

(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 281 769 A5

5(51) B 23 Q 16/00  
B 23 K 37/00

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP B 23 Q / 323 574 2 (22) 21.12.88 (44) 22.08.90

(71) Technische Universität Karl-Marx-Stadt, PSF 964, Karl-Marx-Stadt, 9010, DD

(72) Schuricht, Klaus, Dr.-Ing., DD

(73) siehe (71)

(54) **Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen, vorzugsweise in der Schweißtechnik**

(55) Positionserfassung; Montagefugen; Nahtführung; kapazitive Sensorelektrode; Differential-Kapazitätsumformer; Schutzringelektrode; Störunterdrückung; Achssteuersignal; Achsennachführung; Quotientenbildung; Gaspolster; kleine Bauform

(57) Die Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen bezieht sich insbesondere auf die Fugenverfolgung bzw. Nahtführung beim automatisierten Lichtbogenschweißen und ist für unterschiedliche Stoßformen der Fugestelle und in Mehrfachanordnung auch zur Erfassung des Stegabstands ausgewählter Stoßformen einsetzbar. Weiterhin ist die Erfindung zur Fugenverfolgung bei Kunststoffen, Holz und mineralischen Baustoffen einsetzbar. Die erfindungsgemäße Einrichtung besteht aus mindestens zwei kapazitiven Sensorelektroden in einer der Fuge oder Stirnfläche angepaßten Anordnung, die beide räumlich unmittelbar mit den Eingängen eines in integrierter Bauform realisierten Differential-Kapazitätsumformers verbunden sind. Jeder Sensorelektrode ist eine sie ganz oder teilweise umschließende, direkt an den Differential-Kapazitätsumformer angeschlossene Schutzringelektrode zugeordnet. Zur Unterdrückung von Störeinflüssen wird an den Sensorelektroden ein Gas- oder Luftpolster ausgebildet. Aus den an den Sensorelektroden entsprechend der lateralen Position auftretenden Teilkapazitäten wird der Quotient und nach interner Verstärkung ein Achssteuersignal gebildet. Zur Mittenführung wird dieses mittels Achsennachführung auf dem Wert Null gehalten. Die Einrichtung ist in einer kleinen kompakten Bauform und mit geringem technischen Aufwand realisierbar. Fig. 1

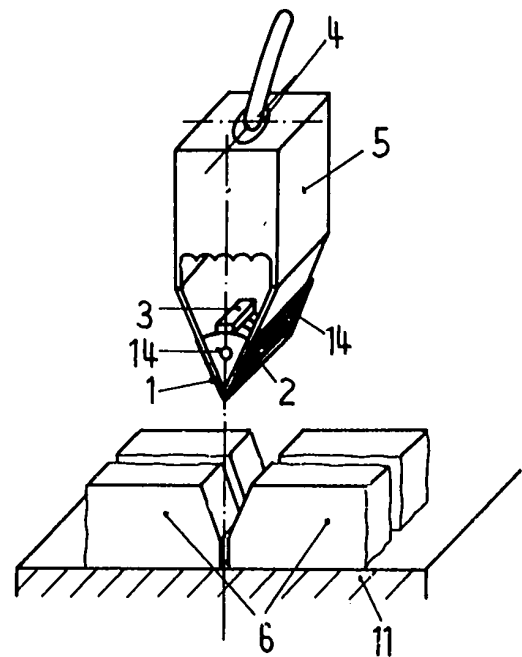


Fig. 1

### Patentansprüche:

1. Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen unter Verwendung von paarweise zugeordneten berührungslosen kapazitiven Abstandssensoren, wobei die Fugenflanken eines Werkstückes als Gegenelektroden dienen, **dadurch gekennzeichnet**, daß in unmittelbarer Einheit mit einem Gehäuse (5) mindestens zwei Sensorelektroden (1; 2), die den Fugenflanken oder den schmalen Stirnflächen eines Werkstückes (6) räumlich angepaßt sind, angeordnet sind, wobei an den Rückseiten der Sensorelektroden (1; 2) ein Differential-Kapazitätsumformer (3) in Form eines integrierten Schaltkreises derart kompakt angeordnet ist, daß die Sensorelektrode (1; 2) und der Differential-Kapazitätsumformer (3) eine räumliche Einheit bilden, wobei jeder Sensorelektrode (1; 2) je ein Eingang des Differential-Kapazitätsumformers (3) zugeordnet ist.
2. Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen, nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Sensorelektrode (1; 2) eine Schutzringelektrode (15) zugeordnet ist, die die Fläche der zugehörigen Sensorelektrode (1; 2) ganz oder teilweise umschließt, wobei die Schutzringelektrode (15) elektrisch mit einem Ausgang des Differential-Kapazitätsumformers (3) verbunden ist.
3. Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen, nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei oder mehrere erfindungsgemäße Anordnungen von Sensorelektroden (1; 2; 12; 13) untereinander und/oder mit einem Abstandssensor (17) räumlich starr gekoppelt sind.
4. Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Gehäuse (5) Bohrungen (14) angeordnet sind, deren Austrittsöffnungen den Fugenflanken bzw. Stirn- und Stoppflächen des Werkstückes (6) gegenüberliegen.
5. Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bohrungen (14) direkt in den Sensorelektroden (1; 2) angeordnet sind.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen und wird insbesondere zur Fugenverfolgung bzw. Nahtführung in der Schweißtechnik beim automatisierten Lichtbogenschweißen oder zur Fugenverfolgung bei Kunststoffen, Holz oder mineralischen Baustoffen bzw. für die Positionserfassung von Klebefugen an Betonplatten angewendet.

### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Die technische Lösung eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur berührungslosen Positionsbestimmung fester Körper nach kapazitiven Prinzip wird in DEOS 2737110 beschrieben.

Die Positionsbestimmung wird mit einer Hochfrequenzsonde, die aus mindestens einem Paar von Kondensatoren besteht, durchgeführt. Diese sind in einer gabelförmigen Halterung angeordnet. Der Gegenstand, dessen Position bestimmt werden soll, befindet sich im Raum vor der Gabel. Dabei darf seine seitliche Abweichung von der Symmetrieachse zwischen den beiden Kondensatoren nicht größer sein als die halbe Gabelweite.

Das bedeutet eine Einschränkung für enge räumlich Nachbarschaft der Elektroden, wodurch sich der Nachteil ergibt, daß schmale Objekte nicht erfaßbar sind.

Die 2 Kondensatoren sind mit zwei Widerständen als Phasenverschieberbrücke geschaltet, die mit einer hochfrequenten Wechselspannung gespeist wird. Mit zwei Komparatoren, die um 180° phasenversetzt arbeiten, werden die Phasenverschiebungen in den Komparatoren bestimmt. Die Ausgangsimpulse der Komparatoren werden zur Ansteuerung eines Flipflops benutzt, wobei ein Impuls entsteht, der einem Integrator zugeführt wird und ein analoges Ausgangssignal ergibt, mit welchem das Regelungssystem angesteuert wird.

Mit diesem System wird nur eine geringe Auflösung des Meßwertes erreicht, die nachteilig für die Erfassung von Fugen, schmalen Stirnflächen und kleinen Abständen ist.

Negativ wirkt sich auch bedingt durch die langen Übertragungswege des Meßwertes, die Empfindlichkeit gegen Umwelteinflüsse wie Verschmutzung, Dämpfe, Oberflächendefekte und Temperatur aus.

Ein weiterer Nachteil dieser Lösung besteht darin, daß sie eine große Bauform aufweist.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirnflächen zu schaffen, die bei geringem technischen Aufwand weitgehend unabhängig von Störeinflüssen aus dem Werkstück bzw. aus der Umwelt arbeitet.

### Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Erfassung der lateralen Position von Montagefugen, und schmalen Stirnflächen zu entwickeln, die bei einer kleinen Bauform minimale Übertragungswege zwischen Sensorelektroden und nachfolgender Elektronik aufweist und es gestattet, bei einer hohen Meßeempfindlichkeit störungsempfindliche Istwert-Signale unmittelbar durch den Sensor bereitzustellen, die zur direkten Ansteuerung von Stelleinrichtungen geeignet sind. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe unter Verwendung von paarweise angeordneten berührungslosen kapazitiven Abstandssensoren, wobei die Fugenflanken eines Werkstückes als Gegenelektrode dienen, dadurch gelöst, daß in unmittelbarer Einheit mit einem Gehäuse mindestens zwei Sensorelektroden und an deren Rückseite ein Differential-Kapazitätsumformer in Form eines integrierten Schaltkreises derart kompakt angeordnet sind, daß die Sensorelektroden und der Differential-Kapazitätsumformer eine räumliche Einheit bilden. Dabei ist jeder Sensorelektrode je ein Eingang des Differential-Kapazitätsumformers zugeordnet. Das Gehäuse mit den Sensorelektroden ist den Fugenflanken bzw. den Stirn- oder Stoßflächen des Werkstückes räumlich angepaßt. Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, daß an jeder Sensorelektrode eine Schutzelektrode derart angeordnet ist, daß sie die Sensorelektrode ganz oder teilweise umschließt. Die Schutzringelektrode ist elektrisch mit einem Ausgang des Differential-Kapazitätsumformers verbunden. Jeweils zwei oder mehrere erfindungsgemäße Anordnungen von Sensorelektroden können untereinander und/oder mit einem Abstandssensor räumlich starr gekoppelt sein. Im Gehäuse sind Bohrungen vorgesehen, deren Austrittsöffnungen den Fugenflanken bzw. den Stirn- und Stoßflächen des Werkstückes gegenüberliegen. Diese Bohrungen können vorteilhafterweise direkt in die Sensorelektroden eingebracht werden.

Die Stromversorgung der erfindungsgemäßen Einrichtung erfolgt über einen Stromversorgungsanschluß und einen Massenanschluß. Letzterer ist elektrisch mit einem Werkstücktisch verbunden, so daß sich je nach lateraler Position der beiden Sensorelektroden Differentialkapazitäten zwischen Werkstück und Sensorelektroden ausbilden.

Aus den sich zwischen je einer Sensorelektrode und den zugeordneten Werkstückflächen ausbildenden Teilkapazitäten wird im Differential-Kapazitätsumformer ein Quotient gebildet, dessen Wert vorzugsweise 1 beträgt, entsprechend einem Ausgangssignal von Null am Signalausgang. Dem Differential-Kapazitätsumformer ist dabei vorteilhafterweise ein Verstärker nachgeschaltet. Der Signalausgang stellt über ein Anschlußkabel ein bipolares Ausgangssignal hoher Amplitude bereit, das direkt zur Ansteuerung von Roboterachsen genutzt werden kann. Gleichsinnig wirkende Störeinflüsse, wie Staub, Temperatur, Dämpfe werden unterdrückt. Infolge der Quotientenbildung ist das Ausgangssignal in weiten Grenzen unabhängig vom absoluten Grundabstand zwischen Sensorelektrode und Werkstück.

Ein Ausgangssignal von Null am Signalausgang entspricht der lateralen Position der Einrichtung genau über Fugen- bzw. Flächenmitte des Werkstückes. Jede Abweichung von dieser Position ergibt ein vorzeichenbehaftetes Ausgangssignal und führt über die Ansteuerung der Achsensteuerung zur Mittenkorrektur.

Durch die räumliche Anpassung des Gehäuses mit den Sensorelektroden an die Fugenflächen bzw. Stirn- oder Stoßflächen der Werkstücke sowie die kompakte Anordnung wird die Zuverlässigkeit bei der Bestimmung der lateralen Position von Montagefugen und schmalen Stirn- bzw. Stoßflächen gewährleistet. Die Anordnung des Differential-Kapazitätsumformers in Form eines integrierten Schaltkreises in einer räumlichen Einheit mit den Sensorelektroden sichert kleinste Leitungslängen und damit eine Minimierung der Störungen durch Umwelteinflüsse. Eine Unterdrückung von auf die Sensorelektroden einwirkenden Störeinflüssen wird ebenfalls dadurch erreicht, daß je einer Sensorelektrode ein Eingang des Differential-Kapazitätsumformers zugeordnet ist. Gleichzeitig wird damit eine sehr hohe Meßeempfindlichkeit erzielt.

Die vorgesehenen Schutzringelektroden, die ebenfalls mit dem Differential-Kapazitätsumformer verbunden sind, sichern eine Feldlinienkonzentration und erhöhen die Ansprechentfernung sowie die laterale Auflösbarkeit der Einrichtung. Die Schutzringelektrode bietet besonders hinsichtlich der kleinen Bauform der erfindungsgemäßen Einrichtung Vorteile durch hohe Ansprechempfindlichkeit der Sensoren bei größeren Abständen zwischen den Sensorelektroden und dem Werkstück.

Vorteilhaft wirken die Bohrungen, durch die eine Gas- oder Luftzufuhr auf die gegenüberliegenden Flächen des Werkstückes erfolgt. Damit bildet sich ein Gas- bzw. Luftpolster zwischen Sensorelektrode und Werkstück. Gleichzeitig werden Stäube und Dämpfe verdrängt und ein Schmutzansatz an den Sensorelektroden verhindert.

Einen großen Vorteil ergibt die Kombination von mehreren erfindungsgemäßen Einrichtungen, die noch zusätzlich mit weiteren Sensorelektroden und einem Abstandssensor gekoppelt sein können. Die Sensorelektroden werden dabei mit einem gemeinsamen Differential-Kapazitätsumformer betrieben und erfüllen die Aufgabe, die gesamte Einrichtung in der Mitte des V-förmigen Teiles der Fuge zu führen.

Die Erfindung zeichnet sich insgesamt durch einen minimalen technischen Aufwand zu ihrer Realisierung sowie durch gute technische Parameter aus. Vorteilhaft ist weiterhin ihre sehr kleine Bauform. Die Unempfindlichkeit gegen Störeinflüsse wurde schon herausgehoben. Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung können weitestgehend unabhängig vom Werkstoff des Werkstückes unterschiedliche Fugen- und Flächenausbildungen erfaßt werden.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erfassung von V- und Y-Fugen

Fig. 2: Prinzipschaltbild des elektronischen Teils der erfindungsgemäßen Einrichtung

Fig. 3: Prinzipdarstellung einer Einrichtung zur Positionserfassung von Bördelnähten

Fig. 4: Prinzipdarstellung einer Einrichtung zur Positionserfassung von I-Fugen

Fig. 5: Prinzipdarstellung einer Sensorkombination zur Erfassung der lateralen Position und des Stegabstands für eine halbe Y-Fuge

Fig. 6: Darstellung der Anordnung von Schutzringelektroden an den Sensorelektroden.

In der Ausführungsform der Erfindung gemäß Fig. 1 wird ein vorzugsweise aus elektrisch isolierendem Material bestehendes Gehäuse 5 mit einer ersten Sensorelektrode 1 und einer zweiten Sensorelektrode 2 bestückt, wobei der Winkel zwischen beiden Sensorelektroden 1; 2 dem Flankenwinkel der Fugenflanken eines Werkstückes 6 angepaßt wird. An den Rückseiten der beiden Sensorelektroden 1; 2 wird ein Differential-Kapazitätsumformer 3 mit nachgeschaltetem Verstärker 7, zweckmäßigerweise in Form eines integrierten Schaltkreises so angeordnet, daß sich minimale Zuleitungslängen zu den Elektroden ergeben. Über ein Anschlußkabel 4 wird das Sensormeßsignal der zugehörigen Achsensteuerung zugeführt. Über Bohrungen 14, die vorzugsweise direkt in die Sensorelektroden 1; 2 eingebracht werden, wird zwischen diesen und den Fugenflanken ein Gas- bzw. Luftpolster ausgebildet, das die Sauberhaltung der Elektrodenflächen sichert, indem das Eindringen von Staub, Dämpfen, Spritzern u. a. Umwelteinflüssen in den Spalt zwischen Sensorelektroden 1; 2 und den Fugenflanken verhindert wird.

Die Fig. 2 zeigt das Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Einrichtung. Den Sensorelektroden 1; 2 ist der Differential-Kapazitätsumformer 3 und diesem nachfolgend ein Verstärker 7 nachgeordnet. Eine Schutzringelektrode 15 ist ebenfalls unmittelbar mit dem Differential-Kapazitätsumformer 3 verbunden. Die Stromversorgung der Sensorelektronik erfolgt über einen Stromversorgungsanschluß 8 und einen Masseanschluß 10.

Letzterer ist elektrisch mit einem Werkstücktisch 11 verbunden, so daß sich je nach lateraler Position der beiden Sensorelektroden 1; 2 Differentialkapazitäten zwischen Werkstück 6 und Sensorelektroden 1; 2 ausbilden. Die Schutzringelektrode 15, die jeder Elektrode 1; 2 zugeordnet ist, sichert eine Feldlinienkonzentration und erhöht die Ansprechentfernung sowie die laterale Auflösbarkeit der Einrichtung. Ein Signalausgang 9 stellt über das Anschlußkabel 4 ein bipolares Ausgangssignal hoher Amplitude bereit, das direkt zur Ansteuerung von Roboterachsen genutzt werden kann. In den Fig. 3 und 4 sind Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Einrichtung dargestellt, die speziell für andere Fugen- und Nahtformen ausgebildet sind. Bei diesen Ausführungsformen, wie auch beim Beispiel gemäß Fig. 1, wird aus den sich jeweils zwischen einer Sensorelektrode 1; 2 und dem zugehörigen Teil der Oberfläche des Werkstückes 6 ausbildenden Teilkapazitäten ein Quotient gebildet, dessen Wert vorzugsweise 1 beträgt – entsprechend einem Ausgangssignal von Null am Signalausgang 9. Dieser Wert entspricht einer lateralen Position der Einrichtung genau über Fugen- bzw. Flächenmitte des Werkstückes 6. Jede Abweichung von dieser Position ergibt ein vorzeichenbehaftetes Ausgangssignal und führt über die Ansteuerung der Achsensteuerung zur Mittenkorrektur.

Infolge der Differentialanordnung mit symmetrischem Aufbau werden störende Umwelteinflüsse unterdrückt. Der vertikale Abstand der Sensorelektroden 1; 2 zum Werkstück 6 beeinflußt nur die Ansprechempfindlichkeit der erfindungsgemäßen Einrichtung, jedoch nicht die Erfassung der lateralen Fugen- bzw. Flächenmitte.

Eine Ausführungsform gemäß Fig. 5 zeigt eine Kombination aus zwei Exemplaren der erfindungsgemäßen Einrichtung gemeinsam mit einem in Einfachanordnung betriebenen z. B. induktiv wirkenden Abstandssensor.

Die beiden ersten und zweiten Sensorelektroden 1; 2 werden mit einem gemeinsamen Differential-Kapazitätsumformer 3 betrieben und erfüllen die Aufgabe, die gesamte Einrichtung in der Mitte des V-förmigen Teiles der Fuge zu führen. Eine dritte Sensorelektrode 12, deren Kapazitätsanteil mit dem vertikalen Abstand der Einrichtung zum Werkstück 6 (Stegblech) korrespondiert, und eine vierte Sensorelektrode 13, die ebenfalls den Abstand zum Werkstück 6 (Gurtblech) erfaßt, sind mit einem weiteren Differential-Kapazitätsumformer 3 verbunden. Infolge der Fugenmittenföhrung mittels der Sensorelektroden 1; 2 kann die Sensorkombination, ausgehend von einer stabilen lateralen Position, den Quotienten aus dem Abstand der dritten Sensorelektrode 12 zum Stegblech des Werkstückes 6 und dem Abstand der vierten Sensorelektrode 13 zum Gurtblech des Werkstückes 6 erfassen. Da mittels des Abstandssensors 17 der Abstand der Sensorkombination zum Stegblech des Werkstückes 6 jederzeit meßbar ist, kann auch die Größe eines Stegabstands 16 zwischen beiden Teilen des Werkstückes 6 erfaßt werden. Diese Größe ist mit anderen Sensorprinzipien nur sehr aufwendig erfaßbar.

In Fig. 6 ist eine einfache Möglichkeit der Ausbildung einer Schutzringelektrode 15 um die Fläche der Sensorelektrode 1; 2; 12; 13 dargestellt. Diese Schutzringelektrode 15 bietet besonders hinsichtlich der kleinen Bauform der erfindungsgemäßen Einrichtung Vorteile durch hohe Ansprechempfindlichkeit der Sensoren bei großen Abständen zwischen Sensorelektroden 1; 2; 12; 13 und Werkstück 6. Weiterhin werden gegenseitige Beeinflussungen benachbarter Sensorelektroden 1; 2; 12; 13 vermieden.

Die vorgestellten Lösungen, vor allem gemäß Fig. 1, 3 und 4, zeichnen sich durch einen zu vergleichbaren Einrichtungen extrem geringen technischen Aufwand und durch gute technische Parameter aus.

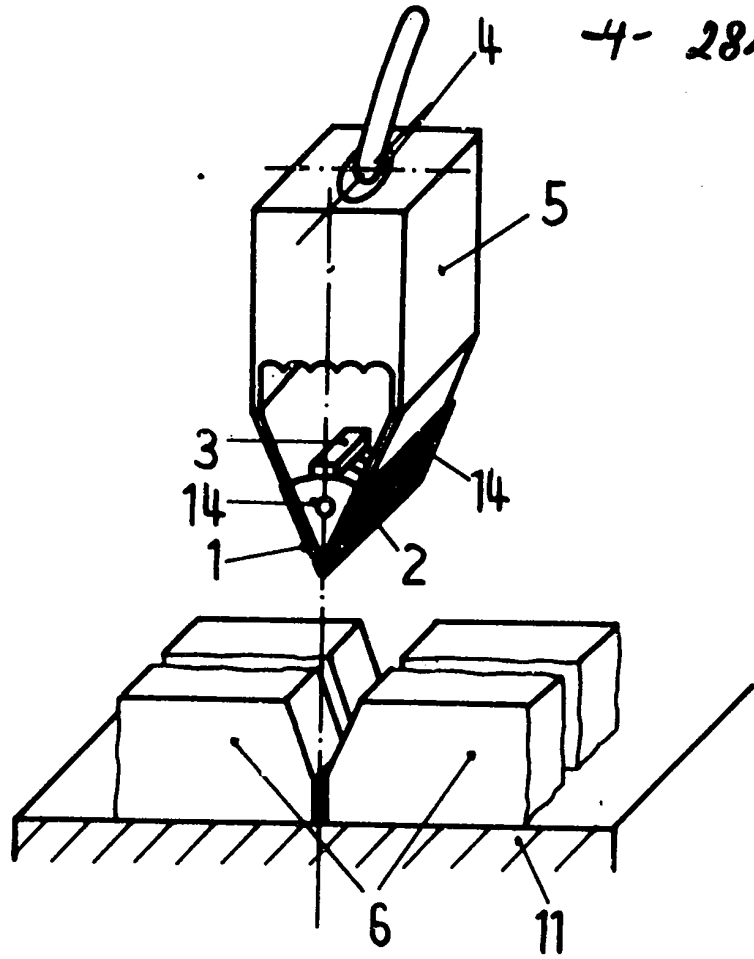


Fig. 1

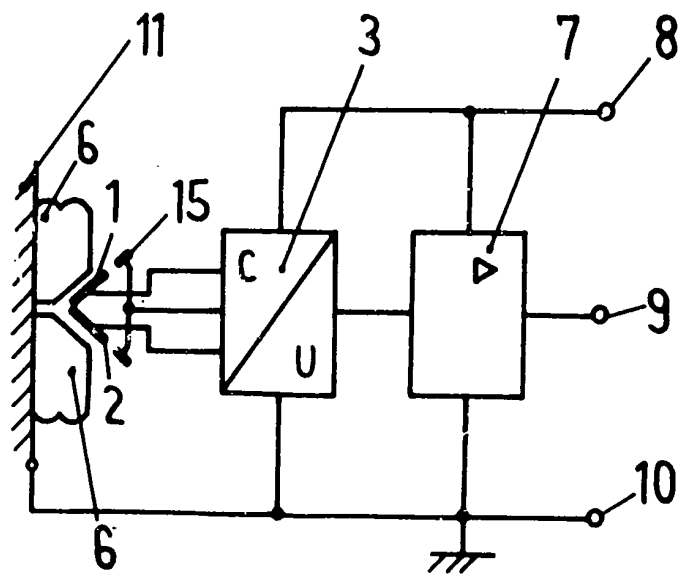


Fig. 2

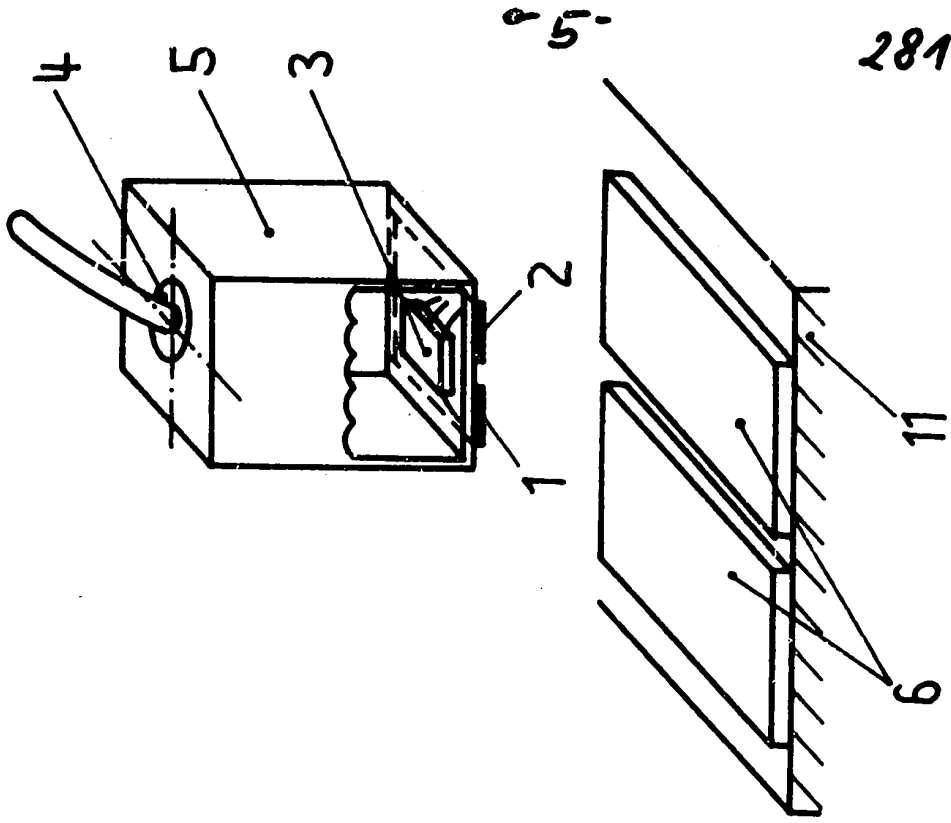


Fig. 4

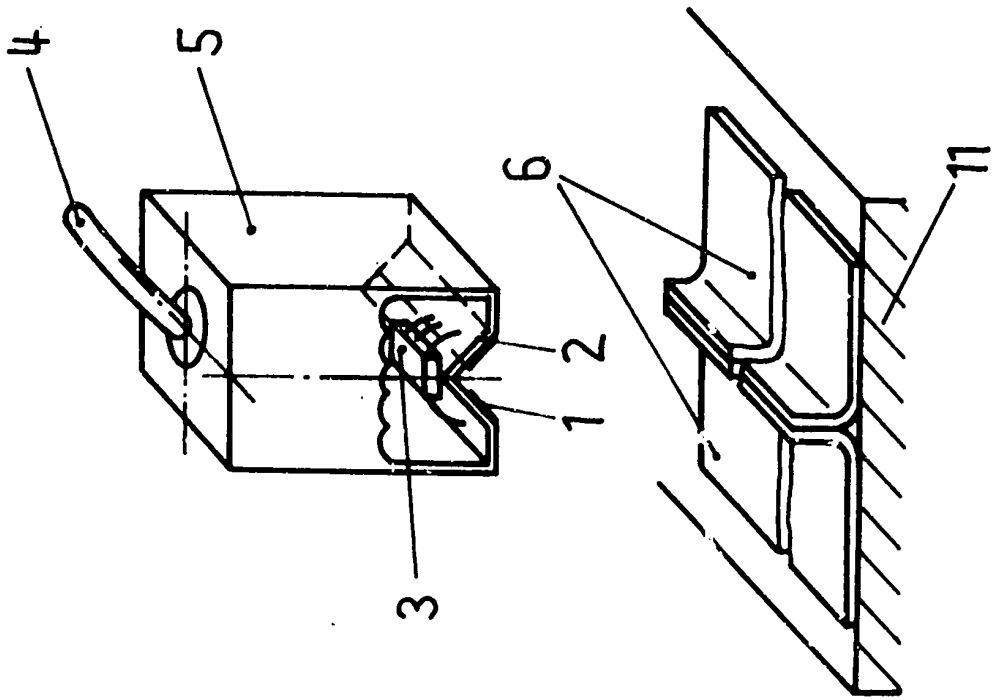


Fig. 3

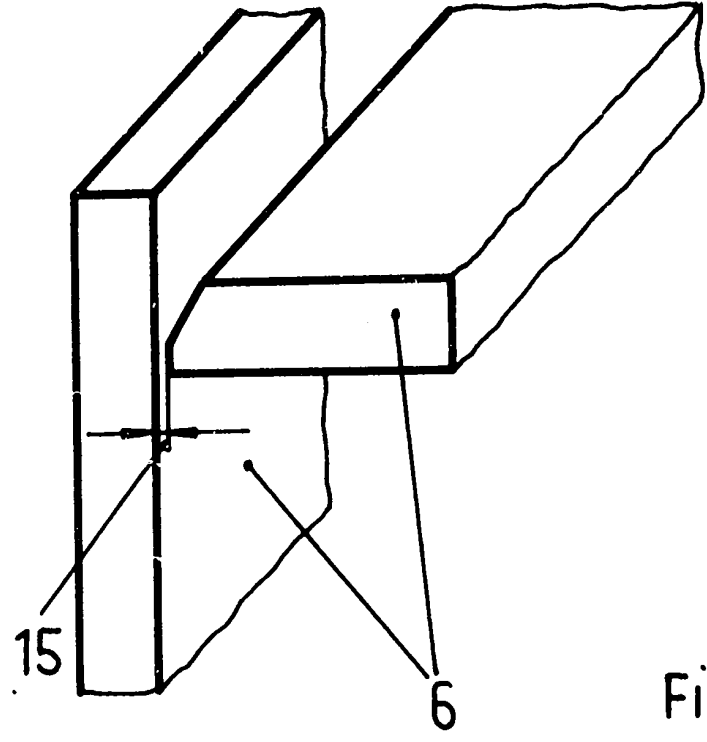
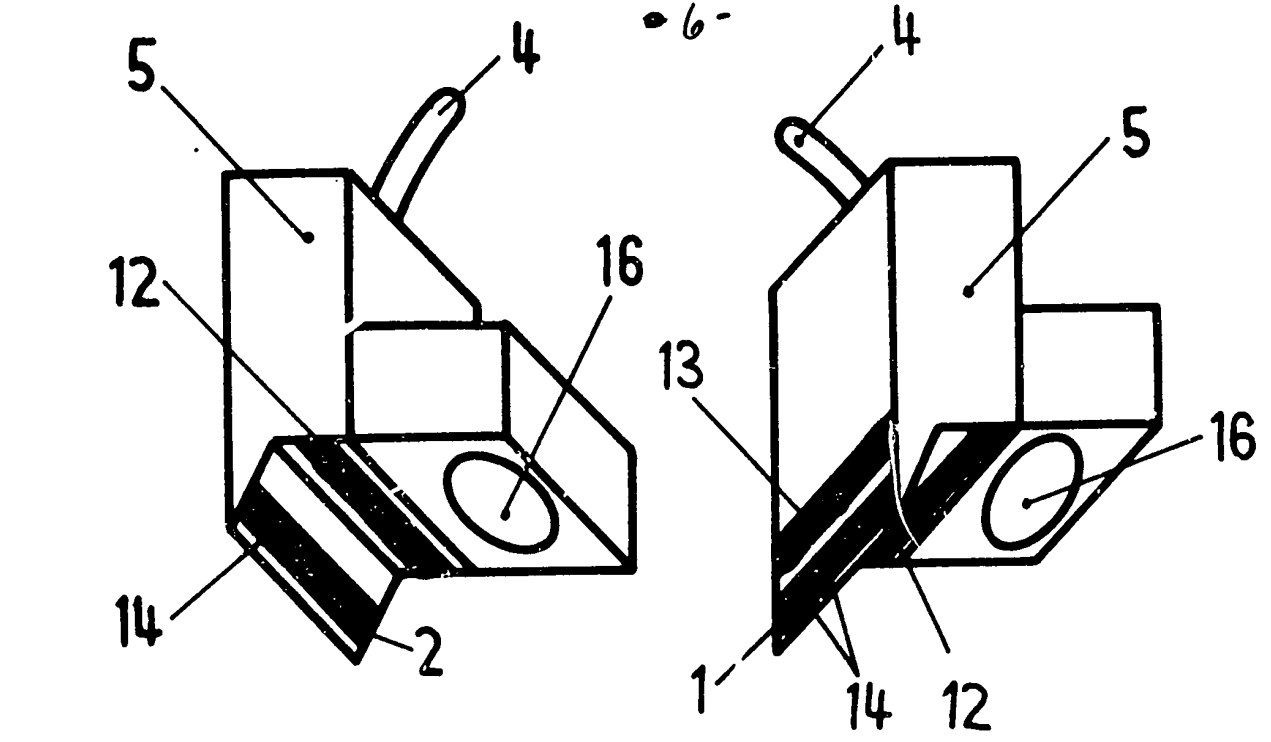


Fig. 5

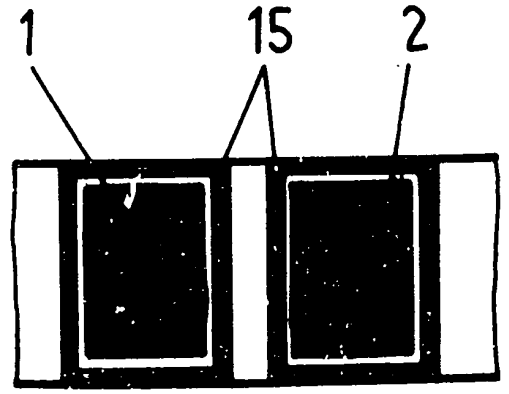


Fig. 6