUMWANDLUNG

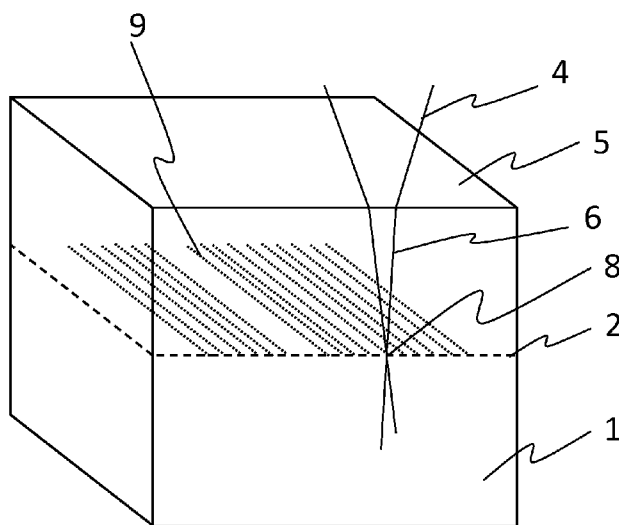


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for creating a detachment zone (2) in a solid (1) in order to detach a solid portion (12), especially a solid layer (12), from the solid (1), said solid portion (12) that is to be detached being thinner than the solid from which the solid portion (12) has been removed. The method according to the invention preferably comprises at least the steps of: providing a solid (1) which is to be processed and which is made of a chemical compound; providing a LASER light source; and subjecting the solid (1) to LASER radiation from the LASER light source so that the laser beams penetrate into the solid (1) via a surface (5) of the solid portion (12) that is to be cut off; the LASER radiation controlling the temperature of a predefined portion of the solid (1) inside the solid (1) in a defined manner such that a detachment zone (2) or a plurality of partial detachment zones (25, 27, 28, 29) is formed; characterized in that the temperature produced by the laser beams in a predefined portion of the solid (1) is so high that the material forming the predefined portion is subject to modifications (9) in the form of a predetermined conversion of material.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/113030 A4



**(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts:**

9. September 2016

Veröffentlichungsdatum der geänderten Ansprüche:

17. November 2016

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erzeugen eines Ablösebereichs (2) in einem Festkörper (1) zum Ablösen eines Festkörperanteils (12), insbesondere einer Festkörperschicht (12), von dem Festkörper (1), wobei der abzulösende Festkörperanteil (12) dünner ist als der um den Festkörperanteil (12) reduzierte Festkörper. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst dabei bevorzugt mindestens die Schritte: Bereitstellen eines zu bearbeitenden Festkörpers (1), wobei der Festkörper (1) aus einer chemischen Verbindung besteht; Bereitstellen einer LASER-Lichtquelle; Beaufschlagen des Festkörpers (1) mit LASER-Strahlung der LASER-Lichtquelle, wobei die Laserstrahlen über eine Oberfläche (5) des abzutrennenden Festkörperanteils (12) in den Festkörper (1) eindringen, wobei die LASER-Strahlung einen vorgegebenen Anteil des Festkörpers (1) im Inneren des Festkörpers (1) zur Ausbildung eines Ablösebereichs (2) oder mehrerer Teilablösebereiche (25, 27, 28, 29) definiert temperiert, dadurch gekennzeichnet, dass die in dem vorgegebenen Anteil des Festkörpers (1) durch die Laserstrahlen erzeugte Temperatur so hoch ist, dass das den vorgegebenen Anteil ausbildende Material Modifikationen (9) in Form einer vorbestimmten Stoffumwandlung erfährt.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

beim Internationalen Büro eingegangen am 28. September 2016 (28.09.2016)

1. Verfahren zum Abtrennen von mindestens einem Festkörperanteil (12) von einem Festkörper (1), insbesondere einem Wafer, mindesten umfassend die Schritte:

Bereitstellen eines zu bearbeitenden Festkörpers (1), wobei der Festkörper (1) aus einer chemischen Verbindung besteht;

Bereitstellen einer Laser-Lichtquelle;

Beaufschlagen des Festkörpers (1) mit Laser-Strahlung der Laser-Lichtquelle,

wobei die Laserstrahlen über eine Oberfläche (5) des abzutrennenden Festkörperanteils (12) in den Festkörper (1) eindringen,

wobei die Laser-Strahlung einen vorgegebenen Anteil des Festkörpers (1) im Inneren des Festkörpers (1) zur Ausbildung eines Ablösebereichs (2) oder mehrerer Teilablösebereiche (25, 27, 28, 29) definiert temperiert,

wobei die in dem vorgegebenen Anteil des Festkörpers (1) durch die Laserstrahlen erzeugte Temperatur so hoch ist, dass das den vorgegebenen Anteil ausbildende Material Modifikationen (9) in Form einer vorbestimmten Stoffumwandlung erfährt.

Anordnen einer Aufnahmeschicht (140) an dem behandelten Festkörper (1),

thermisches Beaufschlagen der Aufnahmeschicht (140) zum, insbesondere mechanischen, Erzeugen von Rissausbreitungsspannungen in dem Festkörper (1), wobei sich durch die Rissausbreitungsspannungen ein Riss in dem Festkörper (1) entlang dem Ablösebereich ausbreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Festkörper (1) aus einer chemischen Verbindung, wie Siliziumcarbid, besteht, wobei die chemische Verbindung bevorzugt einen Stoff oder mehrere Stoffe ausgewählt aus der

dritten, vierten und/oder fünften Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente und/oder der 12. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente aufweist.

3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Festkörper (1) über eine Festkörperoberfläche (7) mit einer Kühleinrichtung (3) verbunden ist, wobei die Festkörperoberfläche (7), die mit der Kühleinrichtung (3) verbunden ist, parallel oder im Wesentlichen parallel zu der Oberfläche (5) ausgebildet ist, über welche die Laserstrahlen in den Festkörper (1) eindringen,

wobei die Kühleinrichtung (3) in Abhängigkeit von der Laserbeaufschlagung, insbesondere in Abhängigkeit von der sich durch die Laserbeaufschlagung ergebenden Temperierung des Festkörpers (1), betrieben wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Kühleinrichtung (3) mindestens eine Sensoreinrichtung (69) zum Erfassen der Temperatur des Festkörpers (1) aufweist und in Abhängigkeit eines vorgegebenen Temperaturverlaufes die Abkühlung des Festkörpers (1) bewirkt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Kühleinrichtung (3) an einer Rotationseinrichtung (30) angekoppelt ist und die Kühleinrichtung (3) mit dem daran angeordneten Festkörper (1) während der Modifikationserzeugung mittels der Rotationseinrichtung (30) rotiert wird, insbesondere mit mehr als 100 Umdrehungen pro Minute oder mit mehr als 200 Umdrehungen pro Minute oder mit mehr als 500 Umdrehungen rotiert wird.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

jede durch die LASER-Strahlung bewirkte Stoffumwandlung eine Modifikation des Materials des Festkörpers darstellt,

wobei der Festkörper (1) gegenüber der LASER-Lichtquelle rotiert wird und

die Anzahl der Modifikationen je cm^2 der Festkörperoberfläche, durch welche die LASER-Strahlung zum Erzeugen der Modifikationen in den Festkörper eindringt, je Rotation unter einer vorgegebenen Maximalanzahl liegt, wobei sich die Maximalanzahl der Modifikationen je cm^2 und je Rotation bevorzugt in Abhängigkeit des Festkörpermaterials und der Energiedichte der LASER-Strahlung bestimmt

und/oder

bei aufeinanderfolgenden Rotationen des Festkörpers gegenüber der LASER-Lichtquelle die Modifikationen mit unterschiedlichen Mustern, insbesondere Abständen zwischen den einzelnen neu erzeugten Modifikationen, und/oder mit veränderten Energieeintrag, insbesondere reduziertem Energieeintrag, erzeugt werden,

und/oder

die LASER-Lichtquelle als Scanner ausgebildet ist und die Erzeugung der Modifikationen in Abhängigkeit von der Laserscanrichtung, der Laserpolarisationsrichtung und der Kristallorientierung erfolgt,

und/oder

der Abstand zwischen den Zentren zweier nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung oder in Umfangsrichtung des Festkörpers erzeugter Modifikationen kleiner als 10000 nm ist, insbesondere kleiner als 1000 nm ist, insbesondere kleiner als 100 nm ist,

und/oder

die äußere Begrenzungen von nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung oder in Umfangsrichtung des Festkörpers erzeugten Modifikationen weniger als 10000 nm, insbesondere weniger als 1000 nm, insbesondere weniger als 100 nm, voneinander beabstandet sind.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

in zumindest zwei unterschiedlichen Bereichen des Festkörpers (1) die Anzahl der erzeugten Modifikationen (9) je cm^2 verschieden ist,

wobei in einem ersten Bereich ein erster Block (91) an Modifikationslinien erzeugt wird, wobei die einzelnen Modifikationen (9) je Linie bevorzugt weniger als $10\ \mu\text{m}$, insbesondere weniger als $5\ \mu\text{m}$ oder weniger als $3\ \mu\text{m}$ oder weniger als $1\ \mu\text{m}$ oder weniger als $0,5\ \mu\text{m}$, voneinander beabstandet erzeugt werden

und

die einzelnen Linien des ersten Blocks (91) weniger als $20\ \mu\text{m}$, insbesondere weniger als $15\ \mu\text{m}$ oder weniger als $10\ \mu\text{m}$ oder weniger als $5\ \mu\text{m}$ oder weniger als $1\ \mu\text{m}$, voneinander beabstandet erzeugt werden,

wobei durch den ersten Block (91) an Modifikationen (9) ein erster Teilablösebereich (25) ausgebildet wird

und

in einem zweiten Bereich ein zweiter Block (92) an Modifikationslinien erzeugt wird, wobei die einzelnen Modifikationen (9) je Linie bevorzugt weniger als $10\ \mu\text{m}$, insbesondere weniger als $5\ \mu\text{m}$ oder weniger als $3\ \mu\text{m}$ oder weniger als $1\ \mu\text{m}$ oder weniger als $0,5\ \mu\text{m}$, voneinander beabstandet erzeugt werden

und

die einzelnen Linien des zweiten Blocks (92) weniger als $20\ \mu\text{m}$, insbesondere weniger als $15\ \mu\text{m}$ oder weniger als $10\ \mu\text{m}$ oder weniger als $5\ \mu\text{m}$ oder weniger als $1\ \mu\text{m}$, voneinander beabstandet erzeugt werden, wobei durch den zweiten Block (92) an Modifikationen (9) ein zweiter Teilablösebereich (27) ausgebildet wird,

wobei der erste Bereich und der zweite Bereich durch einen dritten Bereich voneinander beabstandet sind, wobei in dem dritten Bereich keine oder im Wesentlichen keine Modifikationen oder gegenüber dem ersten oder zweiten Bereich weniger Modifikationen je cm^2 mittels Laserstrahlen erzeugt werden und der erste Bereich zum zweiten Bereich um mehr als $20\ \mu\text{m}$, insbesondere mehr als $50\ \mu\text{m}$ oder mehr als $100\ \mu\text{m}$ oder mehr als $150\ \mu\text{m}$ oder mehr als $200\ \mu\text{m}$, beabstandet ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Modifikationen (9) zumindest im ersten Block (91) und im zweiten Block (92) in Pulsabstände zwischen 0,01 μm und 10 μm erzeugt werden und/oder Linienabstände zwischen 0,01 μm und 20 μm vorgesehen werden und/oder eine Pulswiederholfrequenz zwischen 16kHz und 20 MHz vorgesehen wird.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit des Ortes, an dem eine Modifikation (9) erzeugt wird, eine Optik (40), mittels der die Laserstrahlen von einer Laserstrahlenquelle (401) zu dem Festkörper (1) geleitet wird, angepasst wird, woraus zumindest eine Veränderung der numerischen Apertur bewirkt wird, wobei die numerische Apertur an einem Ort im Randbereich des Festkörpers (1) kleiner ist als an einem anderen Ort des Festkörpers (1), der näher zu dem Zentrum des Festkörpers (1) liegt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die LASER-Strahlung in dem Festkörper Modifikationen, insbesondere Kristallgitterdefekte, erzeugt, wobei der Festkörper (1) gegenüber der LASER-Lichtquelle rotiert wird und die Anzahl der Modifikationen je cm^2 der Festkörperoberfläche, durch welche die LASER-Strahlung zum Erzeugen der Modifikationen in den Festkörper eindringt, je Rotation unter einer vorgegebenen Maximalanzahl liegt, wobei sich die Maximalanzahl der Modifikationen je cm^2 und je Rotation bevorzugt in Abhängigkeit des Festkörpermateriale und der Energiedichte der LASER-Strahlung bestimmt und/oder bei aufeinanderfolgenden Rotationen des Festkörpers gegenüber der LASER-Lichtquelle die Modifikationen mit unterschiedlichen Mustern, insbesondere Abständen zwischen den einzelnen neu erzeugten Modifikationen, und/oder mit verändertem Energieeintrag, insbesondere reduziertem Energieeintrag, erzeugt werden, und/oder

die LASER-Lichtquelle als Scanner ausgebildet ist und die Erzeugung der Modifikationen in Abhängigkeit von der Laserscanrichtung, der Laserpolarisationsrichtung und der Kristallorientierung erfolgt,

und/oder

der Abstand zwischen den Zentren zweier nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung oder in Umfangsrichtung des Festkörpers erzeugter Modifikationen kleiner als 10000 nm ist, insbesondere kleiner als 1000 nm ist, insbesondere kleiner als 100 nm ist,

und/oder

die äußere Begrenzungen von nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung oder in Umfangsrichtung des Festkörpers erzeugten Modifikationen weniger als 10000 nm, insbesondere weniger als 1000 nm, insbesondere weniger als 100 nm voneinander beabstandet sind.

11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

jede durch die LASER-Strahlung bewirkte Stoffumwandlung eine Modifikation des Materials des Festkörpers darstellt,

wobei der Festkörper (1) gegenüber der LASER-Lichtquelle translatorisch in XY-Richtung bewegt wird und

die Anzahl der Modifikationen je cm^2 der Festkörperoberfläche, durch welche die LASER-Strahlung zum Erzeugen der Modifikationen in den Festkörper eindringt, wobei sich die Maximalanzahl der Modifikationen je cm^2 und gemäß der translatorischen Bewegung in XY-Richtung bevorzugt in Abhängigkeit des Festkörpermaterials und der Energiedichte der LASER-Strahlung bestimmt

und/oder

gemäß der translatorischen Bewegung in XY-Richtung des Festkörpers gegenüber der LASER-Lichtquelle die Modifikationen mit unterschiedlichen Mustern, insbesondere Abständen zwischen den einzelnen neu erzeugten Modifikationen, und/oder mit veränderten Energieeintrag, insbesondere reduziertem Energieeintrag, erzeugt werden,

und/oder

die LASER-Lichtquelle als Scanner ausgebildet ist und die Erzeugung der Modifikationen in Abhängigkeit von der Laserscanrichtung, der Laserpolarisationsrichtung und der Kristallorientierung erfolgt,

und/oder

der Abstand zwischen den Verschiebungen zweier nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung erzeugter Modifikationen kleiner als 10000 nm ist, insbesondere kleiner als 1000 nm ist, insbesondere kleiner als 100 nm ist,

und/oder

die äußere Begrenzungen von nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung erzeugten Modifikationen weniger als 10000 nm, insbesondere weniger als 1000 nm, insbesondere weniger als 100 nm, voneinander beabstandet sind.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die LASER-Strahlung in dem Festkörper Modifikationen, insbesondere Kristallgitterdefekte, erzeugt,

wobei der Festkörper (1) gegenüber der LASER-Lichtquelle translatorisch bewegt wird und

die Anzahl der Modifikationen je cm^2 der Festkörperoberfläche, durch welche die LASER-Strahlung zum Erzeugen der Modifikationen in den Festkörper eindringt, wobei sich die Maximalanzahl der Modifikationen je cm^2 und gemäß der translatorischen Bewegung in XY-Richtung bevorzugt in Abhängigkeit des Festkörpermaterials und der Energiedichte der LASER-Strahlung bestimmt

und/oder

gemäß der translatorischen Bewegung in XY-Richtung des Festkörpers gegenüber der LASER-Lichtquelle die Modifikationen mit unterschiedlichen Mustern, insbesondere Abständen zwischen den einzelnen neu erzeugten Modifikationen, und/oder mit veränderten Energieeintrag, insbesondere reduziertem Energieeintrag, erzeugt werden,

und/oder

die LASER-Lichtquelle als Scanner ausgebildet ist und die Erzeugung der Modifikationen in Abhängigkeit von der Laserscanrichtung, der Laserpolarisationsrichtung und der Kristallorientierung erfolgt,

und/oder

der Abstand zwischen den Verschiebungen zweier nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung erzeugter Modifikationen kleiner als 10000 nm ist, insbesondere kleiner als 1000 nm ist, insbesondere kleiner als 100 nm ist,

und/oder

die äußere Begrenzungen von nacheinander in Modifikationserzeugungsrichtung erzeugten Modifikationen weniger als 10000 nm, insbesondere weniger als 1000 nm, insbesondere weniger als 100 nm voneinander beabstandet sind.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

nach der Abtrennung des Festkörperanteils (12) eine erneute Beaufschlagung des Restfestkörpers (1) mit LASER-Strahlung der LASER-Lichtquelle durch geführt wird

wobei die LASER-Strahlung einen vorgegebenen Anteil des Restfestkörpers (1) im Inneren des Festkörpers (1) zur Ausbildung eines Ablösebereichs (2) definiert temperiert, und

die in dem vorgegebenen Anteil des Festkörpers (1) erzeugte Temperatur so hoch ist, dass das den vorgegebenen Anteil ausbildende Material eine vorbestimmte Stoffumwandlung erfährt.

14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

das thermische Beaufschlagen der Aufnahmeschicht (140) eine Abkühlung der Aufnahmeschicht (140) auf eine Temperatur von unter 20°C, insbesondere unter 10°C oder unter 0°C oder unter -10°C oder unter -100°C oder unter -125°C oder unter die Glasübergangstemperatur des Materials der Aufnahmeschicht (140), umfasst.