

(12)

# Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 9272/2021  
 (86) PCT-Anmeldenummer: PCT/RU21050270  
 (22) Anmeldetag: 20.08.2021  
 (43) Veröffentlicht am: 15.07.2023

(51) Int. Cl.: B23K 20/00 (2006.01)  
 B23K 20/10 (2006.01)  
 H05K 3/34 (2006.01)  
 H01L 23/00 (2006.01)

(30) Priorität:  
 04.09.2020 RU 2020129360 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:  
 SU 1731539 A1  
 EP 1224997 A1  
 US 7122905 B2  
 WO 2010020753 A2  
 WO 2012120351 A1  
 RU 2525684 C1  
 RU 2525962 C1  
 DE 102016110590 A1  
 CN 113063162 A

(71) Patentanmelder:  
 Poduvaltsev Aleksei Aleksandrovich  
 603146 Nizhny Novgorod (RU)

(72) Erfinder:  
 Poduvaltsev Aleksei Aleksandrovich  
 603146 Nizhny Novgorod (RU)

(74) Vertreter:  
 Grund Martin Dr.  
 6265 Hart (AT)

## (54) MONTAGEVERFAHREN VON DRAHLEITERN AN ANSCHLUSSFLÄCHEN VON HALBLEITERGERÄTEN

(57) Die Erfindung bezieht sich auf das Ultraschall-Bonden und kann zur Montage von Drahtleitern bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen verwendet werden. Der Erfindungsgedanke: ein Montageverfahren von Drahtleitern an den Anschlussflächen von Halbleiterbauelementen durch Ultraschallschweißen, umfasst das Aufbringen von externem statischen Druck auf die zu verbindenden Elemente, das Zuführen von Ultraschall schwingungen zu der Verbindungszone und der Stromdurchfluss durch beide zu verbindenden Elemente, dessen Wert 0,8 bis 0,9 des Werts des Schmelzstroms höher als das niedrigere schmelzende Element, dabei wird eine Kontaktelektrode vor dem Schweißen in der Nähe der Ultraschallelektrode zum geschweißten Leiter so herangebracht, dass ein Segment des Leiters zwischen den Elektroden gebildet wird, während die Kontaktelektrode den Leiter mit statischem Druck sowohl auf die Anschlussfläche als auch außerhalb dieser drückt, wonach vor dem Schweißen der Widerstand des Leitersegments gemessen wird und entsprechend dem erhaltenen Wert wird die Spannung während des Schweißens eingestellt, um den Wert des Schweißstroms aufrechtzuerhalten.

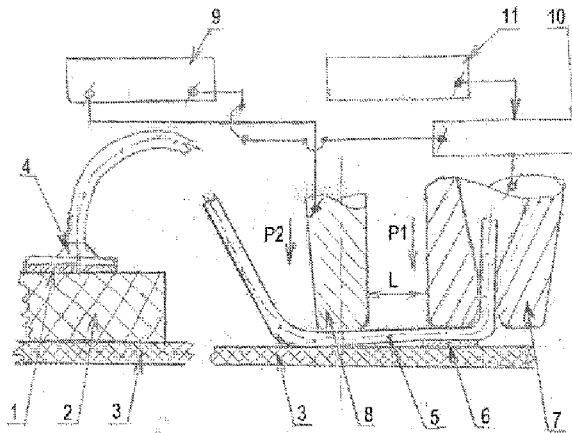


Fig. 1

## Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf das Ultraschall-Bonden und kann zur Montage von Drahtleitern bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen verwendet werden. Der Erfindungsgedanke: ein Montageverfahren von Drahtleitern an den Anschlussflächen von Halbleiterbauelementen durch Ultraschallschweißen, umfasst das Aufbringen von externem statischen Druck auf die zu verbindenden Elemente, das Zuführen von Ultraschallschwingungen zu der Verbindungszone und der Stromdurchfluss durch beide zu verbindenden Elemente, dessen Wert 0,8 bis 0,9 des Werts des Schmelzstroms höher als das niedrigere schmelzende Element, dabei wird eine Kontaktelektrode vor dem Schweißen in der Nähe der Ultraschallelektrode zum geschweißten Leiter so herangebracht, dass ein Segment des Leiters zwischen den Elektroden gebildet wird, während die Kontaktelektrode den Leiter mit statischem Druck sowohl auf die Anschlussfläche als auch außerhalb dieser drückt, wonach vor dem Schweißen der Widerstand des Leitersegments gemessen wird und entsprechend dem erhaltenen Wert wird die Spannung während des Schweißens eingestellt, um den Wert des Schweißstroms aufrechtzuerhalten.

## ANMELDUNGSTITEL: MONTAGEVERFAHREN VON DRAHTLEITERN AN ANSCHLUSSFLÄCHEN VON HALBLEITERGERÄTEN

### BEREICH DER TECHNIK

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet des Ultraschall-Bondens und kann zur Montage von Drahtleitern bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen verwendet werden.

### BISHERIGER STAND DER TECHNIK

Ein bekanntes Verfahren des Ultraschall-Bondens für Metallteile unterschiedlicher Dicke, hauptsächlich isolierte Drähte mit Zuleitungsteilen ohne vorheriges Abisolieren (Erfinderzertifikat der UdSSR Nr. 349527, Internationale Patentklassifikation B23K19/00, veröffentlicht am 04.09.1972), bei dem die Teile gequetscht, die Teile größerer Dicke erhitzt und zur Verbindungsstelle mit Ultraschallschwingungen zugeführt werden.

Ein bekanntes Verfahren zur Kontaktpunktschweißung (Erfinderzertifikat der UdSSR Nr. 240889, Internationale Patentklassifikation B23K, veröffentlicht am 01.04.1969) von Metallen mit geringer Dicke, hauptsächlich mit akkumulierter Energie unter Verwendung von Ultraschallbearbeitung der Verbindung, die darin besteht, dass die Kontaktwiderstand kontinuierlich gemessen und der Schweißstromimpuls wird abgeschaltet, wenn er einen bestimmten, optimalen Wert des Kontaktwiderstands erreicht.

Die obigen Verfahren sind in ihrer Anwendung beschränkt, insbesondere besteht das Verfahren des Ultraschall-Bondens von Metallteilen unterschiedlicher Dicke nur darin, das Teil zu erhitzen, dessen Verformung nicht begrenzt ist.

Als Vorgänger wurde das Verfahren des Ultraschall-Bondens gewählt, wenn Drähte zu den Anschlussflächen integrierter Schaltkreise angeschweißt werden (Erfinderzertifikat SU1230043A, Internationale Patentklassifikation V23K20/10 veröffentlicht am 24.09.84) die darin besteht, dass auf die zu verbindenden Elemente mittels einer Ultraschallelektrode ein äußerer statischer Druck ausgeübt wird, die Ultraschallschwingungen in die Verbindungszone eingespeist werden und elektrischer Strom durch beide verbundenen Elemente geleitet wird und der Stromwert 0,8 bis 0,9 des Schmelzstromwertes eines niedrigeren schmelzbaren Elementes beträgt, während der Kontakt zur Stromübertragung direkt der Anschlussfläche des Gerätes zugeführt wird.

Aufgrund der Tendenz zur zunehmenden Integration derzeitiger Halbleiterbauelemente,

wie funktioneller Halbleiterchips oder hybrider Mikroschaltungen, werden die Gesamtabmessungen der Anschlussflächen auf Bauelementen zum Anbringen von Verbindungsleitern tendenziell minimiert, d.h. ihre Breite und Länge werden dem Durchmesser der Drahtleiter vergleichbar, die an solche Anschlussflächen geschweißt werden müssen, während die minimalen Abmessungen der Anschlussflächen es schwierig machen, den Schweißstrom der Schweißzone zuführen, um ihn durch beide verbundenen Elemente zu leiten, um eine qualitativ hochwertige Schweißverbindung zu erzeugen.

Um den Verbrauch von Edelmetallen bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen zu reduzieren, wird außerdem auch die Dicke des Beschichtungsmaterials der Anschlussflächen verringert (hauptsächlich bei der Vergoldung), was dazu führt, dass das Material der Anschlussfläche im Fall des Zuführens eines Kontakts zur Anschlussfläche den angegebenen Stromwert nicht hält und zusammenbrechen (durchbrennen) kann.

## VERWIRKLICHUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindungsaufgabe besteht darin, die obigen Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen.

Die Lösung dieses technischen Problems wird unter Verwendung eines Verfahrens implementiert, bei dem die Montage von Drahtleitern an den Anschlussflächen eines Halbleiterbauelements wie folgt durchgeführt wird.

Vor Beginn des Schweißens wird in der Nähe der Ultraschallelektrode eine Kontakttelektrode so an den zu verschweißenden Leiter herangeführt, dass zwischen den Elektroden ein Segment des Leiters entsteht, dabei drückt die Kontakttelektrode den Leiter mit statischem Druck sowohl an die Anschlussfläche als auch außerhalb dieser Fläche, wonach der Widerstand des Segments vor dem Schweißen des Leiters gemessen wird und der resultierende Wert die Spannung während des Schweißens einstellt, um den Wert des Schweißstroms aufrechtzuerhalten.

Die Umsetzung des vorgeschlagenen Verfahrens ermöglicht die Montage von Drahtleitern auf Kontaktspuren mit minimalen Gesamtabmessungen sowie das Schweißen auf Anschlussflächen mit einer minimalen Beschichtungsdicke aufgrund der Zufuhr von Schweißstrom zur Schweißzone durch den zu geschweißten Leiter.

## AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

Die Erfindung wird durch Zeichnungen veranschaulicht.

Die Fig. 1, und Fig. 2 zeigen Ausführungsbeispiele des Verfahrens.

1. Das erste Ausführungsbeispiel des Verfahrens (Fig. 1)

Auf der Anschlussfläche 1 des Halbleiterkristalls 2, der auf der Funktionsplatine 3 montiert ist, wird die erste Schweißverbindung durch Ultraschall-Bonden in Form einer verformten „Kugel“ 4 gebildet.

Aus dem Leiter 5 wird eine Brücke gebildet und mit Hilfe der Ultraschallelektrode 7 wird der statische Druck P1 zum Leiter 5 auf der Anschlussfläche 6 aufgebracht. Außerhalb des Bereichs der Anschlussfläche 6 wird die Kontaktelektrode 8 senkrecht auf den Leiter 5 abgesenkt und statischer Druck P2 aufgebracht, während sich zwischen der Ultraschallelektrode 7 und der Kontaktelektrode 8 ein Abschnitt des Leiters 5 mit der Länge L gebildet, die beiden Elektroden sind mit der Stromquelle 9 verbunden, und die Ultraschallelektrode 7 ist über den Ultraschallwandler 10 mit dem Ultraschallgenerator 11 verbunden, und die Stromquelle 9 sich in einem Modus zum Messen des Widerstands des Leitersegments 5 mit der Länge L vor dem Schweißen befindet.

Der Widerstand R1 des Segments des Leiters 5 mit einer Länge L wird gemessen, der Ultraschallgenerator 10 und die Stromquelle 9 werden eingeschalten und unter Berücksichtigung des gemessenen Widerstands R1 die Ausgangsspannung an der Stromquelle 9 auf den Wert U1 geändert, dadurch (nach dem Ohmschen Gesetz) den erforderlichen Wert des Schweißstroms  $I_{Schw}$ , während des Schweißens aufrechterhalten, in diesem Fall erfolgt zwischen der Ultraschallelektrode 7 und dem Material des Leiters 5 aufgrund des Kontaktwiderstands (Übergangswiderstand) eine gegenseitige Erwärmung sowie eine Erwärmung des Materials des Kontaktpads 6 des Halbleiterbauelements, während unter dem Einfluss von Ultraschallenergie, die durch die Ultraschallelektrode 7 in die Schweißzone eingebracht wird, eine plastische Verformung der zu verbindenden Materialien und eine Schweißverbindung zwischen dem Leiter 5 und dem Anschlussfläche 6 gebildet wird.

## 2. Das zweite Ausführungsbeispiel des Verfahrens (Fig. 2).

Auf der Anschlussfläche 1 des Halbleiterkristalls 2, der auf der Funktionsplatine 3 installiert ist, wird die erste Schweißverbindung durch Ultraschall-Bonden in Form einer verformten „Kugel“ 4 gebildet. Aus dem Leiter 5 wird eine Brücke auch auf der Anschlussfläche 6 zum Leiter 5 gebildet, unter Verwendung einer Ultraschallelektrode 7 wird ein statischer Druck P1 ausgeübt. Im Bereich der Anschlussfläche 6 wird die Kontaktelektrode 8 senkrecht auf den Leiter 5 abgesenkt und ein statischer Druck P2 aufgebracht, während zwischen der Ultraschallelektrode 7 und der Kontaktelektrode 8 ein Abschnitt des Leiters 5 der Länge L gebildet ist, dabei sind beide Elektroden mit der Stromquelle 9 verbunden, und die Ultraschallelektrode 7 ist über den Ultraschallwandler 10 mit dem Ultraschallgenerator 11 verbunden, und die Stromquelle 9 befindet sich im Modus zum Messen des Widerstands des Segments des Leiters 5 mit der Länge L vor dem Schweißen.

Der Widerstand  $R2$  des Segments des Leiters 5 mit der Länge  $L$  wird gemessen, der Ultraschallgenerator 10 und die Stromquelle 9 werden eingeschalten und unter Berücksichtigung des gemessenen Widerstands  $R2$  geändert, die Ausgangsspannung an der Stromquelle 9 auf den Wert  $U2$ , dadurch (nach dem Ohmschen Gesetz) den erforderlichen Wert des Schweißstroms  $I_{Schw}$ , während des Schweißens aufrechterhalten, in diesem Fall zwischen der Ultraschallelektrode 7 und dem Material des Leiters 5, aufgrund des Kontakt(Übergangs-)widerstands, eine gegenseitige Erwärmung, sowie Erhitzen des Materials der Anschlussfläche 6 des Halbleiterbauelements, während unter dem Einfluss von Ultraschallenergie, die durch die Ultraschallelektrode 7 in die Schweißzone eingeführt wird, eine plastische Verformung der zu verbindenden Materialien und eine Schweißverbindung zwischen den Leiter 5 und der Anschlussfläche 6 gebildet wird .

Für beide Varianten der Ausführungsbeispiele des Verfahrens gilt, dass der Widerstand des Leitersegments  $R1$  und  $R2$  vom Anpresspunkt des Leitersegments an die Anschlussfläche abhängt, die sich sowohl im Bereich von der Anschlussfläche als auch außerhalb der Fläche befinden können, wenn der Kontakt auf den Leiter außerhalb der Grenzen der Anschlussfläche aufgebracht wird, der Schweißstrom  $I_{Schw}$  nur entlang des Segments des Leiters fließt und wenn der Kontakt im Bereich der Kontaktfläche aufgebracht wird, dann fließt der Schweißstrom  $I_{Schw}$  gleichzeitig entlang des Leitersegments und über die Anschlussfläche.

## GEWERBLICHE ANWENDBARKEIT

### Ausführungsbeispiel

Die Montage des Drahtleiters erfolgte auf einer automatisierten Ultraschallbondanlage vom Typ UMS-2ShK im „Ball-Keil“-Verfahren.

Der Golddraht von der Sorte Zl 99,99TU 48-1-763-84 „Goldmikrodraht für integrierte Schaltungen“ mit einem Durchmesser von 40  $\mu\text{m}$  wurde seriell zuerst durch Ultraschall-Bonden an die Anschlussflächen des Kristalls unter Verwendung des „Ball“-Verfahrens geschweißt, eine Brücke wurde gebildet, eine Ultraschallelektrode vom Typ KT 51 mit der Länge des Schweißabdrucks von 60  $\mu\text{m}$ , hergestellt aus einer Legierung vom Typ BK6, auf die Anschlussfläche der Platine abgesenkt und den Draht mit einer Schweißkraft von 60 Gramm gequetscht, dabei hatten die Kontaktpads auf der Platine zwei Gesamtabmessungen: (60x60)  $\mu\text{m}$  und (800x800)  $\mu\text{m}$  mit einer Dicke der Goldbeschichtung von 0,05  $\mu\text{m}$ .

Vor der Installation an einem Ultraschallgenerator vom Typ UGEN-20A wurden folgende Ultraschall-Schweißparameter eingestellt: Ultraschall-Schwingungsleistung 0,15 W, Ultraschall-Schwingungsfrequenz 62 kHz, Schweißzeit 40 ms. Bei der Stromquelle ITSP-3P wurde

der Wert des Schweißstroms auf 18 A eingestellt.

Im ersten Fall wurde bei der Montage des Drahtes auf einem Kontaktpad mit Abmessungen (60x60)  $\mu\text{m}$  eine Kontaktelektrode aus einer Kupferlegierung auf den Leiter abgesenkt und mit einem statischen Druck von 20 Gramm zusammengedrückt, der Leiter wurde gegen die von der Anschlussfläche isolierte Oberfläche der Platine gedrückt, d. h. die Kontaktstelle lag außerhalb des Bereichs der Anschlussfläche, während die Kontaktstelle von der Stirnfläche der Ultraschallelektrode in einem Abstand von 100  $\mu\text{m}$  getrennt war. Vor dem Schweißen hat die Stromquelle ITSP-3P automatisch den Widerstand des Schweißkreises gemessen, einschließlich des Widerstands des zwischen den Elektroden eingeschlossenen Leitersegments, der 0,08 Ohm betrug, und (gemäß dem Ohmschen Gesetz) hat die Stromquelle ITSP-3P die Schweißspannung auf 1,44 V automatisch eingestellt.

Im zweiten Fall wurde bei der Montage des Drahtes auf einem Kontaktpad mit Abmessungen von (800 x 800)  $\mu\text{m}$  eine Kontaktelektrode aus einer Kupferlegierung auf den Leiter abgesenkt und mit einer Kraft von 20 Gramm zusammengedrückt, wodurch der Leiter an die Oberfläche der Anschlussfläche gedrückt wurde, d. h. der Kontaktpunkt befand sich im Bereich der Anschlussfläche, während der Kontaktpunkt von der Stirnfläche der Ultraschallelektrode in einem Abstand von 100  $\mu\text{m}$  entfernt war. Vor dem Schweißen hat die Stromquelle ITSP-3P automatisch den Widerstand des Schweißkreises gemessen, einschließlich des Widerstands des zwischen den Elektroden eingeschlossenen Leitersegments, der 0,06 Ohm betrug, und (nach dem Ohmschen Gesetz) wurde die Schweißspannung automatisch auf 1,08 V eingestellt.

Ferner wurden in beiden Fällen der UGEN-20A-Ultraschallgenerator und die ITSP-3P-Stromquelle eingeschaltet, während die Bildung einer Schweißverbindung des Drahtleiters mit der Anschlussfläche der Platine erfolgte und das Schweißen nur unter das Arbeitsende der Ultraschallektrode stattfand.

In beiden Fällen betrug der Wert der Trennkraft von Schweißverbindungen während des Tests nicht weniger als 150 mN (15 Gramm), was eine gute Qualität des Drahtbondens während des Betriebs einer Halbleitervorrichtung garantiert.

### Patentanspruch

Verfahren zum Anbringen von Drahtleitern an die Anschlussflächen von Halbleitervorrichtungen durch Ultraschall-Bonden, umfassend das Aufbringen von externem statischen Druck auf die zu verbindenden Elemente, das Zuführen von Ultraschallschwingungen zur Verbindungszone und den Stromdurchfluss durch beide Elemente, dessen Wert 0,8 bis 0,9 des Werts des Schmelzstroms eines niedrigeren schmelzbaren Elements beträgt, dadurch gekennzeichnet, dass vor Beginn des Schweißens neben der Ultraschallelektrode eine Kontaktelektrode derart an den geschweißten Leiter gebracht wird dass ein Segment des Leiters zwischen den Elektroden gebildet wird, während die Kontaktelektrode den Leiter mit statischem Druck sowohl auf die Anschlussfläche als auch außerhalb der Fläche drückt, wonach vor dem Schweißen der Widerstand eines Segments des Leiters gemessen wird, und entsprechend dem erhaltenen Wert die Spannung während des Schweißens eingestellt wird, um den Wert des Schweißstroms beizubehalten.

1/2

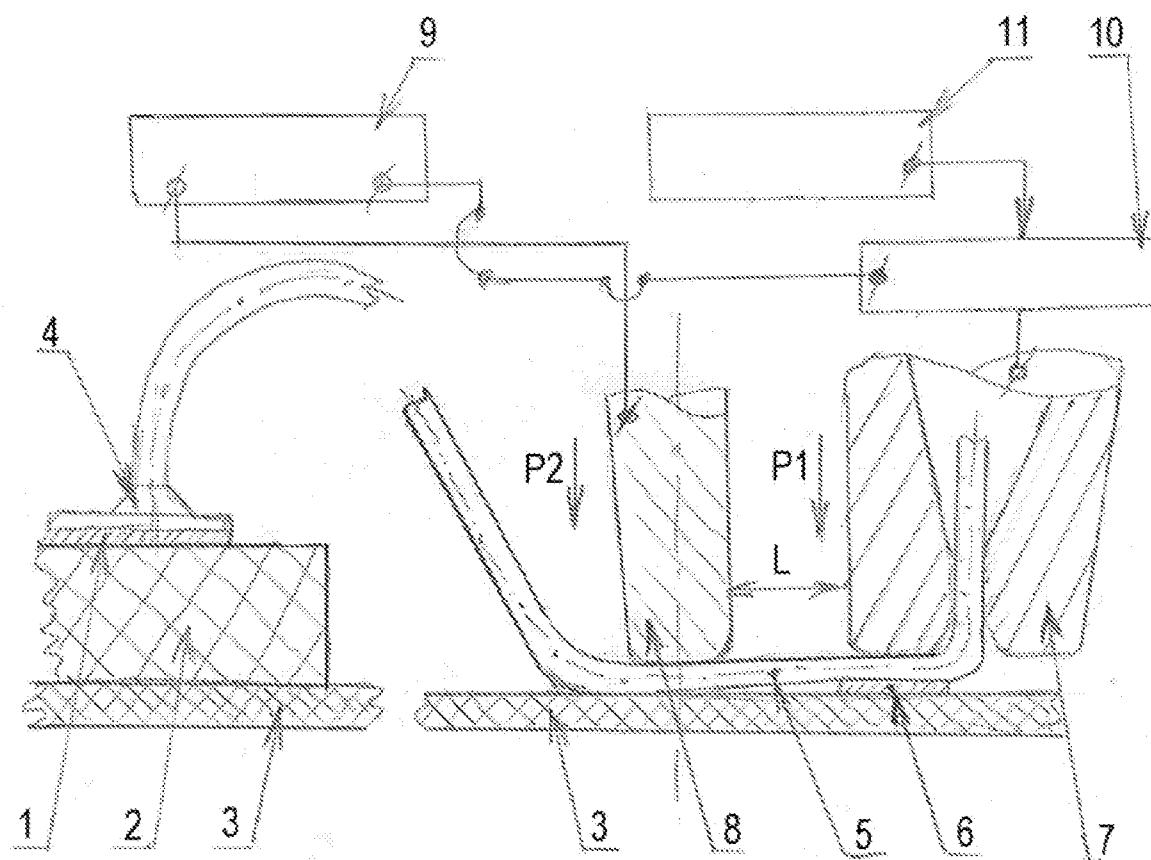
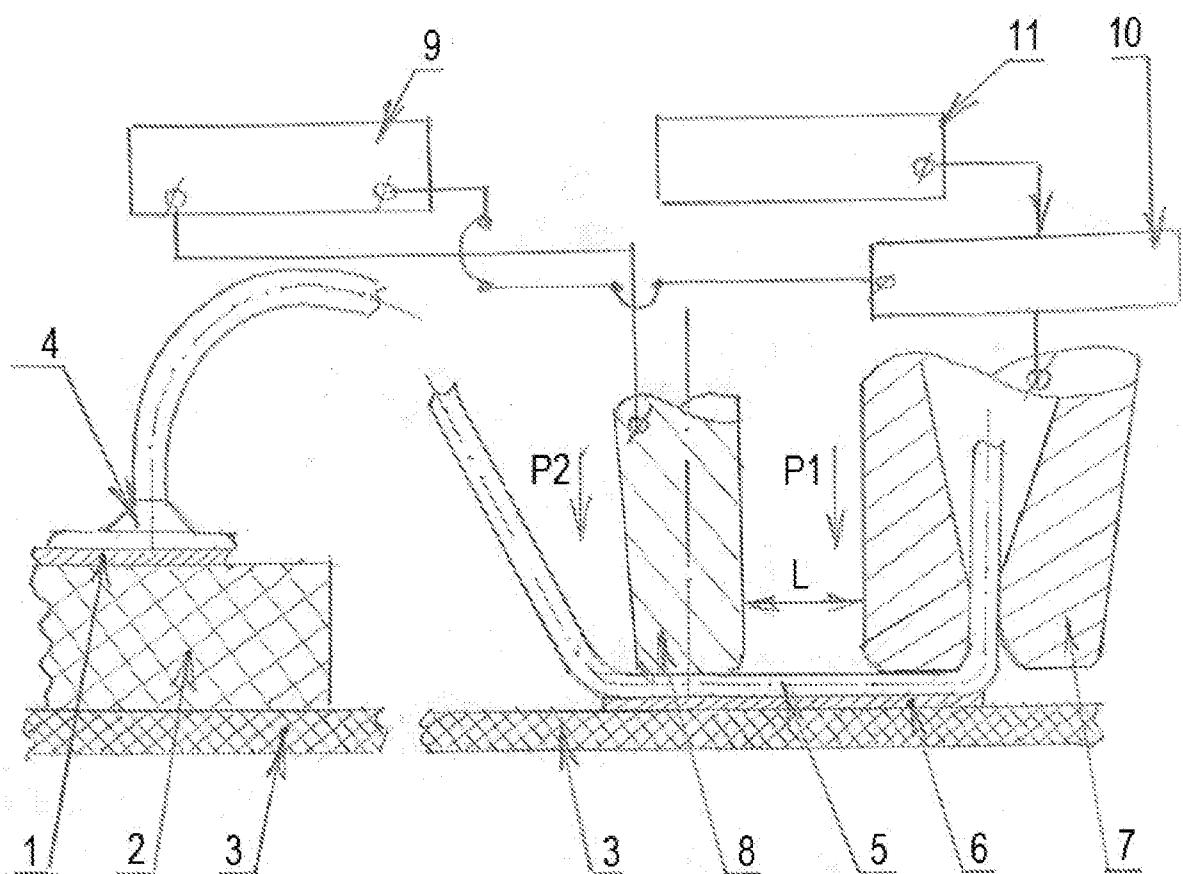


Fig. 1



**Fig. 2**

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**B23K 20/00** (2006.01); **B23K 20/10** (2006.01); **H05K 3/34** (2006.01); **H01L 23/00** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**B23K 20/008** (2013.01); **B23K 20/10** (2013.01); **H05K 3/34** (2019.01); **H01L 24/45** (2013.01); **H01L 24/48** (2015.10); **H01L 24/85** (2013.01); H05K 2203/0285 (2013.01); H05K 2203/049 (2013.01); H05K 2203/1115 (2013.01)

Recherchierte Prüfstoff (Klassifikation):

B23K, H05K, H01L

Konsultierte Online-Datenbank:

WPIAP, EPODOC, PATENW, PATDEW, IEEEExplore, ScienceDirect

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 03.03.2023 eingereichten Ansprüchen 1 erstellt.

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	SU 1731539 A1 (B TOCHNOGO ELEKTRONNOGO MASH K) 07. Mai 1992 (07.05.1992) Figuren; Zusammenfassung (übersetzt) [online] [ermittelt am 26.06.2023] Ermittelt in <EPOQUE EPODOC Datenbank>	1
A	EP 1224997 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND) 24. Juli 2002 (24.07.2002) Figuren; Zusammenfassung; Paragraf 0112	1
A	US 7122905 B2 (GRIGG) 17. Oktober 2006 (17.10.2006) Figuren; Zusammenfassung	1
A	WO 2010020753 A2 (SEMBLANT) 25. Februar 2010 (25.02.2010) Figuren; Zusammenfassung	1
A	WO 2012120351 A1 (TOYOTA MOTOR) 13. September 2012 (13.09.2012) Figuren; Zusammenfassung; Paragrafen 0009, 0056	1
A	RU 2525684 C1 (ROSATOM) 20. August 2014 (20.08.2014) Figuren; Zusammenfassung und Paragraf 0013 (übersetzt) [online] [ermittelt am 26.06.2023] Ermittelt in <EPOQUE EPODOC Datenbank>	1
A	RU 2525962 C1 (NII EHLEKTRONNOJ TEKHN AOOT) 20. August 2014 (20.08.2014) Gesamtes Dokument (übersetzt) [online] [ermittelt am 26.06.2023] Ermittelt in <EPOQUE EPODOC Datenbank>	1
A	DE 102016110590 A1 (HESSE) 15. Dezember 2016 (15.12.2016) Figuren; Zusammenfassung	1

Datum der Beendigung der Recherche: 26.06.2023	Seite 1 von 2	Prüfer(in): MESA PASCASIO Johannes
---------------------------------------------------	---------------	---------------------------------------

\*Kategorien der angeführten Dokumente:

- X Veröffentlichung von **besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y Veröffentlichung von **Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist**.

- A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E Dokument, das von **besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmelde datum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- & Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	CN 113063162 A (ANHUI HANXIAN INTELLIGENT TECH) 02. Juli 2021 (02.07.2021) Gesamtes Dokument (übersetzt) [online] [ermittelt am 26.06.2023] Ermittelt in <EPOQUE EPODOC Datenbank>	1