



(10) **DE 10 2018 202 588 A1** 2019.08.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 202 588.6**
 (22) Anmeldetag: **21.02.2018**
 (43) Offenlegungstag: **22.08.2019**

(51) Int Cl.: **G01N 21/63** (2006.01)
G01N 21/64 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Brenneis, Andreas, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE; Rusanov, Radoslav, 71672 Marbach, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	34 47 437	A1
DE	10 2007 020 610	A1
DE	10 2009 025 073	A1
DE	10 2010 001 189	A1
DE	20 2010 018 011	U1
DE	693 23 837	T2

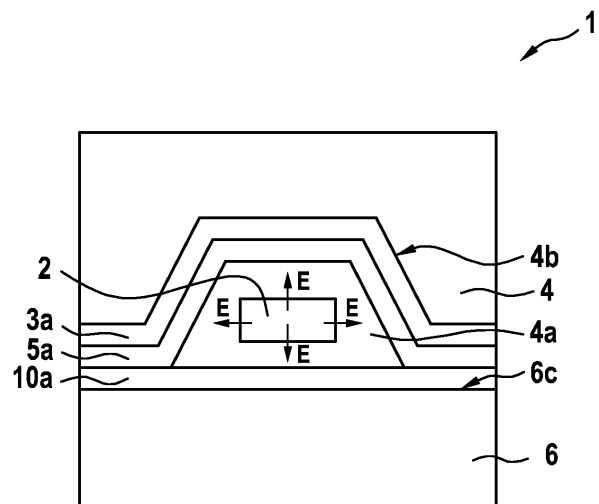
US	8 248 600	B2
US	2007 / 0 085 023	A1
US	2011 / 0 062 957	A1
US	2012 / 0 034 686	A1
US	2014 / 0 354 989	A1
US	4 076 421	A
EP	0 519 622	A2
EP	0 620 429	A1
EP	1 347 284	A1
EP	2 357 465	A1
WO	94/ 27 137	A2
WO	97/ 35 181	A1
WO	00/ 04 372	A1
WO	2003/ 098 279	A2

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optische Sensorvorrichtung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer optischen Sensorvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung schafft eine optische Sensorvorrichtung (1), umfassend eine erste Trägereinrichtung (4) mit einer ersten Kavität (4a), eine lumineszierende Probe (2), welche zum Abstrahlen einer Emissionsstrahlung (E) anregbar ist, und welche innerhalb der ersten Kavität (4a) oder in einer Öffnungsrichtung der ersten Kavität (4a) an die erste Kavität (4a) angrenzend angeordnet ist. Des Weiteren umfasst die Sensorvorrichtung (1) zumindest ein photodetektives Element (3; 3a, 3b), welches dazu eingerichtet ist, die Emissionsstrahlung (E) der lumineszierenden Probe (2) zu detektieren, und ein optisches Filterelement (5; 5a, 5b), welches für die Emissionsstrahlung (E) der lumineszierenden Probe (2) durchlässig ist, und welches zwischen dem photodetektiven Element (3; 3a, 3b) und der lumineszierenden Probe (2) angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Sensorvorrichtung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer optischen Sensorvorrichtung.

Stand der Technik

[0002] Bei der Anwendung von Sensorvorrichtungen, welche Sensoren mit einem lumineszierenden Stoff nutzen, ist es von ausschlaggebender Bedeutung, dass elektromagnetische Strahlung, die durch die Lumineszenz des Sensors erzeugt und abgestrahlt wird, über einen möglichst großen Raumwinkel um den lumineszierenden Stoff herum detektiert wird. Der lumineszierende Stoff strahlt Strahlung in für diesen Stoff charakteristischen Wellenlängen aus, nachdem dieser von einer Einwirkung auf den Stoff zur Lumineszenz angeregt wurde, beispielsweise von einem Laser oder durch Elektrolumineszenz. Durch einen Außeneinfluss auf den Sensor, etwa ein Magnetfeld, Strahlung, Temperatur oder Druck, kann die Wellenlänge der vom lumineszierenden Stoff abgestrahlten Strahlung messbar verändert werden, was Rückschlüsse auf die Art und Intensität des Außeneinflusses zulässt. Der lumineszierende Stoff strahlt üblicherweise isotrop in den Raum, ein Diamant mit NV-Zentren strahlt hingegen dipolartig. Bei einer zu geringen Einsammeleffizienz der Detektionsoptik, etwa einer geringen numerischen Apertur oder einem zu kleinen Detektionsraumwinkel um den lumineszierenden Stoff herum, wird generell nur eine geringe Sensorempfindlichkeit erzielt, da das Signal/Rausch-Verhältnis nur einen kleinen Wert annimmt. Zur Verbesserung der Sensorempfindlichkeit erweist es sich als vorteilhaft, den Raumwinkel der Detektion zu vergrößern, die Probe besser von Störeinflüssen von der Umgebung abzuschirmen, und zur besseren Flexibilität und Nutzbarkeit, den Sensor möglichst klein und portabel zu gestalten. Für Sensoren von Magnetfeldern eignen sich beispielsweise Diamanten mit Stickstoff-Fehlstellen-Defektzentren.

[0003] Aus der DE 10 2014 219 547 A1 ist ein Drucksensor mit einer sensitiven Schicht bekannt, welche Diamantstrukturen mit Stickstoff-Vakanz-Zentren umfasst. Die elektronische Struktur der Diamantstruktur ist hierbei bei Druckveränderung veränderbar. Durch Bestrahlung im optischen Bereich und im Mikrowellenbereich ist die elektronische Struktur anregbar und über Fluoreszenzdetektion auslesbar.

[0004] Aus der EP 2 261 641 A2 ist eine Anordnung zur Bestimmung einer Lumineszenzquantenausbeute einer lumineszierenden Probe bekannt. Mit einem bifokalen Hohlkörper mit einer gerichteten reflektierenden Innenwand wird Licht einer Probe in einem zweiten Brennpunkt fokussiert und mit einer optischen Einrichtung gesammelt.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Erfindung schafft eine optische Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, und ein Verfahren zur Herstellung einer optischen Sensorvorrichtung nach Anspruch 14.

[0006] Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Vorteile der Erfindung

[0007] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, eine optische Sensorvorrichtung mit einer lumineszierenden Probe anzugeben, welche die Lumineszenzstrahlung der Probe in einem möglichst großen, nahezu vollständigen, Raumwinkel detektieren kann. Des Weiteren kann vorteilhaft ein hoher Grad einer Abschirmung der Probe bezüglich der Außentemperatur, Temperaturschwankungen in der Sensorvorrichtung, sowie mechanischer Verspannungen des Probenmaterials, erzielt werden. Durch eine gute Abschirmung der Probe kann vorteilhaft die Messgenauigkeit der zu bestimmenden physikalischen Messgrößen erhöht werden. Die Sensorvorrichtung kann weiterhin kleinskalig (im Mikrometerbereich, MEMS), energiesparsam und kostengünstig ausgeführt sein.

[0008] Erfindungsgemäß umfasst die optische Sensorvorrichtung eine erste Trägereinrichtung mit einer ersten Kavität, eine lumineszierende Probe, welche zum Abstrahlen einer Emissionsstrahlung anregbar ist, und welche innerhalb der ersten Kavität oder in einer Öffnungsrichtung der ersten Kavität an die erste Kavität angrenzend angeordnet ist. Des Weiteren umfasst die Sensorvorrichtung zumindest ein photodetektives Element, welches dazu eingerichtet ist, die Emissionsstrahlung der lumineszierenden Probe zu detektieren, und ein optisches Filterelement, welches für die Emissionsstrahlung der lumineszierenden Probe durchlässig ist, und welches zwischen dem photodetektiven Element und der lumineszierenden Probe angeordnet ist.

[0009] Die lumineszierende Probe umfasst vorteilhaft eine Festkörperstruktur, einen Kristall, einen Diamant, oder ein Gas, beispielsweise ein metallisches Gas. Bei einer Anregung der lumineszierenden Probe mit Licht, beispielsweise von einem Laser oder einer LED-Lichtquelle, mit Mikrowellenstrahlung oder mit Wärme, strahlt die Probe eine Strahlung mit einer messbaren Wellenlänge ab, beispielsweise im sichtbaren, UV- oder IR-Bereich. Wird die Probe einem äußeren Einfluss ausgesetzt, beispielsweise einer Temperatur, mechanischer Spannung, einem Magnetfeld oder einem elektrischen Feld, so kann sich die Wellenlänge der Lumineszenz messbar verändern. Die lumineszierende Probe wird vorteilhaft von einer Distanz aus durch eine Licht- oder Strah-

lungsquelle bestrahlt, und ist somit vorteilhaft thermisch von dieser isoliert.

[0010] Die erste Kavität wirkt vorteilhaft fokussierend auf die Strahlung der lumineszierenden Probe, vorteilhaft in Richtung der Öffnung der ersten Kavität. Dadurch wird eine zumindest teilweise Sammlung der Emissionsstrahlung von der Probe bewirkt, wodurch eine Einsammeleffizienz des photodetektiven Elements signifikant erhöht werden kann. Diesbezüglich umfasst die erste Trägereinrichtung vorteilhaft ein Material, welches für die Emissionsstrahlung der lumineszierenden Probe streuend oder reflektierend ausgebildet ist oder zumindest mit einem streuenden oder reflektierenden Material beschichtet oder versehen ist. Des Weiteren ist das Material der ersten Trägereinrichtung vorteilhaft wärme- und spannungsisolierend gegenüber den Außenbedingungen der Sensorvorrichtung, um Temperatur- und/oder mechanische Spannungsgradienten nahezu nicht an die lumineszierende Probe weiterzuleiten.

[0011] Die lumineszierende Probe kann vorteilhaft innerhalb der ersten Kavität angeordnet sein, wobei die erste Trägereinrichtung die Probe teilweise umgibt. Dadurch wird eine fokussierende Wirkung für die Emissionsstrahlung erzielt. Alternativ dazu ist es auch möglich, dass die Probe außerhalb der ersten Kavität angeordnet ist, insbesondere angrenzend an die erste Kavität und in einer Öffnungsrichtung, welche der fokussierenden Abstrahlrichtung der ersten Kavität entspricht wenn diese streuend ausgebildet oder mit einem reflektierenden Material versehen ist.

[0012] Das photodetektive Element ist der lumineszierenden Probe vorteilhaft in einer Abstrahlrichtung der Probe nachgeordnet, vorteilhaft beabstandet von der Probe, um die Probe keiner mechanischen Verspannung oder Temperaturschwankung durch Absorption an dem photodetektiven Element auszusetzen. Des Weiteren ist das photodetektive Element derart geformt, dass es einen möglichst großen Raumwinkel um die lumineszierende Probe herum umschließt. Daher kann sich das photodetektive Element vorteilhaft in gebogener Form zumindest teilweise um die Probe herum erstrecken. Beispielsweise bildet das photodetektive Element zumindest eine Halbkugel. Das optische Filterelement kann dabei auf dem photodetektiven Element angeordnet sein oder von diesem beabstandet und von der Probe beabstandet und eigenständig angeordnet sein.

[0013] Durch die fokussierende Wirkung der ersten Kavität, und durch den großen Raumwinkel zur Detektion von Emissionsstrahlung, kann vorteilhaft die Einsammeleffizienz der von der Probe abgestrahlten Emissionsstrahlung gegenüber etwa einer Optik mit Linsen signifikant erhöht werden, da eine Linsenoptik eine begrenzte Einsammeleffizienz, etwa durch die begrenzte numerische Apertur oder den

begrenzten Raumwinkel, aufweist. Auf diese Weise wird durch die gesteigerte Einsammeleffizienz vorteilhaft die Sensorempfindlichkeit der Vorrichtung erhöht, insbesondere das Verhältnis zwischen Signal und Störuschen (SNR, signal to noise ratio) signifikant erhöht.

[0014] Um am photodetektiven Element die empfangene Störstrahlung zu verringern, ist das optische Filterelement vorteilhaft lediglich für die zu erwartende Emissionsstrahlung der Probe durchlässig. Das SNR ist proportional zur Wurzel aus dem Signal, insbesondere zur Wurzel aus der Anzahl der emittierten Photonen der lumineszierenden Probe, falls das Rauschen durch Schrottrauschen verursacht/limitiert wird.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der optischen Sensorvorrichtung, umfasst diese eine zweite Trägereinrichtung, welche auf der ersten Trägereinrichtung angeordnet ist, wobei die lumineszierende Probe innerhalb der ersten Kavität und/oder innerhalb einer zweiten Kavität der zweiten Trägereinrichtung angeordnet ist, und die erste Trägereinrichtung und die zweite Trägereinrichtung die lumineszierende Probe zumindest teilweise umschließen und gegenüber einem Außenbereich der optischen Sensorvorrichtung abschirmen.

[0016] Die zweite Trägereinrichtung kann vorteilhaft das gleiche Material umfassen, wie die erste Trägereinrichtung, oder aus einem anderen Material gefertigt sein. Die beiden Trägereinrichtungen können die lumineszierende Probe vorteilhaft vollständig umschließen. Die zweite Trägereinrichtung bildet mit der ersten Kavität einen Innenraum und kann vorteilhaft eine zweite Kavität umfassen oder eben ausgebildet sein. Handelt es sich bei der lumineszierenden Probe um ein Gas, so füllt dieses den Innenraum, welcher durch die abgeschlossene erste und/oder zweite Kavität gebildet wird. Des Weiteren ist eine zusätzliche Gasdampfzelle in der Kavität denkbar, in welcher die Probe angeordnet sein kann. Handelt es sich bei der lumineszierenden Probe um einen Festkörper, so ist dieser vorteilhaft von beiden Trägereinrichtung beabstandet und vorteilhaft in einem Isolatormaterial eingebettet. Das Isolatormaterial ist vorteilhaft derart ausgebildet, dass es durchlässig ist sowohl für die anregende Strahlung als auch für die Emissionsstrahlung. Des Weiteren ist das Isolatormaterial isolierend gegenüber Temperatur und mechanischer Verspannung. Die zweite Trägereinrichtung wird vorteilhaft auf der ersten Trägereinrichtung mechanisch fixiert, beispielsweise geklebt oder gebondet. Das photodetektive Element befindet sich hierbei ebenfalls innerhalb des Innenraumes, welcher durch die zwei Trägereinrichtungen geformt wird, oder innerhalb oder am Ende einer Öffnung in der ersten oder zweiten Trägereinrichtung. Ist eine Öffnung in der ersten oder zweiten Trägereinrichtung zur Abstrahlung vorhanden, so konzentriert sich die Strahlung innerhalb des

Innenraumes durch Mehrfachstreuung oder Mehrfachreflexion entsprechend einer Ulbrichtkugel, und tritt dann konzentriert durch die Öffnung zum photodetektiven Element aus, wodurch die Einsammelleffizienz signifikant erhöht wird. Die beiden Trägereinrichtungen sind vorteilhaft für die Emissionsstrahlung streuend oder spiegelnd, oder derart beschichtet, wodurch ein nahezu vollständiger Raumwinkel (4π) zur Detektion erreicht wird. Zur Anregung umfasst die erste oder die zweite Trägereinrichtung vorteilhaft eine Öffnung, um die Probe mit Strahlung von außen anzuregen. Alternativ dazu könnte die Sensorvorrichtung auch mehr als zwei Trägereinrichtungen umfassen.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführung umfasst die optische Sensorvorrichtung ein erstes Spiegelement, wobei das erste Spiegelement zumindest an einer Innenwand der ersten Kavität oder einer Innenwand der zweiten Kavität angeordnet ist.

[0018] Das erste Spiegelement deckt vorteilhaft alle Innenwände der ersten Kavität und/oder der zweiten Kavität vollständig ab. Das erste Spiegelement umfasst beispielsweise eine Metallisierung oder einen dielektrischen Spiegel (Bragg-Spiegel).

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausführung umfasst die optische Sensorvorrichtung ein zweites Spiegelement, wobei das zweite Spiegelement auf einer der ersten Trägereinrichtung zugewandten Seite der zweiten Trägereinrichtung angeordnet ist, wobei das zweite Spiegelement die erste Kavität der ersten Trägereinrichtung zumindest teilweise abdeckt.

[0020] Das zweite Spiegelement kann ebenso wie das erste Spiegelement vorteilhaft eine Metallisierung auf der zweiten Trägereinrichtung oder einen dielektrischen Spiegel umfassen. Hierbei ist das zweite Spiegelement vorteilhaft eben auf der Oberfläche der zweiten Trägereinrichtung angeordnet, aufgebracht oder beschichtet.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der optischen Sensorvorrichtung ist die lumineszierende Probe zumindest teilweise von dem ersten Spiegelement zusammen mit dem zweiten Spiegelement umgeben.

[0022] Die beiden Spiegelemente umschließen zusammen vorteilhaft den gesamten Raumwinkel um die Probe herum und bewirken im Hohlraum zwischen der ersten und der zweiten Trägereinrichtung einen Mehrfachspiegeleffekt vergleichbar mit einer Ulbrichtkugel.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der optischen Sensorvorrichtung ist das photodetektive Element flächig ausgeformt, an zumindest einer In-

nenwand der ersten Kavität oder einer Innenwand der zweiten Kavität angeordnet und bedeckt diese zumindest teilweise.

[0024] Das photodetektive Element umgibt vorteilhaft einen möglichst großen Raumwinkel um die lumineszierende Probe herum, wobei das photodetektive Element vorzugsweise alle Innenwände der ersten und/oder der zweiten Kavität abdeckt. Das photodetektive Element erhöht dabei selbst durch seine umschließende Form die Einsammelleffizienz. Des Weiteren kann das photodetektive Element vorteilhaft einer fokussierenden ersten Kavität in deren Öffnungsrichtung gegenüber angeordnet sein, wodurch sich die Emissionsstrahlung zusätzlich am photodetektiven Element konzentriert.

[0025] Alternativ dazu kann das photodetektive Element aber auch nur einen Teilbereich einer der Trägereinrichtungen innerhalb des Innenraumes abdecken, wobei dieser Teilbereich einen Sammelbereich für die mehrfach reflektierte oder gestreute Emissionsstrahlung gemäß der Strahlung in einer Ulbrichtkugel bildet.

[0026] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der optischen Sensorvorrichtung ist das photodetektive Element flächig ausgeformt und auf einer der ersten Trägereinrichtung zugewandten Seite der zweiten Trägereinrichtung angeordnet und deckt die erste Kavität zumindest teilweise ab.

[0027] Das photodetektive Element kann entsprechend dem Konzept einer Ulbrichtkugel die Einsammelleffizienz erhöhen wenn dieses einen Teilbereich der zweiten Trägereinrichtung abdeckt und der Restbereich der ersten Trägereinrichtung zugewandten Seite der zweiten Trägereinrichtung streuend oder spiegelnd ist. Andererseits kann das photodetektive Element auch die gesamte, der ersten Trägereinrichtung zugewandte, Seite abdecken.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der optischen Sensorvorrichtung umfasst diese eine Zwischenträgereinrichtung, welche auf der ersten Trägereinrichtung angeordnet ist, so dass die Zwischenträgereinrichtung die erste Kavität überspannt, wobei die lumineszierende Probe auf der Zwischenträgereinrichtung angeordnet ist.

[0029] Die Zwischenträgereinrichtung umfasst vorteilhaft ein Material, welches eine hohe Konstanz in Temperatur und mechanischer Verspannung aufweist, so dass die lumineszierende Probe auf der Zwischenträgereinrichtung von der Umgebung (Außenbereich) der Sensorvorrichtung nahezu vollständig wärme- und spannungsisoliert ist. Mit anderen Worten unterdrückt das Material der Zwischenträgereinrichtung vorteilhaft jeglichen Wärme- und Spannungsgradienten in Richtung der lumineszierenden

Probe. Die Zwischenträgereinrichtung ist vorzugsweise transparent für die Emissionsstrahlung, so dass der fokussierende Effekt durch die erste oder die zweite Kavität oder ein Spiegelement auf einer der Probe gegenüberliegenden Seite der Zwischenträgereinrichtung erhalten bleibt. Die Zwischenträgereinrichtung umfasst vorteilhaft eine Membran mit Perforierungen, welche zu einer Herstellung der ersten oder zweiten Kavität durch beispielsweise ein Ätzverfahren dienen. Des Weiteren verbessern die Perforierungen vorteilhaft die Entkopplung der Probe hinsichtlich Temperatur und mechanischer Spannung, da die Membran flächig nicht vollständig durchgehend ist. Die Zwischenträgereinrichtung kann beispielsweise eine Folie oder einen alternierenden Stapel von isolierenden Materialien wie etwa SiO₂, SiN, oder Ähnliches und leitenden Materialien wie dotiertes Si oder Metalle umfassen.

[0030] Gemäß einer bevorzugten Ausführung umfasst die optische Sensorvorrichtung eine Antenne, welche zur Abstrahlung von Mikrowellenstrahlen eingerichtet ist, und/oder ein Heizelement, welche(s) auf der Zwischenträgereinrichtung angeordnet ist/sind.

[0031] Die Antenne und/oder das Heizelement kann alternativ auch innerhalb der Zwischenträgereinrichtung angeordnet sein. Durch das Heizelement wird die Zwischenträgereinrichtung vorteilhaft auf eine vorbestimmte optimale Betriebstemperatur der lumineszierenden Probe gebracht und danach durch die Eigenschaften der Zwischenträgereinrichtung vorteilhaft konstant gehalten. Die Antenne für die Mikrowellenstrahlen dient vorteilhaft der Anregung der Probe und kann vorteilhaft innerhalb des Innenraumes oder oberhalb der ersten oder zweiten Kavität angeordnet sein. Dadurch kann vorteilhaft eine höhere Miniaturisierung der Sensorvorrichtung erreicht werden, da keine externe Antenne von außerhalb der Sensorvorrichtung genutzt werden muss.

[0032] Gemäß einer bevorzugten Ausführung umfasst die lumineszierende Probe eine Diamantstruktur mit Stickstoff-Vakanz-Zentren und ist von der ersten Trägereinrichtung und/oder von der zweiten Trägereinrichtung beabstandet.

[0033] Durch die Beabstandung der Diamantstruktur von der ersten und/oder von der zweiten Trägereinrichtung ist die lumineszierende Probe vorteilhaft betreffend Temperatur und mechanischer Verspannung von der Umgebung der Sensorvorrichtung isoliert. Die Diamantstruktur kann vorteilhaft mittels MEMS-basierter Herstellungsverfahren (Mikroelektromechanische Systeme) und Bauteile in der Sensorvorrichtung, oder auf einer Zwischenträgereinrichtung angeordnet werden. Vorteilhaft kann auch die Zwischenträgereinrichtung sowie die restlichen Komponenten der Sensorvorrichtung mittels MEMS-basierter Verfahren hergestellt werden.

[0034] Ein Diamant mit Stickstoff-Vakanz-Zentren (NV-Diamant) reagiert auf eine Anregung durch Licht mit einer Lumineszenzstrahlung, welche von der Temperatur des Diamanten abhängt, beispielsweise mit einer Wellenlänge von 630 nm. Durch eine zusätzliche Bestrahlung mit Mikrowellen kann das Spektrum der Lumineszenz verändert werden, wobei Elektronen im Diamant andere Spinzustände ($m = \pm 1$) besetzen und unter anderem auch strahlungsfrei rekombinieren können (unter Mikrowellenstrahlung erfolgt ein Einbruch der Fluoreszenz bei einer Mikrowellenstrahlung von 2.88 GHz, wobei die Elektronen durch die Mikrowellen vom $m=0$ Niveau auf die $m=\pm 1$ Zustände gehoben werden und mittels der Anregung durch Laser in das Ausgangsniveau überführt werden und danach strahlungsfrei rekombinieren, wobei zwar keine Strahlung im sichtbaren Spektralbereich sondern im IR emittiert werden kann, etwa in 1024 nm). Durch ein zusätzliches externes Magnetfeld kommt es vorteilhaft zu einer zusätzlichen Modifizierung der Spin-Niveaus im Diamant (Zeeman-Effekt), wodurch sich die Wellenlänge der Lumineszenzstrahlung verändert (Aufspaltung der $m=\pm 1$ Zustände der Emission in zwei Strahlungsspitzen). Hierbei zeigen sich bei einer Auftragung der Lumineszenz (Fluoreszenz) über die Frequenz der Mikrowellenanregung zwei Spitzen im Lumineszenzspektrum (Fluoreszenzspektrum) deren Frequenzabstand proportional zur magnetischen Feldstärke ist (optisch detektierte magnetische Resonanz ODMR). Zum Erreichen einer hohen Sensorsensitivität ist es notwendig, den Diamant nahezu auf konstanter Temperatur, insbesondere auf Raumtemperatur zu halten. Die Betriebstemperatur des Diamanten kann vorteilhaft durch ein Heizelement in der Sensorvorrichtung eingestellt werden, und durch die isolierte Anordnung des Diamanten konstant gehalten werden. Die möglichen Temperaturschwankungen liegen vorteilhaft im Bereich von wenigen nK, wobei der Diamant vorteilhaft nahezu frei von Temperaturgradienten (geringer als 1 nK) gehalten werden kann. Auf diese Weise wird eine hohe Magnetfeldsensitivität der Sensorvorrichtung von vorteilhaft wenigen pT/(Hz^{1/2}) erreicht, welche durch eine mindestauflösbare Frequenzverschiebung bestimmt ist.

[0035] Mittels einer Entkopplung des Diamanten bezüglich Spannung und Temperatur von den Außenbedingungen, insbesondere durch die Anordnung in einer Kavität oder auf einer Zwischenträgereinrichtung, können vorteilhaft eine Tiefe und Breite von Absorptionslinien für die Mikrowellenstrahlung verbessert werden. Zur Magnetfeldmessung kann der Diamant vorteilhaft mit einem Licht im grünen Wellenlängenbereich bestrahlt werden, wonach dieser vorteilhaft Lumineszenz im roten Wellenlängenbereich abgibt. Die Bestrahlung mit Mikrowellen erfolgt beispielsweise im Bereich von 2 GHz bis 4 GHz. Bei der optisch detektierten magnetischen Resonanz kann durch einen vergrößerten Raumwinkel bei der Detek-

tion vorteilhaft das SNR-Verhältnis verbessert werden und die Sensorempfindlichkeit gesteigert werden. Der NV-Diamant weist beispielsweise einen Brechungsindex von $n = 2.4$ auf. Durch die hohe Sensorempfindlichkeit (durch den großen Raumwinkel) kann vorteilhaft der Einfluss des Brechungsindex n des Diamanten auf eine $1/n$ -Reduzierung der numerischen Apertur von Einsammeloptiken verringert werden und eine hohe Sensorempfindlichkeit beibehalten werden.

[0036] Alternativ zur Anwendung eines NV-Diamanten sind aber auch andere lumineszierende Proben, etwa mit elektrisch anregbaren fluoreszierenden Defekten, beispielsweise in SiC, möglich.

[0037] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der optischen Sensorvorrichtung umfasst die erste Trägereinrichtung und/oder die zweite Trägereinrichtung einen Halbleiterchip und/oder ein Silizium-Substrat.

[0038] Die erste Trägereinrichtung und/oder die zweite Trägereinrichtung können durch Halbleitertechnologien als Chips hergestellt sein, wobei das Substrat der ersten und/oder der zweiten Trägereinrichtung vorteilhaft einen Chip (umfassend Si, vorteilhaft kristallines Si) oder einen Wafer umfasst. Das photodetektive Element kann hierbei vorteilhaft als eine Schicht im Chip ausgebildet werden, beispielsweise durch Dotierung als pin- oder pn-Übergang. Das erste und/oder das zweite Spiegelement kann vorteilhaft als eine dünne metallische Schicht, oder als eine Schichtenfolge wie ein Bragg-Spiegel auf dem Substrat angeordnet werden.

[0039] Beim Anordnen einer Membran als Zwischenträgereinrichtung auf einem Halbleiterwafer kann dieser vorteilhaft lithographisch an der ersten oder der zweiten Trägereinrichtung (Chip, Wafer) angebracht werden und mit Perforierungen ausgebildet werden, durch welche hindurch die erste oder die zweite Kavität unterhalb der Membran geätzt werden kann, beispielsweise anisotrop mittels KOH-Ätzen. Der Ätzvorgang kann jedoch auch ohne die Membran durchgeführt werden.

[0040] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der optischen Sensorvorrichtung umfasst die erste Trägereinrichtung und/oder die zweite Trägereinrichtung eine Öffnung, durch welche die lumineszierende Probe mit Licht bestrahlbar ist.

[0041] Bei den Öffnungen kann es sich beispielsweise um optische Zugänge handeln (Trench, VIA im Halbleitermaterial), welche zur Bestrahlung, oder Abstrahlung aus dem Innenraum dienen. Durch solche Öffnungen können vorteilhaft auch Zuleitungen, beispielsweise passivierte Leiterbahnen im Halbleiter, geführt oder angeordnet werden.

[0042] Erfindungsgemäß wird die optische Sensorvorrichtung als Magnetfeldsensor in einer mobilen oder tragbaren Vorrichtung verwendet.

[0043] Insbesondere durch die Verwendung von Halbleitertechnologien und MEMS- oder MOEMS-Anwendungen sowie mittels solcher Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT), kann vorteilhaft eine besonders kleinskalige und kostengünstige sowie energiesparende Sensorvorrichtung in hohen Stückzahlen hergestellt werden und vorteilhaft in Massenanwendungen in Industrie, Privatgebrauch, im Automobilbereich oder anderen Bereichen verwendet werden. Durch die Anwendung von MEMS- oder MOEMS-Anwendungen sowie mittels solcher Aufbau- und Verbindungstechniken (AVT) kann vorteilhaft eine Integration der Probe (NV-Diamant), der Lichtquelle, des photodetektiven Elements und der Mikrowellenquelle in die Sensorvorrichtung erfolgen. Diesbezüglich ist die Sensorvorrichtung in einer Größenordnung von kleiner 1 cm^3 ausgeführt. Dabei kann insbesondere bei der Anordnung von Lichtquellen zur Anregung, Mikrowellenstrahlern, Einsammeloptiken (Spiegel) und photodetektiven Elementen auf eine eigene AVT verzichtet werden, wodurch die Sensorvorrichtung kleinskaliger und kostengünstiger wird. Eine kleinskalige Ausführung der Sensorvorrichtung ermöglicht vorteilhaft eine gleiche oder zumindest ähnliche Sensorempfindlichkeit, wie in Laborsensoren, bei welchen Lichtquellen, Mikrowellenstrahler und Lichtdetektoren, als Laborgeräte, beispielsweise als Tischlaserquellen, Mikroskope oder Tisch-Mikrowellengeräte zum Einsatz kommen. Durch eine miniaturisierte Bauweise der Sensorvorrichtung kann auf großskalige, laborgebundene und teure Laborgeräte vorteilhaft verzichtet werden. Eine derartige mobile Sensorvorrichtung kann vorteilhaft in diversen Produkten als Magnetfeldsensor eingesetzt werden. Die Sensorvorrichtung eignet sich als miniaturisierter Sensor auch in mobilen Telekommunikationseinrichtungen (IOT-Anwendungen, Internet der Dinge), Fahrzeugen oder in Vorrichtungen, welche beispielsweise metallische Elemente in Wänden und Böden suchen können oder die Himmelsrichtung zur Navigation bestimmen können.

[0044] Erfindungsgemäß wird bei einem Verfahren zur Herstellung einer optischen Sensorvorrichtung in einem Verfahrensschritt **S1** eine erste Trägereinrichtung mit einer ersten Kavität bereitgestellt. In einem weiteren Verfahrensschritt **S2** wird eine lumineszierende Probe innerhalb der ersten Kavität oder in einer Öffnungsrichtung der ersten Kavität an die erste Kavität angrenzend angeordnet. In einem Verfahrensschritt **S3** wird ein photodetektives Element in einer fokussierenden Richtung der Emissionsstrahlung der lumineszierenden Probe angeordnet. In einem Verfahrensschritt **S4** wird ein optisches Filterelement zwischen dem photodetektiven Element und der lumineszierenden Probe angeordnet.

[0045] Die Sensorvorrichtung kann vorteilhaft mittels Halbleitertechnologien und MEMS- oder MOEMS-Anwendungen und Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) hergestellt werden. Durch Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) können vorteilhaft weitere Elemente, wie ein Heizelement, eine Mikrowellenantenne, eine Radioantenne oder eine Lasereinrichtung mit der Sensorvorrichtung von außen verbunden oder in dieser angeordnet werden.

[0046] Das Verfahren kann vorteilhaft entsprechend den, in Verbindung mit der erfindungsgemäßen optischen Sensorvorrichtung, bereits erläuterten Merkmalen ausgeführt werden.

[0047] Gemäß einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens wird im Verfahrensschritt **S2** eine Zwischenträgereinrichtung auf der ersten Trägereinrichtung angeordnet, so dass die Zwischenträgereinrichtung die erste Kavität überspannt, und die lumineszierende Probe wird auf der Zwischenträgereinrichtung angeordnet.

[0048] Die erste und/oder die zweite Kavität können vorteilhaft mittels isotropen Gasphasen- oder Nassätzen oder durch KOH-Ätzen durch Perforationen in der Zwischenträgereinrichtung in den Trägereinrichtungen hergestellt werden.

[0049] Die lumineszierende Probe, insbesondere der NV-Diamant, kann vorteilhaft mittels Anwendungen aus MEMS/MOEMS sowie entsprechender Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) auf der Zwischenträgereinrichtung platziert werden.

[0050] Weitere Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen.

Figurenliste

[0051] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand den in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine erste Trägereinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0052] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente.

[0053] **Fig. 1** zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0054] In der optischen Sensorvorrichtung **1** umfasst eine erste Trägereinrichtung **4** eine erste Kavität **4a** mit Innenwänden **4b**, wobei ein flächiges photodetektives Element **3a** in der ersten Kavität **4a**, die Innenwände **4b** vollständig abdeckend, ausgebildet ist. Die erste Trägereinrichtung **4** ist auf einer zweiten Trägereinrichtung **6** angeordnet, welche planar ausgebildet ist und auf einer der ersten Trägereinrichtung **4** zugewandten Seite **6c** ein erstes Spiegelement **10a** umfasst. Die erste Trägereinrichtung **4** und die zweite Trägereinrichtung **6** umfassen vorteilhaft ein Halbleitermaterial, beispielsweise ein Si-Substrat mit jeweils einem Chip oder einem Wafer. Alternativ dazu können die Trägereinrichtungen jedoch auch beliebige andere geeignete Materialien umfassen. Das photodetektive Element **3a** kann als eine dotierte Schicht (pin- oder pn-Übergang) im Si-Substrat gebildet sein. Das erste Spiegelement **10a** umfasst vorteilhaft eine Metallisierung auf dem Wafer oder dem Chip der zweiten Trägereinrichtung **6**. Die erste Trägereinrichtung **4** und die zweite Trägereinrichtung **6** bilden einen abgeschlossenen Innenraum, indem die zweite Trägereinrichtung **6** die erste Kavität **4a** vollständig, mit dem ersten Spiegelement **10a**, abdeckt. Die lumineszierende Probe **2**, insbesondere ein NV-Diamant, ist in einem Isolationsmaterial innerhalb der ersten Kavität **4a** eingebettet und somit bezüglich Temperatur und mechanischer Spannung von einem Außenbereich der Sensorvorrichtung **1** isoliert. Die erste Trägereinrichtung **4** und die zweite Trägereinrichtung **6** können transparent für eine Strahlung zur Anregung der lumineszierenden Probe **2** sein, welche von außen auf die Probe **2** strahlt (Mikrowellen, Licht). Alternativ dazu kann die Strahlungsquelle zur Anregung auch innerhalb des Innenraumes angeordnet sein, oder eine der Trägereinrichtungen kann eine Öffnung aufweisen (nicht gezeigt). Die lumineszierende Probe **2** emittiert eine Emissionsstrahlung **E** isotrop in alle Richtungen. Das erste Spiegelement **10a** reflektiert diese in Richtung der ersten Kavität

4a, wo die Emissionsstrahlung E über den gesamten Raumwinkel der ersten Kavität **4a** durch das photodetektive Element **3a** eingefangen wird. Auf dem photodetektiven Element **3a** ist ein optisches Filterelement **5a** angeordnet, welches die gesamte Fläche des photodetektiven Elements **3a**, welche der Probe **2** zugewandt ist, abdeckt. Bei dem optischen Filterelement **5a** kann es sich vorteilhaft um eine Beschichtung des photodetektiven Elements **3a** handeln.

[0055] Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0056] Die Ausführungsform der Fig. 2 unterscheidet sich lediglich durch die Anordnung des photodetektiven Elements sowie des ersten Spiegelements von der Fig. 1. In der Fig. 2 wird anstatt dem ersten Spiegelement **10a** aus der Fig. 1 auf einer der Probe **2** zugewandte Seite **6c** ein flächiges photodetektives Element **3b** angeordnet, welches die erste Kavität **4a** vollständig bedeckt und vorteilhaft als Schicht auf dem Wafer oder dem Chip ausgebildet (dotiert) ist. Auf diesem photodetektiven Element **3b** ist ebenfalls ein optisches Filterelement **5b** angeordnet, welches das gesamte photodetektive Element **3b** zur ersten Kavität **4a** hin bedeckt.

[0057] Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0058] Die Ausführungsform der Fig. 3 unterscheidet sich von der Ausführungsform aus der Fig. 1 ebenfalls durch die Anordnung des photodetektiven Elements sowie des Spiegelements. In der Fig. 3 ist auf der ersten Trägereinrichtung **4** zugewandten Seite **6c** ein zweites Spiegelement **10b** angeordnet, welches flächig ausgeformt ist und die erste Kavität **4a** vollständig abdeckt.

[0059] Die Innenwände **4b** der ersten Kavität **4a** sind vollständig mit einem ersten Spiegelement **10a** bedeckt, wodurch sich ein nahezu vollverspiegelter Innenraum zwischen der ersten Trägereinrichtung **4** und der zweiten Trägereinrichtung **6** ergibt. Das photodetektive Element **3a** ist als eigenständiges Bauteil auf dem Boden der ersten Kavität **4a** angeordnet und mit einem optischen Filterelement **5a** versehen, wobei das photodetektive Element **3a** selbst vorteilhaft nur einen kleinen Raumwinkel einnehmen braucht. Das photodetektive Element **3a** kann als eigenständiges Bauteil jedoch auch auf der zweiten Trägereinrichtung **6**, insbesondere auf dem zweiten Spiegelement **10b** angeordnet sein. Die lumineszierende Probe **2** ist beabstandet zu den Trägereinrichtungen **4** und **6** angeordnet und vorteilhaft in einer Iso-

lationsmasse eingebettet. Die Isolationsmasse kann vorteilhaft auch mit dem optischen Filterelement **5a** und mit dem photodetektiven Element **3a** in direkten Kontakt stehen. An den Seitenbereichen der ersten und der zweiten Trägereinrichtung können das erste Spiegelement **10a** und das zweite Spiegelement **10b** aufeinander angeordnet und befestigt, beispielsweise verklebt sein. Der Innenraum wirkt vorteilhaft wie eine Ulbrichtkugel, wobei durch Mehrfachreflexion die Emissionsstrahlung von der Probe **2** nahezu vollständig am photodetektiven Element **3a** ankommt und somit ein nahezu vollständiger Raumwinkel detektierbar ist.

[0060] Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf eine erste Trägereinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0061] Auf der ersten Trägereinrichtung **4** ist eine Zwischenträgereinrichtung **7** angeordnet, wobei die Zwischenträgereinrichtung **7** die erste Trägereinrichtung **4** zumindest teilweise überspannt. Eine Antenne **8** zur Bestrahlung der Probe **2** mit Mikrowellen ist in Form einer Schleife auf der Zwischenträgereinrichtung **7** angeordnet, so dass die Schleife die lumineszierende Probe, insbesondere einen NV-Diamanten, nahezu vollständig planar umläuft. Die Schleife kann vorteilhaft auch ein Heizelement **9** umfassen, mittels welchem die Zwischenträgereinrichtung **7** und somit die Probe **2** auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur gebracht werden kann. Das Heizelement **9** und die Antenne **8** können von einem Außenbereich der Sensorvorrichtung mit Energie versorgt werden.

[0062] Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0063] Eine erste Trägereinrichtung **4** umfasst eine erste Kavität **4a** mit Innenwänden **4b** und eine zweite Trägereinrichtung **6** umfasst eine zweite Kavität **6a** mit Innenwänden **6b**. Die zweite Trägereinrichtung **6** ist auf der ersten Trägereinrichtung **4** angeordnet, so dass die beiden Kavitäten einen Innenraum, beispielsweise einen Hohlraum, bilden und eine lumineszierende Probe **2** vollständig umschließen. Die Probe **2** ist auf einer Zwischenträgereinrichtung **7** angeordnet, welche auf der ersten Trägereinrichtung **4** angeordnet ist und die erste Kavität **4a** vollständig überspannt. Bei der ersten Trägereinrichtung **4** und der zweiten Trägereinrichtung **6** handelt es sich vorteilhaft um Halbleiterchips, aber auch andere Trägermaterialien sind möglich. Die zweite Trägereinrichtung **6** wird vorteilhaft auf der ersten Trägereinrichtung fixiert, insbesondere fest mit dieser verbunden. Dabei kann die zweite Trägereinrichtung **6** auch fest auf der Zwischenträgereinheit **7** angeordnet werden, oder die zweite Kavität **6a** ist breiter als die erste Kavität **4a**, so dass die Zwischenträgereinrichtung **7**

auf der ersten Trägereinrichtung **4** aufgesetzt ist, wobei die zweite Trägereinrichtung **6** erst außerhalb der Zwischenträgereinrichtung **7** auf die erste Trägereinrichtung **4** aufgesetzt wird. Die Trägereinrichtungen können vorteilhaft aufeinander geklebt oder gebondet werden. Des Weiteren umfasst die erste Trägereinheit **4** eine Öffnung **H**, durch welche Licht von einer externen Lichtquelle **L** in den Innenraum und somit auf die Probe **2** zur Anregung dieser gestrahlt wird. Nach Anregung strahlt die Probe **2** eine Emissionsstrahlung **E** ab, welche durch Streuung oder Reflexion an den Innenwänden **4b** und **6b** durch eine Öffnung **H** in der zweiten Trägereinrichtung **6** zum optischen Filterelement **5** und zum photodetektiven Element **3** gelangt. Die Öffnungen **H** können vorteilhaft in das Si-Substrat der ersten und/oder zweiten Trägereinrichtung (**4**, **6**) als gerichtete (Trench) Öffnungen eingebracht werden. Die Zwischenträgereinrichtung **7** ist vorteilhaft transparent für das Licht von der Lichtquelle **L** sowie für die Emissionsstrahlung **E** von der Probe **2**. Die Zwischenträgereinrichtung **7** umfasst vorteilhaft Perforationen, durch welche eine thermische Entkopplung der Probe **2** von einem Außenbereich erreicht werden kann. Auf der Zwischenträgereinrichtung **7**, welche beispielsweise als eine Membran zwischen zwei Halbleiterchips **4** und **7** ausgeführt werden kann, ist weiterhin eine Antenne **8** für das Aussenden von Mikrowellenstrahlung angeordnet (gezeigt ist ein Querschnitt durch eine Schleife aus der **Fig. 4**). Die Schleife kann dabei auch ein Heizelement **9** umfassen, mit welchem die Zwischenträgereinrichtung **7** auf einer vorgegebenen Temperatur gehalten werden kann. Der Innenraum zwischen den Trägereinrichtungen **4** und **6** ist vorteilhaft gegenüber den Außenbereichen abgeschlossen, wobei die Randbereiche zwischen den Trägereinrichtungen verschlossen sind und das Filterelement **5** sowie die Lichtquelle **L** direkt an die Öffnungen **H** anschließen.

[0064] **Fig. 6** zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Sensorvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0065] Die Sensorvorrichtung aus der **Fig. 6** unterscheidet sich von der Anordnung aus der **Fig. 5** dadurch, dass die Sensorvorrichtung in der **Fig. 6** nur eine erste Trägereinrichtung **4** mit einer ersten Kavität **4a** umfasst. Das photodetektive Element **3** ist mit einem optischen Filterelement **5** versehen, wobei beide eine Halbkugelform aufweisen und oberhalb der Probe **2**, der ersten Trägereinrichtung **4** gegenüber, angeordnet sind. Das Licht zur Anregung der Probe **2** wird von einer Lichtquelle **L** ausgestrahlt, welche seitlich von der Probe **2** versetzt und separat angeordnet ist. Die Probe **2** ist zur thermischen und Spannungsentkopplung auf einer Zwischenträgereinrichtung **7** über der ersten Kavität **4a** platziert. Hierbei ist die erste Kavität **4a** streuend oder spiegelnd ausgebildet.

[0066] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand des bevorzugten Ausführungsbeispiels vorstehend vollständig beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102014219547 A1 [0003]
- EP 2261641 A2 [0004]

Patentansprüche

1. Optische Sensorvorrichtung (1), umfassend

- eine erste Trägereinrichtung (4) mit einer ersten Kavität (4a),
- eine lumineszierende Probe (2), welche zum Abstrahlen einer Emissionsstrahlung (E) anregbar ist, und welche innerhalb der ersten Kavität (4a) oder in einer Öffnungsrichtung der ersten Kavität (4a) an die erste Kavität (4a) angrenzend angeordnet ist,
- zumindest ein photodetektives Element (3; 3a, 3b), welches dazu eingerichtet ist, die Emissionsstrahlung (E) der lumineszierenden Probe (2) zu detektieren, und
- ein optisches Filterelement (5; 5a, 5b), welches für die Emissionsstrahlung (E) der lumineszierenden Probe (2) durchlässig ist, und welches zwischen dem photodetektiven Element (3; 3a, 3b) und der lumineszierenden Probe (2) angeordnet ist.

2. Optische Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 1, welche eine zweite Trägereinrichtung (6) umfasst, welche auf der ersten Trägereinrichtung (4) angeordnet ist, wobei die lumineszierende Probe (2) innerhalb der ersten Kavität (4a) und/oder innerhalb einer zweiten Kavität (6a) der zweiten Trägereinrichtung (6) angeordnet ist, und die erste Trägereinrichtung (4) und die zweite Trägereinrichtung (6) die lumineszierende Probe (2) zumindest teilweise umschließen und gegenüber einem Außenbereich der optischen Sensorvorrichtung (1) abschirmen.

3. Optische Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, welche ein erstes Spiegelement (10a) umfasst, wobei das erste Spiegelement (10a) zumindest an einer Innenwand (4b) der ersten Kavität (4a) oder einer Innenwand (6b) der zweiten Kavität (6a) angeordnet ist.

4. Optische Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 2 oder 3, soweit rückbezogen auf Anspruch 2, welche ein zweites Spiegelement (10b) umfasst, wobei das zweite Spiegelement (10b) auf einer der ersten Trägereinrichtung (4) zugewandten Seite (6c) der zweiten Trägereinrichtung (6) angeordnet ist, wobei das zweite Spiegelement (10b) die erste Kavität (4a) der ersten Trägereinrichtung (4) zumindest teilweise abdeckt.

5. Optische Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 2, 3 und 4, wobei die lumineszierende Probe (2) zumindest teilweise von dem ersten Spiegelement (10a) zusammen mit dem zweiten Spiegelement (10b) umgeben ist.

6. Optische Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei welcher das photodetektive Element (3a) flächig ausgeformt ist, an zumindest einer Innenwand (4b) der ersten Kavität (4a) oder einer

Innenwand (6b) der zweiten Kavität (6a) angeordnet ist und diese zumindest teilweise bedeckt.

7. Optische Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, soweit rückbezogen auf Anspruch 2 oder 3, bei welcher das photodetektive Element (3b) flächig ausgeformt ist und auf einer der ersten Trägereinrichtung (4) zugewandten Seite (6c) der zweiten Trägereinrichtung (6) angeordnet ist und die erste Kavität (4a) zumindest teilweise abdeckt.

8. Optische Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend eine Zwischenträgereinrichtung (7), welche auf der ersten Trägereinrichtung (4) angeordnet ist, so dass die Zwischenträgereinrichtung (7) die erste Kavität (4a) überspannt, wobei die lumineszierende Probe (2) auf der Zwischenträgereinrichtung (7) angeordnet ist.

9. Optische Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 7, welche eine Antenne (8), welche zur Abstrahlung von Mikrowellenstrahlen eingerichtet ist, und/oder ein Heizelement (9) umfasst, welche(s) auf der Zwischenträgereinrichtung (7) angeordnet ist/sind.

10. Optische Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei welcher die lumineszierende Probe (2) eine Diamantstruktur mit Stickstoff-Vakanz-Zentren umfasst und von der ersten Trägereinrichtung (4) und/oder von der zweiten Trägereinrichtung (6) beabstandet ist.

11. Optische Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei welcher die erste Trägereinrichtung (4) und/oder die zweite Trägereinrichtung (6) einen Halbleiterchip und/oder ein Silizium-Substrat umfasst.

12. Optische Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei welcher die erste Trägereinrichtung (4) und/oder die zweite Trägereinrichtung (6) eine Öffnung (H) umfasst, durch welche die lumineszierende Probe (2) mit Licht bestrahlbar ist.

13. Verwendung einer optischen Sensorvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12 als Magnetfeldsensor in einer mobilen oder tragbaren Vorrichtung.

14. Verfahren zur Herstellung einer optischen Sensorvorrichtung (1) umfassend die Schritte:

- S1) Bereitstellen einer ersten Trägereinrichtung (4) mit einer ersten Kavität (4a);
- S2) Anordnen einer lumineszierenden Probe (2) innerhalb der ersten Kavität (4a) oder in einer Öffnungsrichtung der ersten Kavität (4a) an die erste Kavität (4a) angrenzend;
- S3) Anordnen eines photodetektiven Elements (3; 3a, 3b) in einer fokussierenden Richtung der Emissionsstrahlung (E) der lumineszierenden Probe (2);

- S4) Anordnen eines optischen Filterelements (5; 5a, 5b), so dass das optische Filterelement zwischen dem photodetektiven Element (3; 3a, 3b) und der lumineszierenden Probe (2) angeordnet ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem
- im Verfahrensschritt S2 eine Zwischenträgereinrichtung (7) auf der ersten Trägereinrichtung (4) angeordnet wird, so dass die Zwischenträgereinrichtung (7) die erste Kavität (4a) überspannt, und die lumineszierende Probe (2) auf der Zwischenträgereinrichtung (7) angeordnet wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

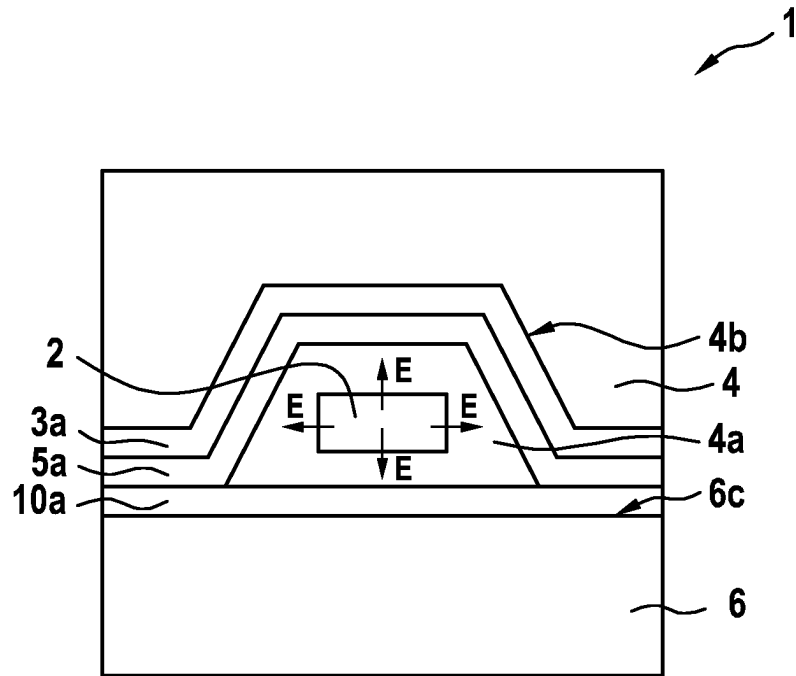


Fig. 2

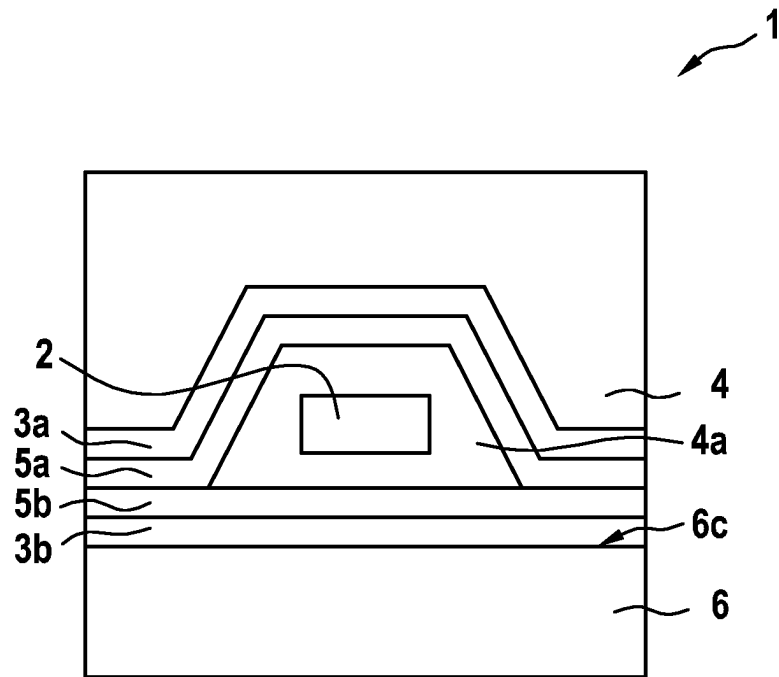


Fig. 3

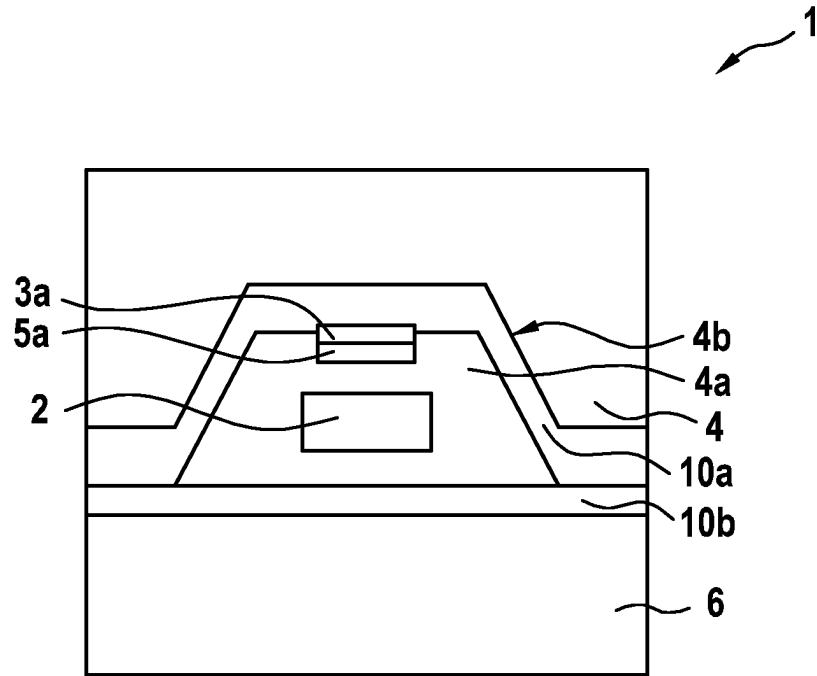


Fig. 4

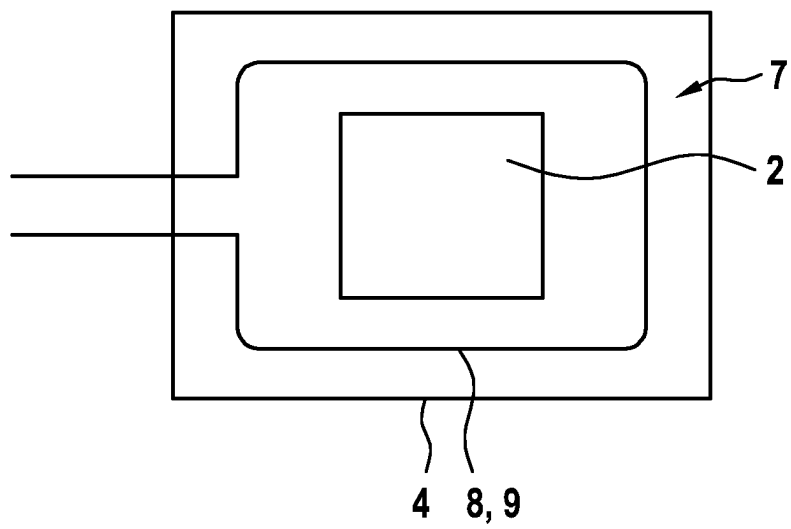


Fig. 5

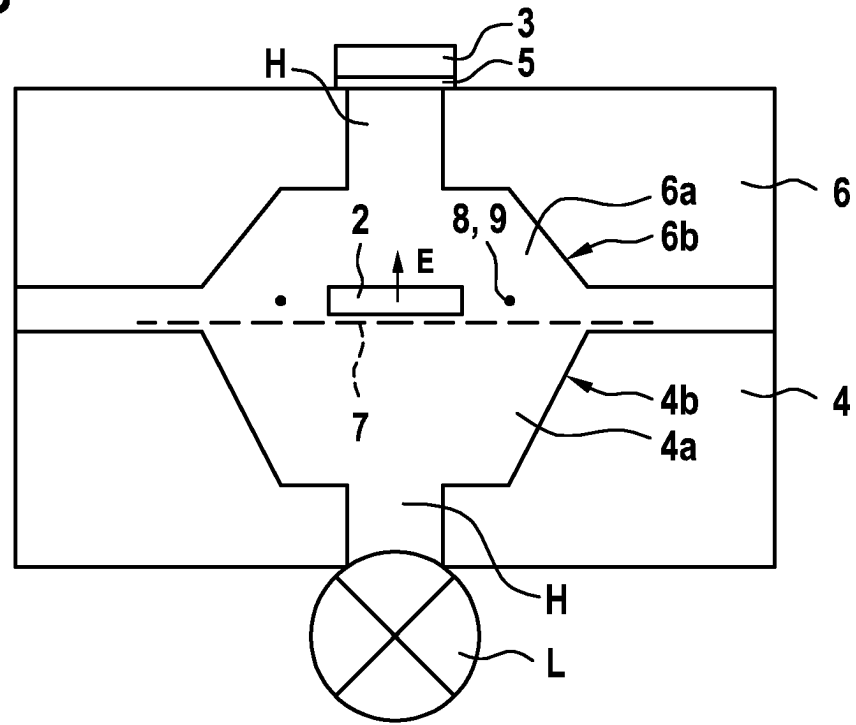


Fig. 6

