



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 08 928 B4 2008.07.17**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 08 928.7**
 (22) Anmeldetag: **03.03.1998**
 (43) Offenlegungstag: **16.09.1999**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **17.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01L 1/18 (2006.01)**
G01L 3/00 (2006.01)
H01L 29/76 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

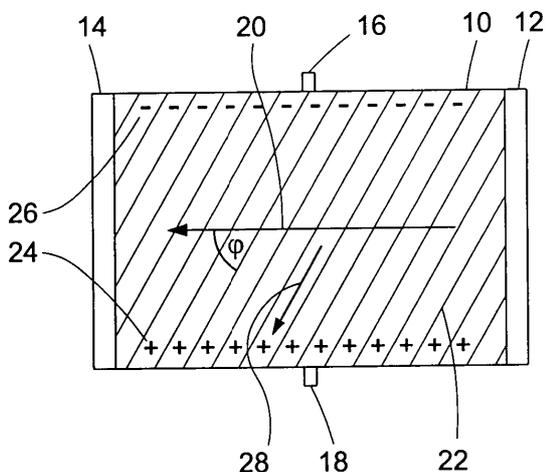
(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
 Pullach**

(72) Erfinder:
**Dorsch, Bernd, Dipl.-Ing., 91364 Unterleinleiter,
 DE; Hohe, Hans-Peter, Dr.-Ing., 91332
 Heiligenstadt, DE; Seitzer, Dieter, Prof. Dr.-Ing.,
 91054 Erlangen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 27 14 032 B
US 33 55 935

(54) Bezeichnung: **Kraft/Drehmomentsensor**

(57) Hauptanspruch: Monolithisch integrierter Kraft/Drehmomentsensor mit einem mit einer Kraft oder einem Drehmoment beaufschlagbaren Halbleitergebiet (10); zwei Steuerelektroden (12, 14), die auf einer ersten und einer zweiten Seite des Halbleitergebiets (10), die sich beabstandet voneinander gegenüberliegen, angeordnet sind, wobei zwischen den Steuerelektroden ein Strom (20) durch das Halbleitergebiet erzeugbar ist; zwei Sensorelektroden (16, 18), die auf einer dritten und auf einer vierten Seite des Halbleitergebiets (10), die sich beabstandet voneinander gegenüberliegen, angeordnet sind, wobei die dritte und die vierte Seite im wesentlichen senkrecht zu der ersten und der zweiten Seite angeordnet sind, wobei eine auf das Halbleitergebiet (10) ausgeübte Kraft oder ein auf dasselbe ausgeübtes Drehmoment bei einem Stromfluß (20) zwischen den Steuerelektroden (12, 14) durch das Abgreifen einer zwischen den Sensorelektroden (16, 18) vorliegenden Spannung erfaßbar ist, und wobei das Halbleitergebiet (10) durch den Kanal eines Feldeffekttransistors gebildet ist, wobei die Drain- und die Source-Elektrode des Feldeffekttransistors...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Kraft/Drehmomentsensor und insbesondere auf einen monolithisch integrierten Kraft/Drehmomentsensor.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Kraftsensoren bekannt. Bekannte, monolithisch integrierte Kraftsensoren arbeiten auf der Grundlage des piezoelektrischen Effekts. Derartige Sensoren umfassen einen Piezowandler, der eine Kraft, mit der derselbe beaufschlagt wird, in eine Spannung umwandelt. Somit kann durch das Abgreifen dieser Spannung ein die ausgeübte Kraft anzeigendes Sensorsignal gewonnen werden.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen neuartigen monolithisch integrierten Kraft/Drehmomentsensor mit einer verbesserten Empfindlichkeit und einem verbesserten Ansprechen zu schaffen.

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen monolithisch integrierten Kraft/Drehmomentsensor gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0005] Die vorliegende Erfindung schafft einen Kraft/Drehmomentsensor, der ein mit einer Kraft oder einem Drehmoment beaufschlagbares Halbleitergebiet aufweist. Zwei Steuerelektroden sind auf einer ersten und einer zweiten Seite des Halbleitergebiets angeordnet, wobei sich die erste und die zweite Seite beabstandet voneinander gegenüberliegen. Zwischen den Steuerelektroden ist ein Strom erzeugbar. Ferner sind zwei Sensorelektroden vorgesehen, die auf einer dritten und einer vierten Seite des Halbleitergebiets angeordnet sind, wobei sich die dritte und die vierte Seite beabstandet voneinander gegenüberliegen. Eine auf das Halbleitergebiet ausgeübte Kraft oder ein auf dasselbe ausgeübtes Drehmoment ist bei einem Stromfluß zwischen den Steuerelektroden durch das Abgreifen einer zwischen den Sensorelektroden vorliegenden Spannung erfaßbar.

[0006] Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, daß durch eine Krafteinwirkung auf das Halbleitergebiet parallel zur Dilationsrichtung, d. h. der Richtung, in der die Atomabstände durch eine Krafteinwirkung vergrößert werden, eine Richtung niedrigeren Widerstands entsteht. Durch diese Richtung eines niedrigeren Widerstands wird eine Ablenkung des zwischen den beiden Steuerelektroden vorliegenden Stroms bewirkt. Bei einer geeigneten Ausrichtung dieser Richtung des niedrigeren Widerstands zwischen den beiden Sensorkontakten, die sich auf der dritten und der vierten Seite des Halbleitergebiets befinden, werden nun an der dritten und der vierten Seite jeweils Ladungen entgegengesetzter Polarität erzeugt, die als Spannungsdifferenz zwi-

schen den Sensorkontakten gemessen werden können.

[0007] Bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist das Halbleitergebiet geeignet dotiert, um einen Stromfluß zwischen den beiden Steuerkontakten zu ermöglichen. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel ist der integrierte Kraftsensor durch einen Feldeffekttransistor gebildet, wobei die Drain-Elektrode und die Source-Elektrode desselben als die beiden Steuerkontakte dienen. Mittels der Drain-Elektrode, der Source-Elektrode und der Gate-Elektrode ist ein geeigneter Drainstrom, d. h. ein geeigneter Strom zwischen den beiden Steuerkontakten, einstellbar. An den gegenüberliegenden Längsseiten des Kanalgebiets, wobei das Kanalgebiet als das Halbleitergebiet des erfindungsgemäßen Sensors dient, sind zusätzlich die Sensorkontakte angebracht.

[0008] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend teilweise bezugnehmend auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert.

[0009] Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Sensors.

[0010] Der erfindungsgemäße Sensor weist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel desselben ein dotiertes Halbleitergebiet **10** mit einer im wesentlichen rechteckigen Form auf. An zwei gegenüberliegenden Seitenflächen des Halbleitergebiets **10** sind Elektroden **12** und **14** vorgesehen, die als Steuerkontakte dienen. Wie in der Figur dargestellt ist, sind die Steuerkontakte **12** und **14** beabstandet voneinander angeordnet, wobei das Halbleitergebiet **10** zwischen denselben angeordnet ist. Elektroden **16** und **18**, die als Sensorelektroden dienen, sind auf sich ebenfalls gegenüberliegenden Seitenflächen des Halbleitergebiets **10** angeordnet. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Seitenflächen, auf denen sich die Sensorkontakte **16** und **18** befinden, zu den Seitenflächen, auf denen sich die Steuerkontakte **12** und **14** befinden, in einem Winkel von im wesentlichen 90° angeordnet. Somit verbinden die Seitenflächen, auf denen die Sensorkontakte **16** und **18** angeordnet sind, die Seitenflächen, auf denen die Steuerkontakte **12** und **14** angeordnet sind.

[0011] Es ist jedoch offensichtlich, daß die oben beschriebene Anordnung beispielhaft ist, wobei andere geeignete Anordnungen verwendet werden können, wobei das Halbleitergebiet eine nahezu beliebige Geometrie aufweisen kann, solange zwei voneinander beabstandete Seitenflächen gebildet sind, auf denen die Steuerkontakte angeordnet sind, sowie voneinander beabstandete Seitenflächen, auf denen die Sensorkontakte angeordnet sind.

[0012] Nachfolgend wird die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Sensors anhand des in der Figur dargestellten Beispiels erläutert.

[0013] Die zwei gegenüberliegenden Steuerkontakte **12** und **14** werden mit einer geeigneten Steuerungspannung oder einem geeigneten Steuerstrom betrieben, um einen Stromfluß durch das dotierte Halbleitergebiet **10** zu bewirken. Dieser Stromfluß ist durch den Pfeil **20** in der Figur angezeigt. Wirkt nun eine Kraft auf das Halbleitergebiet **10** ein, entsteht in dem Halbleitergebiet parallel zur Dilationsrichtung, d. h. der Richtung, in der die Atomabstände durch eine Kraftereinwirkung vergrößert werden, eine Richtung eines niedrigeren Widerstands, die bei einer geeigneten Ausrichtung eine Ablenkung des durch das Halbleitergebiet **10** fließenden Stroms **20** bewirkt. Die Dilationsrichtung hängt dabei von der Richtung der auf das Halbleitergebiet einwirkenden Kraft sowie der Art dieser Kraft ab. In der Figur sind bei **22** die Linien des geringeren Widerstands dargestellt.

[0014] Durch die Ablenkung des Stromflusses **20** in dem Halbleitergebiet **10** werden an den Rändern des Halbleitergebiets **10**, an denen die Sensorkontakte **16** und **18** angebracht sind, Ladungen **24** und **26** erzeugt. Beispielsweise werden an der Seite des Sensorkontakts **18** positive Ladungen **24** erzeugt, während an der Seite des Sensorkontakts **16** negative Ladungen **26** erzeugt werden. Die angestrebte Stromrichtung zur Erzeugung dieser Ladungen **24** und **26** ist bei **28** dargestellt und verläuft entlang der Linien geringeren Widerstands **22**.

[0015] Die an den Rändern des Halbleitergebiets **10** erzeugten Ladungen **24** und **26** können über die Sensorkontakte **16** und **18** als Spannungsdifferenz und somit als Ausgangssignal des erfindungsgemäßen Kraft/Drehmomentsensors abgegriffen werden. Der zwischen der ursprünglichen Stromrichtung **20** und der Dilationsrichtung, die durch die Linien geringeren Widerstands **22** dargestellt ist, gebildete Winkel ϕ beeinflusst die Größe des Ausgangssignals. Der Effekt, der dem erfindungsgemäßen Kraft/Drehmomentsensor zugrundeliegt, ist bei einem Winkel ϕ von 45° am größten, während derselbe bei einer Annäherung an 0° oder 90° gegen Null geht. Die Beaufschlagbarkeit des Halbleitergebiets mit einer Kraft wird daher vorteilhaft derart gewählt, daß der Winkel ϕ zwischen der Dilationsrichtung des Halbleitergebiets und dem Stromfluß im wesentlichen 45° beträgt. Somit ist eine möglichst große Empfindlichkeit mittels des erfindungsgemäßen Kraft/Drehmomentsensors erreichbar.

[0016] Alternativ zu dem oben bezugnehmend auf die Figur erläuterten Ausführungsbeispiel kann der erfindungsgemäße Sensor mittels eines Feldeffekttransistors realisiert werden. Dabei ist das Halbleitergebiet durch den Kanal des Feldeffekttransistors ge-

bildet. Die Drain-Elektrode und die Source-Elektrode bilden die beiden Steuerkontakte. Über diese Steuerkontakte sowie die Gate-Elektrode des Feldeffekttransistors wird ein geeigneter Drainstrom erzeugt. Ferner sind an gegenüberliegenden Längsseiten des Kanalgebiets zusätzlich Sensorkontakte angebracht. Wiederum bewirkt eine Kraftereinwirkung auf den Feldeffekttransistor, d. h. auf den Kanal desselben, parallel zur Dilationsrichtung verlaufende Linien eines niedrigeren Widerstands, die eine Ablenkung des Drainstroms und somit eine Ansammlung von Ladungen an den Rändern des Kanals bewirken. Diese Ladungen können wiederum über die Sensorkontakte abgegriffen werden, um das Sensorausgangssignal zu erzeugen.

[0017] Geeignete Schaltungsanordnungen zum Erzeugen der Treiberströme bzw. zum Erfassen des Ausgangssignals der erfindungsgemäßen monolithisch integrierten Kraft/Drehmomentsensoren sind für Fachleute offensichtlich. Die Ausgangsspannung des erfindungsgemäßen Kraft/Drehmomentsensors ist proportional zu der ausgeübten Kraft, bzw. zu einem angelegten Drehmoment, so daß eine einfache Verarbeitungsschaltung zur Auswertung des Ausgangssignals verwendet werden kann. Ferner ist der monolithisch integrierte Kraft/Drehmomentsensor gemäß der vorliegenden Erfindung ohne weiteres unter Verwendung von Verfahren der Halbleitertechnologie herstellbar und kann bedarfsweise integriert mit einer Elektronik in einer integrierten Schaltung realisiert werden.

Patentansprüche

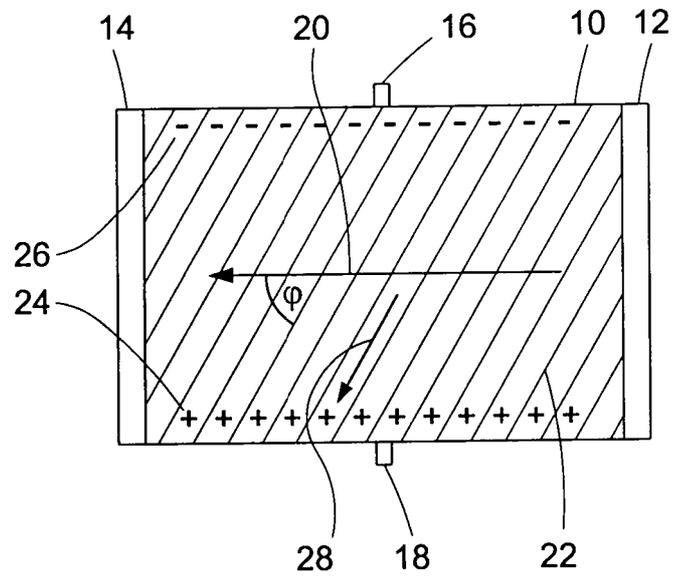
1. Monolithisch integrierter Kraft/Drehmomentsensor mit einem mit einer Kraft oder einem Drehmoment beaufschlagbaren Halbleitergebiet (**10**); zwei Steuerelektroden (**12, 14**), die auf einer ersten und einer zweiten Seite des Halbleitergebiets (**10**), die sich beabstandet voneinander gegenüberliegen, angeordnet sind, wobei zwischen den Steuerelektroden ein Strom (**20**) durch das Halbleitergebiet erzeugt ist;
zwei Sensorelektroden (**16, 18**), die auf einer dritten und auf einer vierten Seite des Halbleitergebiets (**10**), die sich beabstandet voneinander gegenüberliegen, angeordnet sind, wobei die dritte und die vierte Seite im wesentlichen senkrecht zu der ersten und der zweiten Seite angeordnet sind, wobei eine auf das Halbleitergebiet (**10**) ausgeübte Kraft oder ein auf dasselbe ausgeübtes Drehmoment bei einem Stromfluß (**20**) zwischen den Steuerelektroden (**12, 14**) durch das Abgreifen einer zwischen den Sensorelektroden (**16, 18**) vorliegenden Spannung erfaßbar ist, und wobei das Halbleitergebiet (**10**) durch den Kanal eines Feldeffekttransistors gebildet ist, wobei die Drain- und die Source-Elektrode des Feldeffekttransistors die Steuerelektroden (**12, 14**) bilden.

2. Monolithisch integrierter Kraft/Drehmoment-sensor gemäß Anspruch 1, bei dem das Halbleitergebiet (10) dotiert ist.

3. Monolithisch integrierter Kraft/Drehmoment-sensor gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die Beaufschlagbarkeit des Halbleitergebiets (10) mit einer Kraft derart ist, daß ein Winkel (φ) zwischen der Dilationsrichtung des Halbleitergebiets (10) und dem Stromfluß im wesentlichen 45° beträgt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



FIGUR