

(12)

Patentschrift

- | | | | |
|-------------------------|-------------|------------------------------|--|
| (21) Anmeldenummer: | A 1007/2006 | (51) Int. Cl. ⁸ : | G01L 1/10 (2006.01)
G01L 1/16 (2006.01)
G01L 1/18 (2006.01)
G01L 9/06 (2006.01)
G01L 9/08 (2006.01)
G01L 23/10 (2006.01)
G01P 15/09 (2006.01)
H01L 41/04 (2006.01)
H01L 41/08 (2006.01) |
| (22) Anmeldetag: | 2006-06-13 | | |
| (43) Veröffentlicht am: | 2007-11-15 | | |

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2005/026678A US 3878477A
US 2006/0055286A1
DE 4336004A1 US 4306456A
DE 3418407A1 DE 20150505A1
DE 2950891A1

(73) Patentanmelder:
PIEZOCRYST ADVANCED SENSORICS
GMBH
A-8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
KRÖGER DIETMAR
GRAZ (AT)
HIRSCHLER MICHAEL
GRAZ (AT)
FRIEDL ALEXANDER
GRAZ (AT)
KRISPEL FERDINAND
WUNDSCHUH (AT)
BAUMGARTNER MARTIN
GRAZ (AT)

(54) VORRICHTUNG ZUR MESSUNG VON DRUCK, KRAFT, BESCHLEUNIGUNG ODER DAVON ABGELEITETEN GRÖSSEN

- (57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Druck, Kraft, Beschleunigung oder davon abgeleiteten Größen, mit zumindest einem piezoelektrischen Kristallelement (1, 1'), welches an gegenüberliegenden Seiten (2, 2') in eine krafteinleitende Struktur (3, 4) eingespannt ist. Erfindungsgemäß ist an zumindest einer Seitenfläche (5) des piezoelektrischen Messelementes (1, 1'), welche parallel zur Richtung der Krafteinleitung ausgerichtet ist, eine SAW-Struktur (6) mit zumindest einem elektroakustischen Wandler (7) angeordnet.

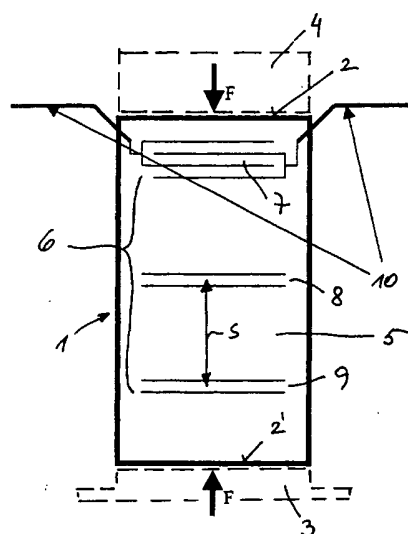


Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Druck, Kraft, Beschleunigung oder davon abgeleiteten Größen, mit zumindest einem piezoelektrischen Kristallelement, welches an gegenüberliegenden Seiten in eine krafteinleitende Struktur eingespannt ist.

- 5 Derartige Messvorrichtungen werden in ein für den entsprechenden Anwendungszweck optimiertes Gehäuse eingesetzt, wobei beispielsweise im Falle der Druckmessung die krafteinleitende Struktur einerseits aus einer druckseitig am Gehäuse angeordneten Membran und andererseits einem Widerlager im Gehäuse besteht. Die piezoelektrischen Kristallelemente können aus dünnen Platten oder Stäben bestehen, über deren Stirnflächen, bzw. Schmalseiten der zu messende Druck, bzw. die zu messende Kraft eingeleitet wird.

10 Eine Messvorrichtung der beschriebenen Art ist beispielsweise aus der WO 2005/026678 A bekannt geworden, welche ein mehrschichtiges piezoelektrische Messelementes zeigt, das in einen Druck- oder Kraftsensor einbaut werden kann. Das Messelement weist zumindest zwei
15 direkt nebeneinander angeordnete, piezoelektrische Kristallelemente auf, welche unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes eingesetzt werden. Die Kristallelemente sind plättchenförmig ausgebildet und weisen eine Dicke $< 0,5$ mm auf. Der Nachteil derartiger Messelemente besteht allgemein darin, dass sich damit zwar hervorragend Kraft- bzw. Druckänderungen bestimmen lassen, das System jedoch für die Absolutmessung, insbesondere bei höheren Temperaturen
20 ($> 150^{\circ}\text{C}$) nicht geeignet ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Messung von Druck, Kraft, Beschleunigung, Dehnung, Drehmoment oder davon abgeleiteten Größen dahingehend weiterzubilden, dass damit Absolutmessungen insbesondere auch bei höheren Temperaturen, durchgeführt werden
25 können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass an zumindest einer Seitenfläche des piezoelektrischen Messelementes, welche parallel zur Richtung der Krafteinleitung ausgerichtet ist, eine SAW-Struktur mit zumindest einem elektroakustischen Wandler angeordnet ist.
30 Ein SAW-Element (Oberflächenwellen-Element) umfasst ein Substratplättchen aus einem piezoelektrischen Material, auf dessen Oberfläche ein elektroakustischer Wandler vorgesehen ist, mit welchem sich bei entsprechender elektrischer Anregung seiner Strukturelemente in der Oberfläche des Substrats eine allgemein als Oberflächenwelle (Surface Acoustic Wave) bezeichnete akustische Welle erzeugen lässt.

35 Weiters kann die SAW-Struktur vom elektroakustischen Wandler beabstandete Reflektoren aufweisen. Durch die Reflektoren auf der Oberfläche ist eine bestimmte Laufstrecke definiert, welche bei Krafteinleitung in das Element verändert wird, wobei sich auch die elastischen Konstanten des piezoelektrischen Elements ändern und ebenfalls die Laufzeit beeinflussen.

40 Die SAW-Struktur kann jedoch auch zwei separate elektroakustische Wandler zum Ein- und Auskoppeln des elektrischen Signals aufweisen, wobei die Laufstrecke durch den Abstand der beiden elektroakustischen Wandler definiert ist.

45 Das erfindungsgemäße Messprinzip stellt sich wie folgt dar: Ein stehendes SAW-Element befindet sich unter Druckbelastung. Die Laufzeit der Oberflächenwelle ist abhängig von der mechanischen Belastung, wobei über die Änderung der Laufzeit der Absolutdruck bestimmt werden kann.

50 Das elektrische Signal (Anregung und Messung) kann über Funk oder Kabel an die SAW-Struktur übermittelt, bzw. empfangen werden. Der elektroakustische Wandler ist somit bei Hochtemperaturanwendungen über zumindest eine hochtemperaturbeständige, elektrische Signalleitung mit einer Auswerteelektronik verbunden oder weist eine Antenne zur Anregung und Signalabgabe der SAW-Struktur auf.

55

Bei einer Funkübertragung kommt der Vorteil der Temperaturentkopplung dazu. Dabei reicht für die Temperaturentkopplung des SAW Elements zur Auswerteelektronik eine Überbrückung von wenigen cm aus. Weitere Funkstrecken von einigen Metern haben den Vorteil, dass auf mehrere verschiedene SAW Elemente zugegriffen werden kann, deren Identifikation z.B. anhand des SAW Musters (Tag) erfolgt, und so mehrere Messungen von einer zentralen Auswerteeinheit durchgeführt werden können.

Bevorzugt besteht das zumindest eine Kristallelement der Messvorrichtung aus einem GaPO_4 -Einkristall.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung weist das zumindest eine Kristallelement an freien Seitenflächen, die nicht von der SAW-Struktur beansprucht werden, und/oder in freien Bereichen neben der SAW-Struktur, Elektroden zur Ladungsableitung unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes, vorzugsweise des transversalen piezoelektrischen Effektes, auf. Ein einziges Kristallelement kann dadurch für zwei voneinander unabhängige Kraft- bzw. Druckmessungen eingesetzt werden, wodurch z.B. neben dem relativen Druck gleichzeitig auch der Absolutdruck bestimmt werden kann.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Zeichnungen und Diagrammen näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung von Druck, Kraft, Beschleunigung oder davon abgeleiteten Größen, Fig. 2 eine Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach Fig. 1, Fig. 3 und Fig. 4 eine dritte und eine vierte Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer dreidimensionalen Darstellung, Fig. 5 und 6 schematische Darstellungen weiterer Ausführungsvarianten der Erfindung mit zumindest zwei Kristallelementen, sowie die Fig. 7 bis 9 Diagramme, welche die Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit v_0 akustischer Wellen in temperaturkompensierten Kristallschnitten in Abhängigkeit der Temperatur T zeigen.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Messung der Kraft F (beispielsweise als resultierende eines auf eine Membran ausgeübten Druckes), bei welcher ein piezoelektrisches Kristallelement 1 an gegenüberliegenden Seiten 2, 2' in eine nur strichliert angedeutete, krafteinleitende Struktur 3, 4 eingespannt ist. Bei 3 handelt es sich beispielsweise um die Membran eines Drucksensors, bei 4 um ein Widerlager im nicht weiter dargestellten Sensorgehäuse. An zumindest einer Seitenfläche 5 des piezoelektrischen Messelementes 1, welche parallel zur Richtung der Krafteinleitung F ausgerichtet ist, ist eine SAW-Struktur 6 angeordnet, welche im dargestellten Beispiel im Wesentlichen aus einem elektroakustischen Wandler 7 und davon beabstandeten Reflektoren 8, 9 besteht, auf diese Struktur jedoch nicht eingeschränkt sein soll. Vom elektroakustischen Wandler 7 erzeugte Oberflächenwellen laufen in Richtung der Reflektoren 8, 9 und werden von diesen zum Wandler 7 reflektiert. Die sich bei ändernder Kraft F ändernde Laufzeit (beispielsweise zwischen den Reflektoren 8, 9) ist eine Messgröße für den die Kraft F erzeugenden Absolutdruck.

Die in Fig. 1 dargestellte Variante der Erfindung weist eine mit dem elektroakustischen Wandler 7 verbundene Antenne 10 auf, so dass eine kabellose Anregung der SAW-Struktur, bzw. eine Signalabgabe über Funk möglich ist. Bei der kabellosen Variante ist eine thermische Entkopplung gegeben, was vor allem bei höheren Temperaturen vorteilhaft ist.

Erfindungsgemäß kann die SAW-Struktur 6 mehrerer zu einer Messeinheit zusammengefasster Kristallelemente 1 unterschiedlich ausgeführt sein, so dass anhand der unterschiedlichen SAW-Muster eine Identifizierung einzelner Kristallelemente 1 der Messeinheit oder Messanordnung möglich ist. Dadurch können mehrere Sensoren beinahe zeitgleich von einem Zentralgerät abgefragt werden, wenn die SAW-Struktur 6 als Tag (Codierung) ausgeführt ist.

Die Ausführungsvariante gemäß Fig. 2 unterscheidet sich lediglich dadurch von jener gemäß

Fig. 1, dass hier der elektroakustische Wandler 7 der SAW-Struktur 6 über eine hochtemperaturbeständige, elektrische Signalleitung 11 mit einer nicht weiter dargestellten Anregungs- bzw. Auswerteelektronik der Vorrichtung in Verbindung steht. Die zweite elektrische Signalleitung 12 kann ebenfalls hochtemperaturbeständig ausgeführt sein oder direkt auf Masse liegen.

Wie in der Ausführungsvariante gemäß Fig. 3 und 4 dargestellt, eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung zur gleichzeitigen Messung des relativen und des absoluten Druckes. Erfindungsgemäß weist das Kristallelement 1 an freien Seitenflächen 13, die nicht von der SAW-Struktur 6 beansprucht werden (siehe Fig. 3), und/oder in freien Bereichen 15 neben der SAW-Struktur 6 (siehe Fig. 4) Elektroden 14 zur Ladungsableitung unter bekannter Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes, vorzugsweise des transversalen piezoelektrischen Effektes, auf. Sowohl die Seitenfläche 5 mit der SAW-Struktur 6 als auch das gegenüberliegende Flächenpaar 13 mit den Elektroden 14 (nur eine sichtbar) sind im Wesentlichen parallel zur Richtung der Krafteinleitung F ausgerichtet. Die Flächen 5, 13 müssen allerdings nicht unbedingt im rechten Winkel zueinander stehen, wie in Fig. 3 dargestellt.

Bevorzugt werden bei der Erfindung temperaturkompensierte Kristallschnitte verwendet, um die Messempfindlichkeit bei der Arbeitstemperatur zu steigern. Dabei kommen beispielsweise temperaturkompensierte Kristallschnitte des Materials GaPO_4 zum Einsatz.

Gemäß der in Fig. 5 dargestellten Variante kann die krafteinleitende Struktur 3, 4 in paralleler Anordnung zumindest zwei piezoelektrische Kristallelemente 1, 1' aufnehmen, wobei beide Kristallelemente 1, 1' in unterschiedlichen, vorzugsweise einander überlappenden Temperaturbereichen temperaturkompensiert sind.

Gemäß einer speziellen Ausführungsvariante können z.B. mehrere in unterschiedlichen Temperaturbereichen temperaturkompensierte Kristallschnitte eines GaPO_4 -Einkristallelementes in einer Messanordnung oder Messeinheit zusammengefasst werden, wobei ein erster temperaturkompensierter Kristallschnitt ($z+12^\circ$) einen Temperaturbereich um ca. 300°C , ein zweiter temperaturkompensierter Kristallschnitt ($z+15^\circ$) einen Temperaturbereich um ca. 450°C und ein dritter temperaturkompensierter Kristallschnitt ($z+18^\circ$) einen Temperaturbereich um ca. 500°C abdeckt. In den Diagrammen Fig. 7 bis 9 ist dazu die Geschwindigkeit v_0 der Ausbreitung der Oberflächenwellen in m/s in Abhängigkeit der Temperatur T in $^\circ\text{C}$ angegeben.

In Fig. 7 sind die Werte für den GaPO_4 -Kristallschnitt $z+15^\circ$ dargestellt. Im Bereich von 450°C weist die Laufzeit v_0 nur eine geringe Abhängigkeit von der Temperatur T auf. Zwei oder mehrere andere Kristallschnitte (beispielsweise ein GaPO_4 -Kristallschnitt $z+12^\circ$ (siehe Fig. 8) und/oder ein GaPO_4 -Kristallschnitt $z+18^\circ$ (siehe Fig. 9)) können dazu verwendet werden, um den Temperaturbereich nach unten und/oder oben auszuweiten und so einen größeren Temperaturbereich abzudecken.

Fig. 6 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsvariante, bei welcher zumindest zwei piezoelektrische Kristallelemente 1, 1' in der krafteinleitenden Struktur 3, 4 angeordnet sind, wobei ein Kristallelement 1 eine SAW-Struktur und ein anderes Kristallelement 1' flächige Elektroden 14 zur Ladungsableitung unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes, vorzugsweise des transversalen piezoelektrischen Effektes, aufweist. Ähnlich wie im Zusammenhang mit den Fig. 3 und 4 beschrieben, kann auch mit dieser Messvorrichtung gleichzeitig der relative und der absolute Druck an einem Messort gemessen werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist insbesondere bei der Druckmessung folgende Vorteile auf:

- Druckeinleitung über Membran wie bei normalen Druckaufnehmern, Messung des statischen Drucks unter Ausnutzung des SAW Effekts;
- Piezoeffekt und SAW-Messung können kombiniert werden, um gleichzeitig Absolutdruck zu

bestimmen und genaue Relativdruckmessungen durchzuführen;

- Temperaturentkopplung über Funkstrecke (wenige cm bis einige m);
- Mehrere Messpunkte über Tag-Identifikation und Funkstrecke;
- SAW Elemente mit unterschiedlichen Kristallschnitten (verschiedene temperaturkompensierten Bereiche), die kombiniert einen vergrößerten temperaturkompensierten Bereich ergeben;
- temperaturkompensierter GaPO_4 -Kristallschnitt (Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oberflächenwellen ist relativ unabhängig von Temperatur, ist z.B. mit LiNbO_3 nicht möglich)
- Neben GaPO_4 kann auch Quarz, Langasit, Turmalin oder Lithiumniobat etc. (bzw. deren Derivate) als Substrat für die SAW Struktur verwendet werden.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Messung von Druck, Kraft, Beschleunigung oder davon abgeleiteten Größen, mit zumindest einem piezoelektrischen Kristallelement (1, 1'), welches an gegenüberliegenden Seiten (2, 2') in eine krafteinleitende Struktur (3, 4) eingespannt ist, *dadurch gekennzeichnet*, dass an zumindest einer Seitenfläche (5) des piezoelektrischen Messelementes (1, 1'), welche parallel zur Richtung der Krafteinleitung ausgerichtet ist, eine SAW-Struktur (6) mit zumindest einem elektroakustischen Wandler (7) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der elektroakustische Wandler (7) über zumindest eine vorzugsweise hochtemperaturbeständige, elektrische Signalleitung (11) mit einer Auswerteelektronik in Verbindung steht.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der elektroakustische Wandler (7) eine Antenne (10) zur Anregung und/oder Signalabgabe der SAW-Struktur (6) aufweist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die SAW-Struktur (6) vom elektroakustischen Wandler (7) beabstandete Reflektoren (8, 9) aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass das zumindest eine Kristallelement (1, 1') aus einem hochtemperaturbeständigen Material, vorzugsweise aus einem GaPO_4 -Einkristall, besteht.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass das zumindest eine Kristallelement (1, 1') aus Quarz, Langasit, Turmalin oder Lithiumniobat bzw. deren Derivaten besteht.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass die krafteinleitende Struktur (3, 4) in paralleler Anordnung zumindest zwei piezoelektrische Kristallelemente (1, 1') aufnimmt, wobei beide Kristallelemente (1, 1') in unterschiedlichen, vorzugsweise einander überlappenden Temperaturbereichen temperaturkompensiert sind.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die SAW-Struktur (6) mehrerer zu einer Messeinheit zusammengefasster Kristallelemente (1, 1') unterschiedliche Muster aufweist, sodass anhand der unterschiedlichen SAW-Muster eine Identifizierung einzelner Kristallelemente (1, 1') der Messeinheit möglich ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass das zumindest eine Kristallelement (1, 1') an freien Seitenflächen (13), die nicht von der SAW-Struktur (6) beansprucht werden, und/oder in freien Bereichen (15) neben der SAW-Struktur (6), flächige Elektroden (14) zur Ladungsableitung unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes, vorzugsweise des transversalen piezoelektrischen Effektes, aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest zwei piezoelektrische Kristallelemente (1, 1') in der krafteinleitenden Struktur (3, 4) angeordnet sind, wobei ein Kristallelement (1) eine SAW-Struktur (6) und ein anderes Kristallelement (1') flächige Elektroden (14) zur Ladungsableitung unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes, vorzugsweise des transversalen piezoelektrischen Effektes, aufweist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 sowie 7 bis 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass mehrere in unterschiedlichen Temperaturbereichen temperaturkompensierte Kristallschnitte eines GaPO_4 -Einkristallelementes in einer Messanordnung oder Messeinheit zusammengefasst sind, wobei ein erster temperaturkompensierter Kristallschnitt ($z+12^\circ$) einen Temperaturbereich um ca. 300°C , ein zweiter temperaturkompensierter Kristallschnitt ($z+15^\circ$) einen Temperaturbereich um ca. 450°C und ein dritter temperaturkompensierter Kristallschnitt ($z+18^\circ$) einen Temperaturbereich um ca. 500°C abdeckt.

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

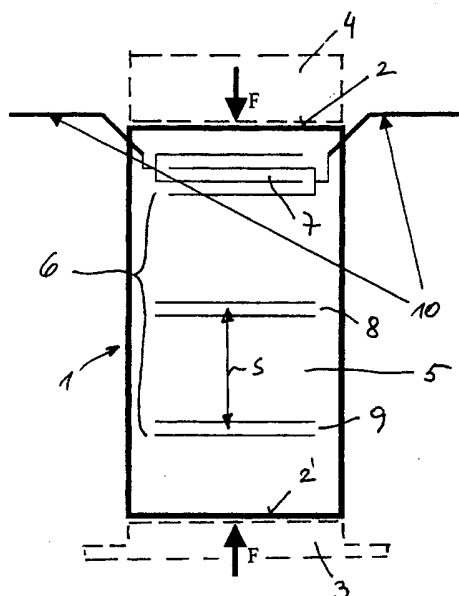


Fig. 1

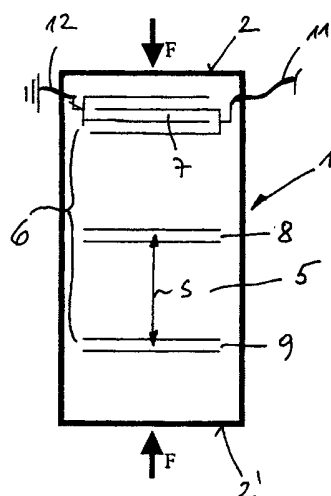


Fig. 2



Int. Cl.⁸: **G01L 1/10** (2006.01)
G01L 1/16 (2006.01)
G01L 1/18 (2006.01)
G01L 9/06 (2006.01)
G01L 9/08 (2006.01)
G01L 23/10 (2006.01)
G01P 15/09 (2006.01)
H01L 41/04 (2006.01)
H01L 41/08 (2006.01)

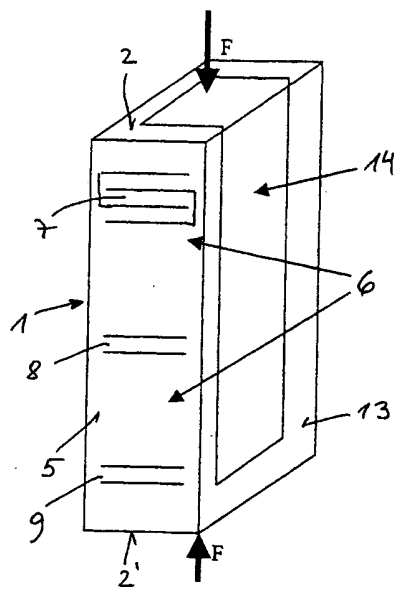


Fig. 3

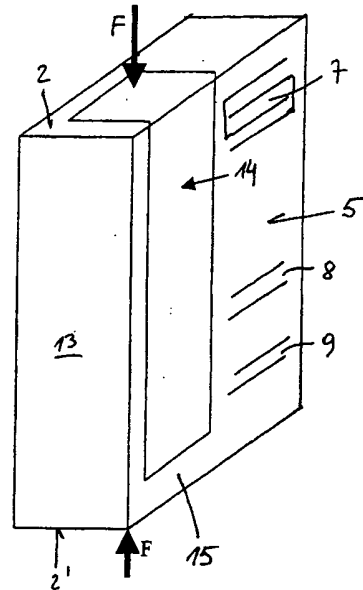


Fig. 4

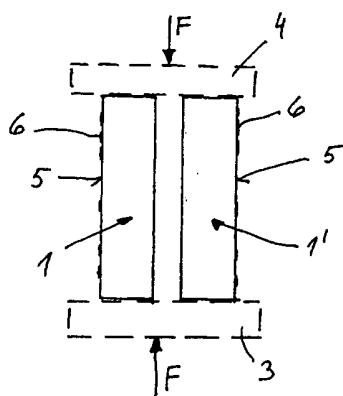


Fig. 5

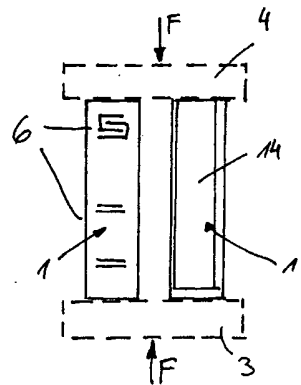


Fig. 6



Int. Cl.⁸: **G01L 1/10** (2006.01)
G01L 1/16 (2006.01)
G01L 1/18 (2006.01)
G01L 9/06 (2006.01)
G01L 9/08 (2006.01)
G01L 23/10 (2006.01)
G01P 15/09 (2006.01)
H01L 41/04 (2006.01)
H01L 41/08 (2006.01)

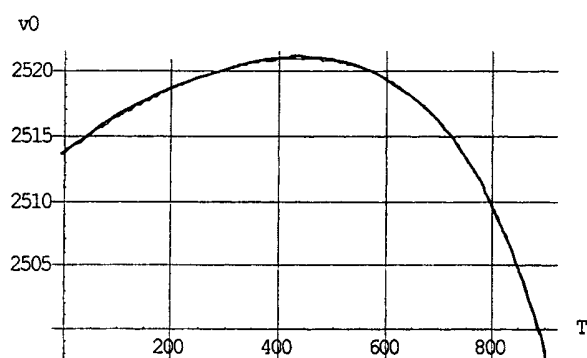


Fig. 7

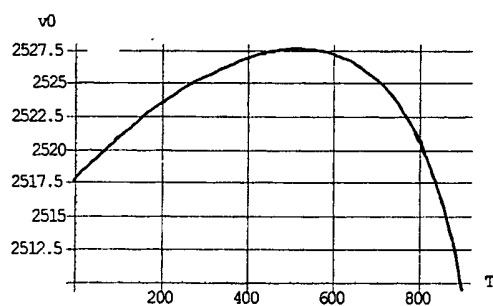


Fig. 8

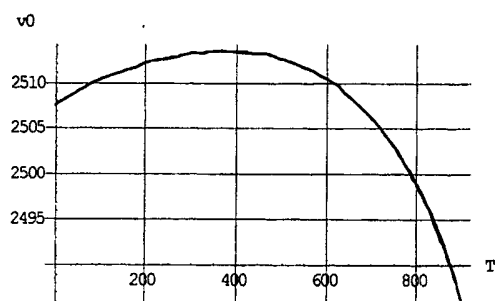


Fig. 9