

①9



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①1 CH 689 877 A5

⑤1 Int. Cl.⁶: H 01 L 041/18
G 01 L 001/16

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

①2 PATENTSCHRIFT A5

②1 Gesuchsnummer: 00289/95

②2 Anmeldungsdatum: 02.02.1995

③0 Priorität: 07.02.1994 AT A231/94

②4 Patent erteilt: 31.12.1999

④5 Patentschrift
veröffentlicht: 31.12.1999

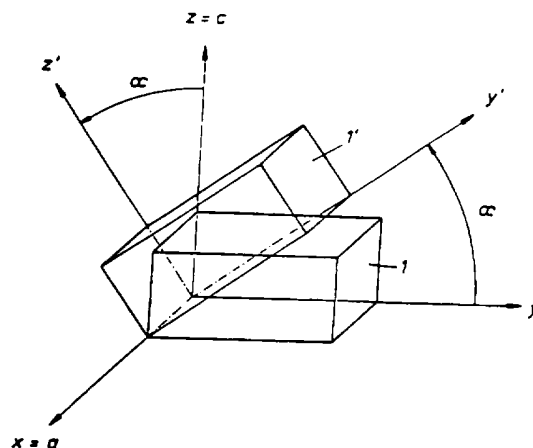
⑦3 Inhaber:
AVL Gesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und
Messtechnik mbH,
Prof. Dr. Dr. h.c. Hans List Kleiststrasse 48, Graz (AT)

⑦2 Erfinder:
Krempf, Peter W., Graz/Ragnitz (AT)
Selic, Roland, Graz (AT)
Wallnöfer, Wolfgang, Graz (AT)

⑦4 Vertreter:
Isler & Pedrazzini AG Patentanwälte,
Stampfenbachstrasse 48, Postfach 6940,
8023 Zürich (CH)

⑤4 Piezoelektrisches Messelement.

⑤7 Um den Temperaturgang eines piezoelektrischen Messelementes der Kristallklasse 32 zur Messung mechanischer Grössen zu verbessern, wird vorgeschlagen, dass das Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Silikat, Lanthan-Gallium-Germanat, Lanthan/Neodymium-Gallium-Silikat, Lanthan-Niobium-Silikat, Lanthan-Gallium-Niobat oder Lanthan-Gallium-Tantalat besteht. Das Messelement besitzt zwei planparallele Kraft-einleitungsflächen, die im Wesentlichen parallel zu einer kristallographischen a-Achse angeordnet und derart zur c-Achse orientiert sind, dass die Temperaturabhängigkeit der piezoelektrischen Koeffizienten für die Transversalempfindlichkeit in einem Temperaturintervall wesentlich gegenüber derjenigen für die Longitudinalempfindlichkeit herabgesetzt wird.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein piezoelektrisches Messelement der Kristallklasse 32 zur Messung mechanischer Grössen, insbesondere Druck, Kraft und Beschleunigung, welches zwei planparallele Krafteinleitungsflächen besitzt, die im Wesentlichen parallel zu einer kristallographischen a-Achse angeordnet und derart zur c-Achse orientiert sind, dass die Temperaturabhängigkeit der piezoelektrischen Koeffizienten für die Transversalempfindlichkeit in einem Temperaturintervall wesentlich gegenüber derjenigen für die Longitudinalempfindlichkeit herabgesetzt wird.

Mit fortschreitender Entwicklung Hochtemperaturfester Materialien in vielen Bereichen der Technik ist es auch für die Messtechnik bezüglich der Messung physikalischer Grössen mittels piezoelektrischer Messelemente notwendig geworden, auch bei hohen Temperaturen ein stabiles Messverhalten zu zeigen.

Als mögliche Materialien, die bei sehr hohen Temperaturen noch ein piezoelektrisches Verhalten zeigen, bieten sich Kristalle der Symmetrieklasse 3m, wie Turmalin, Lithiumniobat oder Lithiumtantalat an. Alle diese Kristalle besitzen jedoch die Eigenschaft der Pyroelektrozität, was sich bei Hochtemperaturanwendungen als sehr störend bemerkbar macht.

Sehr gute Eigenschaften, wie hoher thermischer Einsatzbereich und stabiles Messverhalten, zeigt Galliumorthophosphat, welches der Symmetrieklasse 32 zugehört. Nachteilig dabei ist, dass dessen Zucht sich als sehr kompliziert darstellt und ausreichende Verfügbarkeit deshalb nicht gegeben ist. Das Material ist ausserdem sehr teuer.

Bekannt ist auch ein Kompensationsverfahren für Quarz, wie es beispielsweise in der AT-PS 319 632 beschrieben wird. Dort wird der positive Temperaturkoeffizient des Piezokoeffizienten d_{14} zur Kompensation des negativen Temperaturkoeffizienten des Piezokoeffizienten d_{11} genutzt und zur Erreichung einer minimalen Temperaturabhängigkeit des Transversalkoeffizienten d_{12}' für den Orientierungswinkel α ein Wert zwischen 10° und 40° angegeben (entsprechend Fig. 1). Allerdings ist wegen des zunehmend starken Abfalls von d_{11} zum Phasenumwandlungspunkt ($573,3^\circ\text{C}$) hin dessen Einsatz auf etwa 350°C beschränkt.

Ziel der Erfindung ist es also, ein piezoelektrisches Messelement zur Verfügung zu haben, welches die Nachteile der Pyroelektrozität und der Beschränkung durch eine Phasenumwandlung nicht besitzt und zusätzlich kostengünstig und leicht verfügbar ist.

Erfindungsmässig werden diese Anforderungen dadurch erfüllt, dass das Messelement aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Silikat, Lanthan-Gallium-Germanat, Lanthan/Neodymium-Gallium-Silikat, Lanthan-Niobium-Silikat, Lanthan-Gallium-Niobat oder Lanthan-Gallium-Tantalat besteht. Durch geeignete Wahl des Schnittwinkels des piezoelektrischen Messelementes bezüglich seiner kristallographischen Achsen kann erreicht werden, dass der Temperaturgang seiner piezoelektrischen Transversal-

empfindlichkeit wesentlich gegenüber dem der Longitudinalempfindlichkeit herabgesetzt wird.

Erfindungsgemäss kann das z.B. dadurch erreicht werden, dass bei einem Messelement aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Silikat ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$) der Orientierungswinkel α der Krafteinleitungsflächen zur kristallographischen c-Achse zur Minimierung des Temperaturganges seines piezoelektrischen Koeffizienten d_{12}' einen Wert zwischen 53° und 88° aufweist.

In der einzigen Abbildung wird dem Koordinatensystem der «IEEE-Standard on Piezoelectricity 176–1978» zugrundegelegt, wobei die x-Achse mit einer kristallographischen a-Achse und die z-Achse mit der optischen c-Achse des piezoelektrischen Messelementes 1 zusammenfällt. Positive Drehungen um den Winkel α sind bei Achsendraufsicht als Drehung gegen den Uhrzeigersinn zu verstehen. Das gedrehte Koordinatensystem ist mit y' , z' bezeichnet, das um den Winkel α gedrehte Messelement mit $1'$.

Für die Temperaturkompensation wird in Anlehnung an die eingangs genannte Patentschrift die unterschiedliche Temperaturabhängigkeit der Piezokoeffizienten d_{11} und d_{14} ausgenützt und der Winkel α so gewählt, dass die Transversalkoeffizienten d_{12}' oder d_{13}' im Wesentlichen temperaturunabhängig werden.

Im vorliegenden Fall von Langasit hat sich gezeigt, dass, unterschiedlich zu Quarz, sowohl d_{11} als auch d_{14} positive Temperaturkoeffizienten besitzen. Überraschenderweise konnte trotzdem ein Orientierungswinkel gefunden werden, bei dem ein temperaturunabhängiges Verhalten der Transversalkoeffizienten erreicht werden kann. Bei Ausnutzung des Piezokoeffizienten d_{12}' , das heisst Kraftbelastung in y' -Richtung und Ladungsabnahme an den x-Flächen, liegt dieser Winkel im Bereich zwischen 53° und 88° . Äquivalent dazu ist die Ausnutzung des Piezokoeffizienten d_{13}' , das heisst Kraftbelastung in z' -Richtung und Ladungsabnahme an den x-Flächen, wobei sich in diesem Fall für den Winkel α ein Wert zwischen -2° und 37° ergibt.

Weiters ist hervorzuheben, dass Langasit nicht pyroelektrisch ist und keinen Phasenübergang besitzt, sodass dessen Einsatz für messtechnische Zwecke auch über der Umwandlungstemperatur von Quarz bei $573,3^\circ\text{C}$ möglich ist.

Diese vorteilhaften Eigenschaften bleiben erfindungsgemäss auch dann erhalten, wenn das Messelement aus einkristallinem Lanthan/Neodymium-Gallium-Silikat besteht, wobei der Gehalt an Neodymium durch $\text{La}_{3-x}\text{Nd}_x\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ mit $x = 0$ bis 3 bestimmt ist.

Eine Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass das Messelement aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Germanat ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{GeO}_{14}$), Lanthan-Niobium-Silikat ($\text{La}_3\text{Nb}_5\text{SiO}_{14}$), Lanthan-Gallium-Niobat der Summenformel $\text{La}_3\text{Ga}_{5,5}\text{Nb}_{0,5}\text{O}_{14}$ oder aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Tantalat der Summenformel $\text{La}_3\text{Ga}_{5,5}\text{Ta}_{0,5}\text{O}_{14}$ besteht. In den beiden letzten Fällen wird der Siliziumanteil des Langasit zu im Wesentlichen gleichen Teilen durch die Elemente Gallium und Niobium bzw. Gallium und Tantal substituiert.

Patentansprüche

1. Piezoelektrisches Messelement der Kristallklasse 32 zur Messung mechanischer Grössen, insbesondere Druck, Kraft und Beschleunigung, welches zwei planparallele Krafteinleitungsflächen besitzt, die im Wesentlichen parallel zu einer kristallographischen a-Achse angeordnet und derart zur c-Achse orientiert sind, dass die Temperaturabhängigkeit der piezoelektrischen Koeffizienten für die Transversalempfindlichkeit in einem Temperaturintervall wesentlich gegenüber derjenigen für die Longitudinalempfindlichkeit herabgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Silikat, Lanthan-Gallium-Germanat, Lanthan/Neodymium-Gallium-Silikat, Lanthan-Niobium-Silikat, Lanthan-Gallium-Niobat oder Lanthan-Gallium-Tantalat besteht. 5
2. Kristallelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Silikat ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$) der Orientierungswinkel α der Krafteinleitungsflächen zur kristallographischen c-Achse zur Minimierung des Temperaturganges seines piezoelektrischen Koeffizienten d_{12}' einen Wert zwischen 53° und 88° aufweist. 10
3. Kristallelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan/Neodymium-Gallium-Silikat besteht, wobei der Gehalt an Neodymium durch $\text{La}_{3-x}\text{Nd}_x\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ mit $x = 0$ bis 3 bestimmt ist. 15
4. Kristallelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Germanat der Summenformel $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{GeO}_{14}$ besteht. 20
5. Kristallelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan-Niobium-Silikat der Summenformel $\text{La}_3\text{Nb}_5\text{SiO}_{14}$ besteht. 25
6. Kristallelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Niobat der Summenformel $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{Nb}_{0,5}\text{O}_{14}$ besteht. 30
7. Kristallelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1) aus einkristallinem Lanthan-Gallium-Tantalat der Summenformel $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{Ta}_{0,5}\text{O}_{14}$ besteht. 35

50

55

60

65

