(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2019 120 076 A1** 2021.01.28

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 120 076.8**
(22) Anmeldetag: **25.07.2019**
(43) Offenlegungstag: **28.01.2021**

(51) Int Cl.: ***H01L 31/167*** (2006.01)
H01L 29/15 (2006.01)
H01L 43/02 (2006.01)
H01L 27/144 (2006.01)
H01L 23/495 (2006.01)
H01L 23/06 (2006.01)

(71) Anmelder:
Burchard, Bernd, Dr., 45276 Essen, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**10 2015 015 390**	**A1**
US	**2018 / 0 203 080**	**A1**

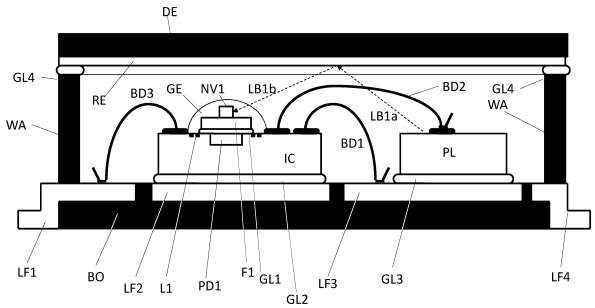
WICKENBROCK, Arne, et al. Microwave-free magnetometry with nitrogen-vacancy centers in diamond. Applied Physics Letters, 2016, 109. Jg., Nr. 5, S. 053505

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Gehäuse für einen NV-Zentrum basierenden Quantensensor sowie Verfahren zu deren Herstellung und Test**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Gehäuse mit einem Quantensensorsystem. Das Quantensensorsystem weist ein paramagnetisches Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Quantensensorsystem ist, auf. Das Quantensensorsystem umfasst eine Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere eine LED (PL1). Die Anregungsstrahlung (LB) der LED (PL1) veranlasst das paramagnetisches Zentrum (NV1) zur Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (FL). Das Gehäuse Mittel (RE) umfasst Mittel, die die Anregungsstrahlung (LB) auf das paramagnetische Zentrum (NV1) lenken und so die Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere die LED (PL1), mit dem paramagnetischen Zentrum (NV1) koppeln. Des Weiteren werden Vorrichtungen und Verfahren zum Betrieb des Quantensensorsystems beschrieben.



Beschreibung

Oberbegriff

[0001] Die Erfindung richtet sich auf Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System, wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System ein paramagnetisches Zentrum im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems und/oder quantentechnologischen System ist, umfasst. Das paramagnetische Zentrum ist bevorzugt ein NV-Zentrum in einem Diamantkristall als Sensorelement und Diamant als Material.

Allgemeine Einleitung

[0002] In letzter Zeit werden sehr viele Publikationen zur Verwendung von NV-Zentren als Quantenpunkte für Quantum-Sensing, Quantum-Computing und Quantum-Kryptografie getätigt.

Aufgabe

[0003] Dem Vorschlag liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu schaffen die die obigen Nachteile des Stands der Technik nicht aufweist und weitere Vorteile aufweist. Diese sind zusammengefasst

[Liste der Nachteile]

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 19 gelöst.

Lösung der Aufgabe

[0005] Die Erfindung betrifft ein Gehäuse mit einem Sensorsystem, wobei das Sensorsystem ein paramagnetisches Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems ist, umfasst. Das Sensorsystem und/oder quantentechnologische Systems umfasst eine Quelle für Anregungsstrahlung (PL1). Die Anregungsstrahlung veranlasst das paramagnetische Zentrum (NV1) zur Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (FL). Das Gehäuse umfasst Mittel, beispielsweise einen Reflektor (RE), die die Anregungsstrahlung auf das paramagnetische Zentrum (NV1) lenken und so die Quelle für Anregungsstrahlung (PL1), beispielsweise eine LED, mit dem paramagnetischen Zentrum (NV1) koppeln. Bevorzugt ist die LED (PL1) eine grüne LED mit grüner Anregungsstrahlung, während die Fluoreszenzstrahlung (FL) typischerweise rot ist.

[0006] Bevorzugt ist dabei wobei das Sensorelement und/oder quantentechnologische Vorrichtungselement ein Diamantkristall. Das paramagnetische Zentrum (NV1) ist bevorzugt ein NV-Zentrum in dem Diamantkristall. Ein solches Sensorsystem ist in der noch unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 10 2018 127 394.0 beschrieben.

[0007] Zur Vereinfachung wird im Folgenden der Begriff Sensorelement als Synonym für ein Sensorelement und/oder ein quantentechnologisches Vorrichtungselement verwendet.

[0008] Es wird hier ein Verfahren zur Herstellung eines Sensorsystems das folgende Schritte auch in abweichender Reihenfolge umfasst:

- Bereitstellen eines Open-Cavity-Gehäuses mit Anschlüssen;
- Einbringen einer Quelle für Anregungsstrahlung (PL1);
- Einbringen einer integrierten Schaltung (IC) mit einem Empfänger (PD1);
- Elektrisches Verbinden von integrierter Schaltung und Anschlüssen und Quelle für Anregungsstrahlung (PL1);
- Einbringen eines Sensorelements mit einem paramagnetischen Zentrum (NV1) im Material des Sensorelements;
- Befestigen des Sensorelements mittels eines Befestigungsmittels (Ge);
- Herstellen eines Mittels zur Lenkung der Anregungs- und/oder Fluoreszenzstrahlung;
- Verschließen des Gehäuses mit einem Deckel;

[0009] Die Quelle für Anregungsstrahlung (PL1) ist dabei dazu vorgesehen und geeignet, eine Anregungsstrahlung (LB) zu emittieren. Das paramagnetische Zentrum (NV1) im Material des Sensorelements emittiert bei Bestrahlung mit dieser typischerweise grünen Anregungsstrahlung (LB) eine Fluoreszenzstrahlung (FL), die typischerweise rot ist. Das Befestigungsmittel (Ge) ist im Wesentlichen für die Anregungsstrahlung und für die Fluoreszenzstrahlung (FL) transparent und fixiert das Sensorelement auf dem integrierten Schaltkreis in dem Gehäuse.

[0010] Es wird ein erstes Verfahren zum Test eines Gehäuses mit einem Sensorsystem entsprechend dem vorstehenden Vorschlag vorgeschlagen mit den Schritten:

• Bestrahlen des offenen Gehäuses mit Anregungsstrahlung;

• Vermessung der durch das Gehäuse emittierten Fluoreszenzstrahlung;

• Bewerten der gemessenen Fluoreszenzstrahlung durch vergleich des Messwerts der Fluoreszenzstrahlung mit einem Schwellwert.

[0011] Es wird ein zweites Verfahren zum Test eines Gehäuses mit einem Sensorsystem entsprechend dem vorstehenden Vorschlag vorgeschlagen mit den Schritten:

• Betreiben Quelle für Anregungsstrahlung (PL1) ;

• Vermessung der durch das Gehäuse emittierten Anregungsstrahlung;

• Bewerten der gemessenen Anregungsstrahlung durch vergleich des Messwerts der Anregungsstrahlung mit einem Schwellwert.

[0012] Es wird ein drittes Verfahren zum Test eines Gehäuses mit einem Sensorsystem entsprechend dem vorstehenden Vorschlag vorgeschlagen mit den Schritten:

• Verfahren zum Test eines Gehäuses mit einem Sensorsystem nach Anspruch 1 mit den Schritten

• Betreiben Quelle für Anregungsstrahlung (PL1) ;

• Vermessung der durch das Gehäuse emittierten Fluoreszenzstrahlung;

• Bewerten der gemessenen Fluoreszenzstrahlung durch vergleich des Messwerts der Fluoreszenzstrahlung mit einem Schwellwert.

[0013] Das erste Verfahren, das zweite Verfahren und das dritte Verfahren können miteinander kombiniert werden.

[0014] Des Weiteren wird eine integrierte Schaltung zur Verwendung mit einem paramagnetischen Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements mit einem Treiber zum Betreiben einer Quelle für Anregungsstrahlung (PL1) und mit einem Empfänger (PD1), zur Detektion von Fluoreszenzstrahlung des paramagnetischen Zentrums (NV1) und mit einem Auswerteschaltkreis zur Erzeugung eines Ausgangssignals (out), das von der Fluoreszenzstrahlung (FL) des paramagnetischen Zentrums (NV1) im Material eines Sensorelements abhängt vorgeschlagen. Dabei ist das Sensorelement bevorzugt ein Diamantkristall. Das paramagnetisches Zentrum (NV1) ist bevorzugt ein NV-Zentrum in dem Diamantkristall ist.

Vorteil

[0015] Ein solches Gehäuse und der darauf aufgebaute Sensor ermöglicht zumindest in einigen Realisierungen den kompakten Aufbau und die Kombination konventioneller Schaltungstechnik mit Quantensensorik. Die Vorteile sind hierauf aber nicht beschränkt.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines vorgeschlagenen Systems.

Fig. 2 zeigt ein sogenanntes Open-Cavity-Gehäuse in der Aufsicht.

Fig. 3 zeigt das beispielhafte Gehäuse der **Fig. 2** im Querschnitt.

Fig. 4 bis **Fig. 14** beschreiben einen beispielhaften Montageprozess für das vorgeschlagene Sensorsystem in dem vorgeschlagenen Gehäuse.

Fig. 15 zeigt ein einfaches System für eine beispielhafte Teilfunktion der integrierten Schaltung (**IC**).

Fig. 16 zeigt das System der **Fig. 15** mit einer optischen Kompensation.

Fig. 17 zeigt den Test eines vorgeschlagenen Systems.

Fig. 18 zeigt einen grundsätzlichen Verfahrensablauf zur Herstellung eines Sensorsystems.

Fig. 19 entspricht der **Fig. 18**, wobei nun ein Test durchgeführt wird.

Fig. 20 zeigt das System der **Fig. 15** mit einer optischen Kompensation über den Sender.

Fig. 21 zeigt das System der **Fig. 15** mit einer elektrischen Kompensation und einer Messung des Nachleuchtens der Fluoreszenzstrahlung (**FL**), was einen Verzicht auf den ersten Filter (**F1**) ermöglicht.

Fig. 22 Zeigt das beispielhafte Gehäuse mit dem Sensorsystem aus **Fig. 14** ohne den ersten Filter (**F1**);

Beschreibung der Figuren

Figur 1

[0016] **Fig. 1** zeigt den Aufbau eines vorgeschlagenen Systems. Es umfasst eine integrierte Schaltung (**IC**), die einen Empfänger (PD) umfasst. Oberhalb des Empfängers ist ein erster Filter (**F1**), der bevorzugt ein optischer Filter ist, angeordnet. Dieser erste Filter (**F1**) ist bevorzugt auf die Oberfläche der integrierten mikroelektronischen Schaltung (**IC**) aufgeklebt. Die Klebung ist dabei bevorzugt trans-

parent für das Fluoreszenzlicht (**FL**) eines paramagnetischen Zentrums (**NV1**) im Material eines Sensorelements, das auf der dem Empfänger (**PD1**) abgewandten Seite des ersten Filters (**F1**) montiert ist. Die integrierte mikroelektronische Schaltung (**IC**) ist bevorzugt ein vereinzelter Kristall. Bevorzugt ist die integrierte mikroelektronische Schaltung (**IC**) eine CMOS-Schaltung, eine bipolare Schaltung oder eine BiCMOS-Schaltung. Das Material der mikroelektronischen Schaltung (**IC**) ist bevorzugt Silizium. Wird ein III/V Material als Trägermaterial der integrierten mikroelektronischen Schaltung (**IC**) verwendet, so ist ein Co-Integration einer LED (**PL1**) mit der mikroelektronischen Schaltung (**IC**) und mit dem Empfänger (PD) denkbar. Statt der vertikalen Anordnung ist dann eine laterale Anordnung sinnvoll. In dem Fall der **Fig. 1** gehen wir zur Vereinfachung davon aus, dass die LED (**PL1**) nicht Co-integriert ist, sondern separat. In dem Beispiel der **Fig. 1** ist ein Sensorelement mittels eines Befestigungsmittels (**Ge**) mit dem ersten Filter (**F1**) mechanisch verbunden. Bevorzugt handelt es sich um verfestigte Gelatine. Die Quelle (**PL1**) für Anregungsstrahlung (**LB**), genauer die LED (**PL1**), bestrahlt die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements mit Anregungsstrahlung. Diese regt die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements zur Emission einer Fluoreszenzstrahlung (**FL**) an. Das Befestigungsmaterial (**Ge**) ist bevorzugt transparent für die Anregungsstrahlung der Quelle (**PL1**) für Anregungsstrahlung (**LB**), also der LED (**PL1**), und transparent für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Der erste Filter (**F1**) ist bevorzugt transparent für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Der erste Filter (**F1**) ist bevorzugt nicht transparent für das Anregungslicht der Quelle (**PL1**) für Anregungsstrahlung (**LB**), also der LED (**PL1**). Letztlich bildet der Empfänger (**PD1**) zusammen mit dem ersten Filter (**F1**) einen Empfänger, der im Wesentlichen nur für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements empfindlich ist und im Wesentlichen nicht für die Anregungsstrahlung (**LB**) der LED (**PL1**) empfindlich ist. Die integrierte Schaltung (**IC**) erzeugt nun bevorzugt eine Modulation der Anregungsstrahlung (**LB**) der Quelle (**PL1**) der Anregungsstrahlung (**LB**), also der LED (**PL1**). Diese modulierte Anregungsstrahlung (**LB**) trifft die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. In Abhängigkeit vom magnetischen Fluss am Ort der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements emittieren diese dann eine modulierte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) deren Modulation von der Modulation der eintreffenden Anregungsstrahlung abhängt.

[0017] Diese Modulation der Anregungsstrahlung hat somit eine damit korrelierte Modulation der Fluoreszenzstrahlung (**FL**) zur Folge. Daher wird das Empfangssignal (**S0**) des Empfängers (**PD1**) der integrierten Schaltung (**IC**), der von der modulierten Fluoreszenzstrahlung (**FL**) getroffen wird, ebenfalls moduliert. Da die Intensität der Fluoreszenzstrahlung (**FL**) vom magnetischen Fluss am Ort der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements abhängt, hängt die Modulation des Empfangssignals (**S0**) ebenfalls vom magnetischen Fluss am Ort der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements ab.

[0018] Die integrierte Schaltung kann nun die Modulation des Empfangssignals (**S0**) auswerten und davon abhängig Aktoren betätigen oder deren Tätigkeit verändern. Beispielsweise kann die integrierte Schaltung eine erste Spule (**L1**) anders bestromen und so eine Änderung des Magnetfeldes, dass die integrierte Schaltung aufgrund eine Modulationsänderung des Empfangssignals (**S0**) erfasst hat, kompensieren. Bevorzugt ist die besagte erste Spule (**L1**) Teil der integrierten Schaltung. Sie kann dann beispielsweise als ein- oder mehrlagige Spule gefertigt werden. Die erste Spule (**L1**) kann aber auch getrennt gefertigt werden.

Figur 2

[0019] Fig. 2 zeigt ein sogenanntes Open-Cavity-Gehäuse in der Aufsicht. Es umfasst einen Boden(**BO**), Diese Boden (**BO**) ist von einem umlaufenden Wandung (**WA**) umfasst, so dass der Boden (**BO**) zusammen mit dieser Wandung (**WA**) eine nach oben offene Kavität bildet, in die im Folgenden Bauteile montiert werden können. In dem Beispiel der **Fig. 2** sind vier beispielhafte Kontakte vorgesehen. Die Anzahl der Kontakte und deren Form können variieren. Bevorzugt entspricht die finale Form des fertig montierten Gehäuses einem Standardgehäuse, wie beispielsweise QFN sodass vollautomatische Bestückungsmaschinen für die Montage des finalen Gehäuses auf Leiterplatten benutzt werden können. Bevorzugt sind der Boden (**BO**) und die Wandung aus Duroplast gefertigt, sodass das Gehäuse mit den darin enthaltenen Bauteilen in einem Lötprozess verwendet werden kann. In den Gehäuseboden sind bevorzugt Montageflächen eingearbeitet. Diese bestehen bevorzugt aus Metall. Dieses Metall ist bevorzugt beschichtet um eine besser Haftung der Bond-Drähte zu gewährleisten. Im Folgenden werden diese Montageflächen als Lead-Frame-Fläche bezeichnet.

[0020] Eine dritte Lead-Frame-Fläche (**LF3**) und eine zweite Lead-Frame-Fläche (**LF2**) sind in den Boden (**BO**) eingearbeitet. Ihre Oberfläche liegt aber innerhalb der Kavität (**CAV**) frei. In dem Beispiel der **Fig. 2** sind die Kontakte des Gehäuses als solche Leadframe-Flächen gearbeitet, die die umlaufende Wandung (**WA**) durchdringen und so einen elektrischen Kontakt durch die Wandung (**WA**) hindurch er-

möglichen. In dem Beispiel der **Fig. 4** durchstößt eine erste Lead-Frame-Fläche (**LF1**) die umlaufende Wandung. In dem Beispiel der **Fig. 4** durchstößt eine vierte Lead-Frame-Fläche (**LF4**) die umlaufende Wandung. In dem Beispiel der **Fig. 4** durchstößt eine fünfte Lead-Frame-Fläche (**LF5**) die umlaufende Wandung. In dem Beispiel der **Fig. 4** durchstößt eine sechste Lead-Frame-Fläche (**LF6**) die umlaufende Wandung.

[0021] Besonders bevorzugt weist das vorgeschlagene Gehäuse mindestens drei Anschlüsse auf: Eine positive Versorgungsspannungsleitung (Vdd), eine Bezugspotenzialleitung (GND), im Folgenden Masse genannt, und eine Ein- Ausgabeleitung (**out**). Die integrierte Schaltung (**IC**) wird durch die Versorgungsspannungsleitung (Vdd) und die Bezugspotenzialleitung mit elektrischer Energie versorgt. Die Ein-/Ausgabeleitung kann digital und/oder analog sein. Im Beispiel der **Fig. 15** und **Fig. 16** ist der Ausgang (**out**) analog. Die **Fig. 15** und **Fig. 16** können aber sinngemäß auch digital realisiert werden. Bevorzugt ist der Ein-/Ausgang ein bidirektionaler Eindrahtdatenbus. Besonders geeignet sind bekannte automobile Datenbusse wie beispielsweise der LIN-Datenbus, der DSI3-Datenbus oder der PSI5-Datenbus. Beispielsweise im Falle des LIN-Datenbusses und/oder des DSI-3 Datenbusses kann ein vierter Anschluss als Fortsetzung des Datenbusses vorgesehen werden. In dem Fall ist es möglich mittels eines Autoadressierungsverfahrens aus dem Stand der Technik die Position des Gehäuses mit dem Sensorsystem im Datenbus festzustellen und so eine Software-Adresse zu bestimmen, die eine Adressierung jedes verbauten Sensorsystems mit einer individuellen, durch die physikalische Position vorbestimmbaren Sensoradresse erlaubt. Als Schriften für solche Autoadressierungsverfahren seinen hier beispielhaft die folgenden Schriften genannt: EP 1490 772 B1, DE 10 2017 122 365 B3. Deren Offenbarungsgehalt ist in Kombination mit dieser Offenlegung vollumfänglicher Teil dieser Offenlegung.

[0022] Dies ist insbesondere für biometrische und/oder medizinische Anwendungen mit sehr vielen Sensoren sehr wünschenswert, da hierdurch die Kosten gesenkt werden.

Figur 3

[0023] Fig. 3 zeigt das beispielhafte Gehäuse der **Fig. 2** im Querschnitt. Die Kavität (**CAV**) ist markiert.

Figuren 4 bis 14

[0024] Die **Fig. 4** bis **Fig. 14** beschreiben einen beispielhaften Montageprozess für das vorgeschlagene System.

Figur 4

[0025] In **Fig. 4** wird zunächst beispielsweise mit Hilfe eines Dispensers auf die dritte Lead-Frame-Fläche (**LF3**) ein dritter Kleber (**GL3**) aufgetragen. Mit Hilfe eines Dispensers wird auf die zweite Lead-Frame-Fläche (**LF2**) ein zweiter Kleber (**GL2**) aufgetragen.

Figur 5

[0026] In **Fig. 5** wird in den dritten Kleber (**GL3**) auf der dritten Lead-Frame-Fläche (**LF3**) die LED (**PL1**) gesetzt und damit an der dritten Lead-Frame-Fläche (**LF3**) befestigt. Bevorzugt ist der dritte Kleber (**GL3**) elektrisch leitfähig. In dem Fall entsteht eine elektrische Verbindung zwischen der LED (**PL1**) und der dritten Lead-Frame-Fläche (**LF3**).

Figur 6

[0027] In **Fig. 6** wird eine integrierte Schaltung (**IC**) in den zweiten Kleber (**GL2**) gesetzt und damit an der zweiten Lead-Frame-Fläche (**LF2**) befestigt. Bevorzugt ist der zweite Kleber (**GL2**) elektrisch leitfähig. In dem Fall entsteht eine elektrische Verbindung zwischen der Rückseite der integrierten Schaltung (**IC**) und der weiten Lead-Frame-Fläche (**LF2**). Die integrierte Schaltung (**IC**) umfasst in dem Beispiel den Empfänger (**PD1**) und die erste Spule (**L1**), die in dem Beispiel der **Fig. 6** den Empfänger umgibt.

Figur 7

[0028] In **Fig. 7** wird ein erster Kleber (**GL1**) auf die Oberfläche der integrierten Schaltung (**IC**) im Bereich des Empfängers (**PD1**) aufgetragen. Der erste Kleber (**GL1**) ist bevorzugt im Wesentlichen transparent für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements transparent. Statt eines ersten Klebers können natürlich auch andere funktionsäquivalente Befestigungsmethoden für den im Folgenden in **Fig. 8** beschriebenen ersten Filter (**F1**) verwendet werden.

Figur 8

[0029] In **Fig. 8** wird in den ersten Kleber der erste Filter (**F1**) gesetzt. Der erste Filter (**F1**) ist bevorzugt im Wesentlichen transparent für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Der erste Filter (**F1**) ist bevorzugt im Wesentlichen nicht transparent für die Anregungsstrahlung (**LB**) der LED (**PL1**). Der erste Filter (**F1**) und der erste Kleber (**GL1**) können entfallen, wenn der Empfänger (**PD1**) von vornherein so ausgeführt wird, dass er für die Fluoreszenzstrahlung der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements im Wesentlichen empfindlich ist und für die Anregungsstrahlung (**LB**) der LED (**PL1**) nicht empfindlich ist. Insofern kann die gemein-

same Funktionalität aus Empfänger (**PD1**), erstem Kleber (**GL1**) und erstem Filter auch als ein Empfänger (**PD1**) betrachtet werden, der für die Fluoreszenzstrahlung der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements im Wesentlichen empfindlich ist und für die Anregungsstrahlung (**LB**) der LED (**PL1**) nicht empfindlich ist.

Figur 9

[0030] In **Fig. 9** wird das Sensorelement auf dem ersten Filter (**F1**) platziert. Dieser Schritt kann auch mit dem folgenden Schritt der **Fig. 10** zusammen erfolgen. Das Sensorelement umfasst die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements.

Figur 10

[0031] In **Fig. 10** wird das Befestigungsmittel (**Ge**) zur Befestigung des Sensorelements mit den paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements an dem ersten Filter (**F1**) eingebracht. Bevorzugt handelt es sich Gelatine. Bevorzugt wird die Gelatine mit den Sensorelementen vermischt und zusammenaufgebracht. In der hier vorgelegten Offenlegung wird hierbei ausdrücklich Bezug auf die DE 10 2019 114 032.3 genommen, deren Offenbarungsgehalt in Kombination mit dem Offenbarungsgehalt dieser Schrift vollumfänglicher Teil dieser Offenbarung ist.

Figur 11

[0032] In **Fig. 11** werden weitere elektrische Verbindungen durch Bonddrähte hergestellt. Hier stellen der erste Bonddraht (**BD1**), der zweite Bonddraht (**BD2**), der dritte Bonddraht (**BD3**) nur Beispiele dar.

Figur 12

[0033] In **Fig. 12** wird ein vierter Kleber (**GL4**) auf den Wandungen (**WA**) aufgetragen. Statt eines vierten Klebers (**GL4**) kann auch ein äquivalentes Verbindungsmittel eingesetzt werden. Sind die Wandungen (**WA**) beispielsweise aus Glas, so ist beispielsweise die Verwendung eines Glas-Lots denkbar.

Figur 13

[0034] In **Fig. 13** wird der mit einem reflektierenden Material (**RE**) (beispielsweise einem Anstrich mit Titanoxid) als Reflektor (**RE**) versehene Deckel (**DL**) auf die Wandung aufgesetzt. Bevorzugt geschieht dies in einer kontrollierten Atmosphäre, beispielsweise in einem Schutzgas oder Edelgas und/oder in einem Vakuum und/oder in einer Atmosphäre mit reduziertem Druck.

Figur 14

[0035] Nach dem Aufsetzen des Deckels (**DL**) kann der Reflektor (**RE**) die Anregungsstrahlung (**LB1a**) der LED (**PL1**) als reflektierte Anregungsstrahlung (**LB1b**) in das Sensorelement einstrahlen. Dort regt diese reflektierte Anregungsstrahlung (**LB1b**) die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements zu Abgabe einer Fluoreszenzstrahlung (**FL**) an. Diese wird von dem Empfänger (**PD1**) der integrierten Schaltung (**IC**) empfangen und verarbeitet. Der Reflektor (**RE**) dient also als optisches Funktionselement des Gehäuses, dass das die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements mit der LED (**PL1**) optisch koppelt.

Figur 15

[0036] Fig. 15 zeigt ein einfaches System für eine beispielhafte Teilfunktion der integrierten Schaltung (**IC**). Ein Signalgenerator (**G**) erzeigt ein Sendesignal (**S5**). Die LED (**PL1**) wandelt das Sendesignal in eine modulierte Anregungsstrahlung (**LB**), die direkt oder wie zuvor beschrieben indirekt auf das Sensorelement trifft. Dort regt diese reflektierte Anregungsstrahlung (**LB**) die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements zu Abgabe einer Fluoreszenzstrahlung (**FL**) an. Das erste Filter (**F1**) lässt die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) passieren, während es die modulierte Anregungsstrahlung (**LB**) nicht passieren lässt. Die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) ist korreliert zur Anregungsstrahlung (**LB**) moduliert. Die modulierte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) wir nach dem Passieren des ersten Filters (**F1**) vom Empfänger (**PD1**) empfangen und in ein moduliertes Empfangssignal (**S0**) umgewandelt. Ggf. umfasst der Empfänger (**PD1**) weitere Verstärker und Filter. Ein erster Addierer (**A1**) subtrahiert ein Rückkoppelsignal (**S6**) von dem Empfangssignal (**S0**). Es ergibt sich das reduzierte Empfangssignal (**S1**). Dieses reduzierte Empfangssignal (**S1**) wird in einem Synchrondemodulator weiterverarbeitet. Dazu multipliziert ein erster Multiplizierer (**M1**) das reduzierte Empfangssignal (**S1**) mit dem Sendesignal (**S5**) und bildet so das Filtereingangssignal (**S3**). In einem Tiefpassfilter (**TP**) wird der Gleichanteil des Filtereingangssignals durchgelassen. Es ergibt sich das Filterausgangssignal (**S4**) als Ausgangssignal des Tiefpassfilters (**TP**). Formal bildet der erste Multiplizierer (**M1**) und der Tiefpass (**TP**) ein Skalarprodukt des reduzierten Empfangssignals (**S1**) und des Sendesignals (**S5**). Der Wert des Filterausgangssignals (**S4**) gibt dann an, wieviel vom Sendesignal (**S5**) anteilig im reduzierten Empfangssignal (**S1**) vorhanden ist. Dieses Filterausgangssignal (**S4**) kann man mit einem Fourier-Koeffizienten in seiner Funktion vergleichen. Ein zweiter Multiplizierer (**M2**) multipliziert das Filterausgangssignal (**S4**) mit dem Sendesignal (**S5**) und bildet so das Rückkoppelsignal (**S6**). Ist die Verstärkung des Tiefpasses (**TP**) sehr groß, so enthält das reduzier-

te Empfangssignal (**S1**) typischerweise bis auf einen Regelfehler bei Stabilität keinen Anteil des Sendesignals mehr. Der Wert des Filterausgangssignals (**S4**) ist dann ein Maß für die Amplitude der Fluoreszenzstrahlung (**FL**), die den Empfänger (**PD1**) erreicht. Dieses Empfängerausgangssignal (**S4**) wird dann als Sensorausgangssignal (**out**) über eine der Lead-Frame-Flächen mittels eines Bond-Drahtes ausgegeben.

Figur 16

[0037] Fig. 16 zeigt das System der **Fig. 15** mit dem Unterschied, dass die Rückspeisung des Rückkoppelsignals (**S6**) nun nicht über einen ersten Addierer (**A1**) elektrisch erfolgt, sondern über eine Kompensations-LED (**PLK**). Hierzu wird er Pegel und der Offset des Rückkopplungssignals (**S6**) durch eine Anpassschaltung (**OF**) geeignet angepasst. Es ergibt sich ein Kompensationssendesignal (**S7**) als Ausgangssignal der Anpassschaltung (**OF**). Mit diesem Kompensationssendesignal (**S7**) wird die Kompensations-LED (**PLK**) betrieben. Die Kompensations-LED (**PLK**) strahlt dann in den Empfänger (**PD1**) ein. Um die Subtraktion zu reproduzieren, wird nun vorgesehen, dass der Ausgang des Tiefpassfilters (**TP**) invertierend ausgeführt wird. Es kommt also nicht darauf an, an welcher Stelle diese Inversion im Regelkries ausgeführt wird, sondern nur, dass sie stattfindet. Bevorzugt ist die Vorrichtung mit einer ersten Barriere (**BA1**) versehen, die verhindert, dass die Kompensations-LED (**PLK**) die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements bestrahlen und damit zur Abgabe einer Fluoreszenzstrahlung (**FL**) anregen kann. Es handelt sich also um eine Barriere für elektromagnetische Strahlung und/oder Licht.

[0038] Bevorzugt ist die Vorrichtung mit einer zweiten Barriere (**BA2**) versehen, die verhindert, dass die LED (**PL1**) den Empfänger (**PD1**) direkt bestrahlen kann. Es handelt sich also auch hier um eine Barriere für elektromagnetische Strahlung und/oder Licht. Aus regelungstechnischen Gründen kann eine gewisse direkte Bestrahlung in sehr geringem Umfang aber ggf. gewünscht sein, um den Fangbereich der Regelung zu verbessern.

Figur 17

[0039] Fig. 17 zeigt den Test eines vorgeschlagenen Systems. Der Test wird bevorzugt vor dem verschließen des Gehäuses mit dem Deckel (DE) durchgeführt. Bevorzugt wird die integrierte Schaltung durch Kontaktieren des Gehäuses und Anlegen geeigneter Pattern in Betrieb gesetzt. Eine erste Test-LED (**LED1**) emittiert Anregungsstrahlung auf die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Damit werden die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements bestrahlen zur Abgabe einer Fluoreszenzstrahlung (**FL**) angeregt. Diese Fluoreszenzstrahlung (**FL**) kann durch einen ersten Testempfänger (TD1), der mit einem Testfilter (TF1) versehen ist, der nur die besagte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) passieren lässt und dadurch im Wesentlichen nur für diese empfindlich ist. Die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) wird mit Hilfe des Testempfängers (TD1) erfasst und in einen Messwert gewandelt. Dieser Messwert wird durch eine nicht gezeichnete Testvorrichtung mit einem Sollwert verglichen. Verläuft der Vergleich negativ, so ist das System fehlerhaft.

[0040] In einem anderen Testschritt wird die LED (**PL1**) durch die integrierte Schaltung (**IC**) aufgrund eines Befehls der externen Testvorrichtung an die integrierte Schaltung (**IC**) zur Abgabe von Anregungsstrahlung (**LB**) veranlasst. Diese emittierte Anregungsstrahlung (**LB**) fällt teilweise auf die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Ggf. wird hierfür ein externer Spiegel (**EMI**) vorgesehen. Damit werden die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements bestrahlen zur Abgabe einer Fluoreszenzstrahlung (**FL**) angeregt. Diese Fluoreszenzstrahlung (**FL**) kann durch den ersten Testempfänger (TD1), der mit einem Testfilter (TF1) versehen ist, der nur die besagte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) passieren lässt und dadurch im Wesentlichen nur für diese empfindlich ist, detektiert werden. Die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) wird mit Hilfe dieses Testempfängers (TD1) wiedererfasst und in einen Messwert gewandelt. Dieser Messwert wird durch eine nicht gezeichnete Testvorrichtung mit einem zweiten Sollwert verglichen. Verläuft der Vergleich negativ, so ist das System fehlerhaft.

[0041] Die Anregungsstrahlung (**LB**) der LED (**PL1**) kann durch einen zweiten Testempfänger (TD2) detektiert werden. Die Anregungsstrahlung (**LB**) wird mit Hilfe dieses Testempfängers (TD2) erfasst und in einen Messwert gewandelt. Dieser Messwert wird durch eine nicht gezeichnete Testvorrichtung mit einem dritten Sollwert verglichen. Verläuft der Vergleich negativ, so ist das System fehlerhaft.

Figur 18

[0042] Fig. 18 zeigt einen grundsätzlichen Verfahrensablauf zur Herstellung eines Sensorsystems. Der Vorgeschlagene Herstellungsprozess umfasst die folgenden Schritte, wobei die Reihenfolge der Schritte leicht variieren kann, zusätzliche Schritte ausgeführt werden können und Schritte zusammengefasst werden können. Ein erster Schritt ist das Bereitstellen (1) eines sogenannten premolded Open-Cavity-Gehäuses mit Anschlüssen. Das bedeutet, dass es sich bevorzugt um ein vorgeformtes Gehäuse handelt, das eine Kavität (**CAV**) aufweist, in die die Komponenten montiert werden. Das Gehäu-

se ist in den **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt. Als zweiter Schritt erfolgt das Einbringen (2) einer Quelle für Anregungsstrahlung (**PL1**), also das Einbringen der LED (**PL1**). Als dritter Schritt erfolgt das Einbringen (3) einer integrierten Schaltung (**IC**) mit einem Empfänger (**PD1**), der vorzugsweise bereits wellenlängensensitiv ist. D.h. bevorzugt ist er für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) eines paramagnetischen Zentrums (**NV1**) des Materials des Sensorelements im Wesentlichen empfindlich und für die Anregungsstrahlung (**LB**) der LED (**PL1**), mit der das paramagnetische Zentrum (**NV1**) zur Emission der Fluoreszenzstrahlung (**FL**) veranlasst wird, im Wesentlichen nicht empfindlich. Es folgt der Schritt des elektrischen Verbindens (4) der integrierten Schaltung (**IC**) und der Anschlüsse (**LF1**, **LF2**, **LF4**, **LF5**, **LF6**) und der Quelle (**PL1**) für die Anregungsstrahlung (**LB**), also der LED (**PL1**). Sodann erfolgt das Einbringen (5) eines Sensorelements mit einem paramagnetischen Zentrum (**NV1**) im Material des Sensorelements und das Befestigen (6) des Sensorelements mittels eines Befestigungsmittels (**Ge**). Diese beiden letztgenannten Schritte können auch gemeinsam erfolgen. Als weiterer Schritt erfolgt das Herstellen (7) eines Mittels zur Lenkung der Anregungsstrahlung (**LB**) und/oder Fluoreszenzstrahlung (**FL**). Hierbei handelt es sich um den Reflektor (**RE**). Bei dem Reflektor (**RE**) kann es sich auch ganzeinfach um die unbehandelte Seite des Deckels (DE9 handeln, der in Richtung auf die Kavität (**CAV**) weist. Diese Deckelseite des Deckels (DE) kann beschichtet sein, mit einem optischen Funktionselement versehen sein, mikrostrukturiert sein und mit einer Wölbung, die moduliert sein kann, versehen sein, um die LED (**PL1**) mit dem paramagnetischen Zentrum (**NV1**) im Material des Sensorelements optisch zu koppeln. Das Verschließen (8) des Gehäuses mit dem besagten Deckel (DE) schließt das Verfahren in seiner Grundform ab. In der **Fig. 18a** ist der Ablauf grundsätzlich dargestellt, während in der **Fig. 18b** die Schritte fünf und 6 gemeinsam ausgeführt werden.

Figur 19

[0043] In der **Fig. 19a** ist der Ablauf der **Fig. 18a** noch einmal dargestellt. Zwischen dem Schritt des Befestigens (6) des Sensorelements mittels eines Befestigungsmittels (**Ge**) und dem Schritt der Herstellung (7) eines Mittels zur Lenkung der Anregungsstrahlung (**LB**) und/oder Fluoreszenzstrahlung (**FL**) ist ein Schritt zum Test der Systemfunktion (9) eingefügt, in dem ein Messwert ermittelt wird. Dieser Messwert wird in einem weiteren Schritt (10) mit einem Schwellwert verglichen. Ist der Vergleich positiv (p), so folgt der bekannte Schritt der Herstellung (7) eines Mittels zur Lenkung der Anregungsstrahlung (**LB**) und/oder Fluoreszenzstrahlung (**FL**). Ist der Vergleich negativ (n) so folgt ein Verwurf (11) oder eine Nacharbeit des Systems.

[0044] In der **Fig. 19a** ist der Ablauf der **Fig. 18a** noch einmal dargestellt. Zwischen dem Schritt des Befestigens (6) des Sensorelements mittels eines Befestigungsmittels (**Ge**) und dem Schritt der Herstellung (7) eines Mittels zur Lenkung der Anregungsstrahlung (**LB**) und/oder Fluoreszenzstrahlung (**FL**) ist ein Schritt (12) zum Aufbringen des ersten Klebers (**GL1**) auf die integrierte mikroelektronische Schaltung (**IC**) und ein Schritt (13) zum Aufsetzen des ersten Filters (**F1**) in den ersten Kleber (**GL1**) vorgesehen. Diese Schritte sind notwendig, wenn der Empfänger nicht im Wesentlichen selektiv für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) des paramagnetischen Zentrums des Materials des Sensorelements gegenüber der Anregungsstrahlung (**LB**) der LED (**PL1**) ist.

[0045] Weitere Schritte sind möglich. Die Schritte können auch miteinander kombiniert werden, sofern dies sinnvoll ist. Es ist auch möglich mehr als einen Testschritt (10) durchzuführen.

[0046] Ein Testschritt (9) kann beispielsweise die Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (**FL**) durch das paramagnetische Zentrum (**NV1**) des Materials des Sensorelements durch Bestrahlung mit Anregungsstrahlung prüfen.

[0047] In Testschritt (9) kann beispielsweise die Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (**FL**) durch das paramagnetische Zentrum (**NV1**) des Materials des Sensorelements durch Veranlassung der LED(**LED1**) zur Abgabe von Anregungsstrahlung (**LB**) prüfen, wobei dann vorzugsweise auch die durch die LED (**PL1**) abgegebene Anregungsstrahlung geprüft werden kann.

[0048] In Testschritt (9) kann beispielsweise die Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (**FL**) durch das paramagnetische Zentrum (**NV1**) des Materials des Sensorelements durch Bestrahlung mit Anregungsstrahlung in Abhängigkeit von einem extern erzeugten magnetischen Fluss geprüft werden. Dies ist insbesondere zu Kalibrationszwecken sinnvoll. Die dann ggf. ermittelten Kalibrationsdaten können in einem Speicher der mikroelektronischen Schaltung (**IC**) hinterlegt werden. Ein solcher Test und eine solche Kalbration sind selbstverständlich nach dem Aufsetzen des Deckels (DE) auf das Gehäuse sinnvoll.

Figur 20

[0049] Fig. 20 dient zum Verdeutlichen des Verfahrens bei optischer Kompensation über eine geregelte Kompensations-LED (**PLK**). Das Sensorsystem umfasst wieder ein paramagnetisches Zentrum (**NV1**) im Material eines Sensorelements, das Teil des Sensorsystems ist. Das Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems läuft dann so ab, dass mittels eines Kompensationssendesignals (**S7**) ein moduliertes Aussenden einer modulierten Kompensationsstrahlung (KS) durch die moduliert betriebene

Kompensations-LED (**PLK**) erfolgt. Eine modulierte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) wird mittels eines paramagnetischen Zentrums (**NV1**) in einem Material eines Sensorelements durch modulierte Anregungsstrahlung (**LB**) verursacht. deren Ursprung der Anregungsstrahlung (**LB**) wird später beschrieben. Im Empfänger (**PD1**) erfolgt ein überlagerndes Empfangen der modulierten Fluoreszenzstrahlung (**FL**) und der modulierten Kompensationsstrahlung (KS) und das Erzeugen eines Empfangssignals (**S0**). Ist die im Folgenden beschriebene Regelung bei Abwesenheit von Störern eingeschwungen, so enthält das Empfangssignal (**S0**) bevorzugt keine Modulation mehr. Es wird sodann eine Korrelation des Empfangssignals (**S0**) mit dem modulierten Kompensationssendesignal (**S7**), insbesondere unter Zuhilfenahme eines Synchrondemodulators, und Bildung eines Ausgangssignals (**out**) durchgeführt, um den modulierten Anteil im Empfangssignal (**S0**) zu detektieren und dann mittels des Sendesignals (**S5**) zu kompensieren. Das vorgeschlagene Alternativverfahren umfasst das Erzeugen eines mit dem Kompensationssendesignal (**S7**) modulierten Sendesignals (**S5**) mit Hilfe des Ausgangssignals (**out**). Dabei hängt das Ausgangssignal (**out**) von der Intensität der Korrelation der Modulation der Fluoreszenzstrahlung (**FL**) mit dem Kompensationssendesignal (**S8**) ab.

[0050] Die Korrelation erfolgt bevorzugt mit den Schritten

- Multiplikation des Empfangssignals (**S0**) mit dem Kompensationssendesignal (**S7**) zum Filtereingangssignal (**S3**);
- Filtern des Filtereingangssignals (**S3**) mit einem Filter (**TP**) zum Filterausgangssignal (**S4**), wobei das Filterausgangssignal mit einem Faktor -1 multipliziert ist;
- Multiplikation des Filterausgangssignals (**S4**) mit dem Kompensationssendesignal (**S7**) zum Sendevorsignal (**S8**);
- Bilden des Sendesignals (**S5**) aus dem Sendevorsignal (**S8**);
- Ansteuern eines Senders (**PL1**) mit dem Sendesignal (**S5**);
- Aussenden einer Anregungsstrahlung (**LB**) durch die LED (**PL1**) in Abhängigkeit von dem Sendesignal (**S5**);
- Verwendung des Filterausgangssignals (**S4**) zur Bildung des Ausgangssignals (**out**), wobei das Ausgangssignal (**out**)im Sinne dieses Merkmals gleich dem Filterausgangssignal (**S4**) sein kann.

Figur 21

[0051] **Fig. 21** entspricht einem erweiterten System der **Fig. 15**. **Fig. 16** und **Fig. 20** lassen sich in analoger Weise erweitern. Auch **Fig. 21** zeigt ein einfaches System für eine beispielhafte Teilfunktion der integrierten Schaltung (**IC**). Ein Signalgenerator (**G**) erzeigt ein Sendesignal (**S5**) und ein bezüglich des Skalarprodukts, das durch den ersten Multiplizierer (**M1**) und den Filter (**TP**) hier beispielhaft realisiert wird, zu dem Sendesignal (**S5**) orthogonales Referenzsignal (**S5'**). Zur Vereinfachung nehmen wir an, dass das Sendesignal (**S5**) und das orthogonale Referenzsignal (**S5'**) periodisch sind.

[0052] Bevorzugt ist dann der Filter (**TP**) mit einem Ausgangsspeicher versehen, der zu jedem Periodenende der Periode des Sendesignals (**S5**) den erreichten Filterausgangswert unmittelbar vor seinem Ausgang abtastet und bis zum nächsten Periodenende ausgibt. Dieses Latch oder diese Sample&Hold-Schaltung ist in den **Fig. 15**, **Fig. 16**, **Fig. 20** und **Fig. 21** zur Vereinfachung nicht eingezeichnet, aber sehr sinnvoll, um die zeitlichen Integrationsgrenzen des Skalarprodukts exakt zu definieren. Dies gilt auch für das zusätzliche Filter (**TP'**) und den zusätzlichen ersten Multiplizierer (**M1'**). Hier wird zur Vereinfachung angenommen, dass der zusätzliche erste Multiplizierer (**M1'**) die gleichen Eigenschaften hat wie der erste Multiplizierer (**M1**). Des Weiteren wird angenommen, dass der zusätzliche Filter (**TP'**) die gleichen Eigenschaften hat, wie der Filter (**TP**). Die LED (**PL1**) wandelt das Sendesignal (**S5**) wieder in eine modulierte Anregungsstrahlung (**LB**), die direkt oder wie zuvor beschrieben indirekt auf das Sensorelement trifft. Dort regt diese reflektierte Anregungsstrahlung (**LB**) die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements zu Abgabe einer Fluoreszenzstrahlung (**FL**) an. Das erste Filter (**F1**) lässt die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) passieren, während es die modulierte Anregungsstrahlung (**LB**) nicht passieren lässt. Die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) ist korreliert, aber typischerweise definiert phasenverschoben zur Anregungsstrahlung (**LB**) moduliert. Dies kann nun ausgenutzt werden. Die modulierte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) wird nach dem Passieren des ersten Filters (**F1**) vom Empfänger (**PD1**) empfangen und in ein moduliertes Empfangssignal (**S0**) umgewandelt. Ggf. umfasst der Empfänger (**PD1**) weitere Verstärker und Filter. Ein erster Addierer (**A1**) subtrahiert ein komplexes Rückkoppelsignal (**S8**) von dem Empfangssignal (**S0**). Es ergibt sich das reduzierte Empfangssignal (**S1**). Dieses reduzierte Empfangssignal (**S1**) wird in nunmehr zwei Synchrondemodulatoren weiterverarbeitet.

Erster Synchrondemodulator

[0053] Ein erster Multiplizierer (**M1**) multipliziert das reduzierte Empfangssignal (**S1**) mit dem Sendesignal (**S5**) und bildet so das Filtereingangssignal (**S3**). In dem Tiefpassfilter (**TP**) wird der Gleichanteil des Filtereingangssignals durchgelassen. Es ergibt sich das Filterausgangssignal (**S4**) als Ausgangssignal

des Tiefpassfilters (**TP**). Formal bildet der erste Multiplizierer (**M1**) und der Tiefpass (**TP**) ein Skalarprodukt des reduzierten Empfangssignals (**S1**) und des Sendesignals (**S5**). Der Wert des Filterausgangssignals (**S4**) gibt dann an, wieviel vom Sendesignal (**S5**) anteilig im reduzierten Empfangssignal (**S1**) vorhanden ist. Dieses Filterausgangssignal (**S4**) kann man mit einem Fourier-Koeffizienten in seiner Funktion vergleichen. Ein zweiter Multiplizierer (**M2**) multipliziert das Filterausgangssignal (**S4**) mit dem Sendesignal (**S5**) und bildet so das Rückkoppelsignal (**S6**). Ist die Verstärkung des Tiefpasses (**TP**) sehr groß, so enthält das reduzierte Empfangssignal (**S1**) typischerweise bis auf einen Regelfehler bei Stabilität keinen Anteil des Sendesignals (**S5**) mehr. Der Wert des Filterausgangssignals (**S4**) ist dann ein Maß für die Amplitude der Fluoreszenzstrahlung (**FL**), die den Empfänger (**PD1**) erreicht. Dieses Empfängerausgangssignal (**S4**) wird dann als Sensorausgangssignal (**out**) über eine der Lead-Frame-Flächen mittels eines Bond-Drahtes ausgegeben.

Zweiter Synchrondemodulator

[0054] Ein zusätzlicher erster Multiplizierer (**M1'**) multipliziert das reduzierte Empfangssignal (**S1**) mit dem orthogonalen Referenzsignal (**S5'**) und bildet so das zusätzliche Filtereingangssignal (**S3'**). In dem zusätzlichen Tiefpassfilter (**TP'**) wird der Gleichanteil des zusätzlichen Filtereingangssignals (**S3'**) durchgelassen. Es ergibt sich das zusätzliche Filterausgangssignal (**S4'**) als Ausgangssignal des zusätzlichen Tiefpassfilters (**TP'**). Formal bildet der zusätzlich erste Multiplizierer (**M1'**) und der zusätzliche Tiefpass (**TP'**) ein Skalarprodukt des reduzierten Empfangssignals (**S1**) und des orthogonalen Referenzsignals (**S5'**). Der Wert des zusätzlichen Filterausgangssignals (**S4'**) gibt dann an, wieviel vom orthogonalen Referenzsignal (**S5'**) anteilig im reduzierten Empfangssignal (**S1**) vorhanden ist. Dieses zusätzliche Filterausgangssignal (**S4'**) kann man mit einem weiteren Fourier-Koeffizienten in seiner Funktion vergleichen. Ein zusätzlicher zweiter Multiplizierer (**M2'**) multipliziert das zusätzliche Filterausgangssignal (**S4'**) mit dem orthogonalen Referenzsignal (**S5'**) und bildet so das zusätzliche Rückkoppelsignal (**S6'**). Ist die Verstärkung des zusätzlichen Tiefpasses (**TP'**) sehr groß, so enthält das reduzierte Empfangssignal (**S1**) typischerweise bis auf einen Regelfehler bei Stabilität keinen Anteil des orthogonalen Referenzsignales (**S5'**) mehr. Der Wert des zusätzlichen Filterausgangssignals (**S4**) ist dann ein Maß für die Amplitude der Fluoreszenzstrahlung (**FL**), die den Empfänger (**PD1**) zu Zeiten erreicht, in denen keine Anregungsstrahlung (**LB**) von der LED (**PL1**) ausgesendet wird. Dieses zusätzliche Empfängerausgangssignal (**S4'**) wird dann als zusätzliches Sensorausgangssignal (out') über eine der Lead-Frame-Flächen mittels eines Bond-Drahtes ausgegeben. Der Vorteil dieser Anordnung ist, dass bei einer Messung über das zusätzliche Sensorausgangssignal (out') der Filter (**F1**) (siehe **Fig. 1** und **Fig. 4** bis **Fig. 14** und **Fig. 17**) sowie der entsprechende erste Kleber (**GL1**) entfallen kann, was die Kosten des Systems weiter signifikant senkt.

[0055] Somit realisiert dieses System dann ein Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System ein paramagnetisches Zentrum (**NV1**) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems ist, umfasst. Mittels eines Sendesignals (**S5**) erfolgt ein moduliertes Aussenden einer modulierten Anregungsstrahlung (**LB**) insbesondere durch die Quelle (**PL1**) für Anregungsstrahlung (**LB**). Ein paramagnetisches Zentrum (**NV1**) in einem Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements erzeugt eine modulierte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) die von der modulierten Anregungsstrahlung (**LB**) abhängt. Wie bereits beschrieben handelt es sich bei dem paramagnetischen Zentrum bevorzugt um ein NV-Zentrum in einem Diamanten als Sensorelement. Wie ebenfalls erwähnt, ist die modulierte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) typischerweise gegenüber der modulierten Anregungsstrahlung (**LB**) zeitlich phasenverschoben. Das paramagnetisches Zentrum (**NV1**) in dem Material des Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements leuchtet also nach der Anregung durch die modulierte Anregungsstrahlung (**LB**) nach und gibt auch dann noch modulierte Fluoreszenzstrahlung (**FL**) ab, wenn keine modulierte Anregungsstrahlung (**LB**) auf das paramagnetisches Zentrum (**NV1**) in dem Material des Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements mehr eingestrahlt wird. Dieses Nachleuchten wird durch das zusätzliche Sensorausgangssignal (out') hier repräsentiert. Es erfolgt somit das Empfangen der modulierten Fluoreszenzstrahlung (**FL**) und das Erzeugen eines Empfangssignals (**S0**). Zur Bestimmmung des Nachleuchtens erfolgt das Bestimmen der Intensität der modulierten Fluoreszenzstrahlung (**FL**) des paramagnetischen Zentrums (**NV1**) in dem Material des Sensorelements zu Zeiten, wenn das modulierte Aussenden der modulierten Anregungsstrahlung (**LB**) insbesondere durch die Quelle (**PL1**) für Anregungsstrahlung (**LB**) nicht stattfindet. Das entsprechende Maß ist jeweils der Wert des zusätzlichen Sensorausgangssignals (out')

[0056] Ein zweiter Addierer (**A2**) summiert das Rückkoppelsignal (**S6**) und das zusätzliche Rückkoppelsignal (S6'9 zum komplexen Rückkoppelsignal (**S8**) wodurch der Regelkreis geschlossen wird. Die Vorzeichen und die Verstärkung der Filter (**TP** und **TP'**) werden so gewählt, dass sich Stabilität im Regelkreis einstellt und im Wesentlichen das reduzierte Empfangssignal (**S1**) keine Komponenten des komplexen

Rückkoppelsignals (**S8**) und des Sendesignals (**S5**) bis auf Systemrauschen und Regelfehler mehr enthält.

Figur 22

[0057] Fig. 22 zeigt ein System ohne den ersten Filter (**F1**) und ohne den ersten Kleber (**GL1**) beispielsweise zum Betrieb mit einem System nach **Fig. 21**.

[0058] Bei dem System der **Fig. 22** handelt es sich somit um ein Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System, wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System ein paramagnetisches Zentrum (**NV1**) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems und/oder quantentechnologisches System ist, umfasst und wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System eine Quelle (**PL1**) für Anregungsstrahlung (**LB**), insbesondere eine LED (**PL1**), umfasst. Die von der LED (**PL1**) zu ersten Zeiten emittierte Anregungsstrahlung (**LB**) veranlasst das paramagnetisches Zentrum (**NV1**) zur Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (**FL**). Diese ist phasenverschoben gegenüber der Anregungsstrahlung (**LB**). Das Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System umfasst daher Mittel (**PD1**,**A1**, **M1**, **TP**, **M2**, **A2**, **G**, **M1'**, **TP'**, **M2'**), beispielsweise die der **Fig. 20**, die zu zweiten Zeiten, die von den ersten Zeiten verschieden sind, die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) des paramagnetischen Zentrum (**NV1**) erfassen. Beispielsweise kann die Anregungsstrahlung (**LB**) durch ein PWM-Signal als Sendesignal (**S5**) mit einem beispielshaften Duty-Cycle von 50% moduliert sein. Das orthoginale Referenzsignal (**S5'**) ist dann beispielsweise ebenfalls bevorzugt ein PWM-Signal mit 50% Duty-Cycle, das bevorzugt um 90° gegenüber dem Sendesignal (**S5**) phasenverschoben ist, wenn die Pegel des Sendesignals (**S5**) und des orthogonalen Referenzsignals (**S5'**) symmetrisch um 0 angelegt sind, also beispielsweise zwischen 1 und -1 hin und herspringen. Sind die Pegel mit 1 und 0 angelegt, so ist das orthogonale Referenzsignal (**S5'**) bevorzugt 180° gegen das Sendesignal (**S5**) verschoben, also gegenüber dem Sendesignal (**S5**) invertiert. Andere Orthogonalitätskombinationen (z.B. unterschiedliche Frequenzen) sind denkbar. Im Falle der Pegeldefinition mit 0 und 1 ist der Betrieb von LEDs als Sender (**PL1**) besonders vorteilhaft. Das beispielsweise entsprechend **Fig. 21** gebildete zusätzlichen Sensorausgangssignals (out') repräsentiert dann einen Wert für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) des paramagnetischen Zentrum s(**NV1**) zu Zeiten, da keine Anregungsstrahlung (**LB**) ausgesendet wird. Da der zeitliche Verlauf des Nachleuchtens der paramagnetischen Zentren (**NV1**) bekannt und da damit die Phasenverschiebung vorbestimmt ist ist, hängt dieser Wert, der durch das zusätzliche Sensorausgangssignal (out') repräsentiert wird, dann von der Fluoreszenzstrahlung (**FL**) des paramagnetischen Zentrum (**NV1**) und dmit beispielsweise von dem diese Fluoreszenzstrahlung (**FL**) des paramagnetischen Zentrum (**NV1**) beeinflussenden magnetischen Fluss am Ort des paramagnetischen Zentrums (**NV1**) ab. Der Vorteil ist, dass auf diese Weise nur noch drei Komponenten in das Gehäuse montiert werden müssen.

Bezugszeichenliste

A1	erster Addierer;
A2	zweiter Addierer;
BA1	erste Barriere;
BA2	zweite Barriere;
BD1	erster Bonddraht;
BD2	zweiter Bonddraht;
BD3	dritter Bonddraht;
BO	Boden des Gehäuses;
CAV	Kavität, die von Boden (**BO**) und umlaufender Wandung (**WA**) gebildet wird.
DL	Deckel;
EMI	externer Spiegel;
F1	erster Filter. Der erste Filter ist transparent für das Fluoreszenzlicht (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Bevorzugt handelt es sich dabei um die Fluoreszenzstrahlung eines NV-Zentrums, wobei das Sensorelement bevorzugt ein Nano-Diamant mit Diamant als Material ist;
FL	Fluoreszenzlicht der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Bevorzugt handelt es sich dabei um die Fluoreszenzstrahlung eines NV-Zentrums, wobei das Sensorelement bevorzugt ein Nano-Diamant mit Diamant als Material ist;
G	Signalgenerator;
Ge	Befestigungsmittel, mit dem das Sensorelement mit den paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements an dem ersten Filter
GL1	(F1) und/oder an der integrierten Schaltung (**IC**) befestigt ist. Das Befestigungsmittel ist vorzugsweise transparent für Fluoreszenzlicht der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Das Befestigungsmittel ist bevorzugt transparent für die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements. Das Befestigungsmittel ist bevorzugt transparent für die Anregungs-

strahlung der LED (**PL1**). erster Kleber zur Befestigung des Sensorelements am ersten Filter (**F1**);

GL2 zweiter Kleber, der auf die zweite Lead-Frame-Fläche (**LF2**) aufgetragen wird;

GL3 dritter Kleber, der auf die dritte Lead-Frame-Fläche (**LF3**) aufgetragen wird;

GL4 vierter Kleber zur Befestigung des Deckels (**DL**).

IC integrierte Schaltung;

L1 erste Spule. Die erste Spule ist ein optionales Element, das bevorzugt ein Teil der integrierten Schaltung (**IC**) ist und ein magnetisches Feld erzeugen kann. Bevorzugt wird die erste Spule von dem integrierten Schaltkreis bestromt.

LB Anregungsstrahlung;

LB1a Anregungsstrahlung;

LB1b reflektierte Anregungsstrahlung;

LED1 erste Test-LED;

LF1 erste Lead-Frame-Fläche;

LF2 zweite Lead-Frame-Fläche;

LF3 dritte Lead-Frame-Fläche;

LF4 vierte Lead-Frame-Fläche;

LF5 fünfte Lead-Frame-Fläche;

LF6 sechste Lead-Frame-Fläche;

M1 erster Multiplizierer;

M1' zusätzlicher erster Multiplizierer;

M2 zweiter Multiplizierer;

M2' zusätzlicher zweiter Multiplizierer;

NV1 paramagnetisches Zentrum im Material des Sensorelements. Die paramagnetischen Zentren strahlen bei Bestrahlung mit Anregungsstrahlung der LED (**PL1**) Fluoreszenzlicht (**FL**) ab. Diese Fluoreszenzstrahlung eines parametrischen Zentrums hängt dabei typischerweise von der magnetischen Flussdichte am Ort des jeweiligen paramagnetischen Zentrums ab. Die Kristallausrichtung des Materials des Sensorelements kann diese Abstrahlung typischerweise und die Abhängigkeit dieser Abstrahlung des Fluoreszenzlichts (**FL**) vom magnetischen Fluss beeinflussen. Bei dem paramagnetischen Zentrum handelt es sich bevorzugt um ein NV Zentrum. Bei dem Material handelt es sich bevorzugt um Diamant. Bei dem Sensorelement handelt es sich bevorzugt um einen Diamant-Kristall, noch mehr bevorzugt um einen Diamant-Nanokristall.

OF Anpassschaltung;

out Sensorausgangssignal;

out' zusätzliches Sensorausgangssignal;

PD1 Empfänger. Der Empfänger ist für das Fluoreszenzlicht (**FL**) der paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements empfindlich. Bevorzugt handelt es sich dabei um die Fluoreszenzstrahlung (**FL**) eines NV-Zentrums, wobei das Sensorelement bevorzugt ein Nano-Diamant mit Diamant als Material ist. Bevorzugt ist

PL1 der Empfänger ein Teil der integrierten Schaltung (**IC**). Bevorzugt handelt es sich um eine Fotodiode. Es kann sich beispielsweise um eine APD (avalanche photo diode) oder eine SPAD (single photo avalanche diode) etc. handeln; LED. Die LED kann auch eine Laserdiode oder eine andere geeignete Lichtquelle sein. Die LED strahlt Anregungsstrahlung aus, die die paramagnetischen Zentren (**NV1**) im Material des Sensorelements zur Abstrahlung von Fluoreszenzlicht (**FL**) anregt;

PLK Kompensations-LED. Die Kompensations-LED kann auch eine Laserdiode oder eine andere geeignete Lichtquelle sein.;

RE Reflektor;

S0 Empfangssignal;

S1 reduziertes Empfangssignal;

S3 Filtereingangssignal;

S3' zusätzliches Filtereingangssignal;

S4 Filterausgangssignal;

S4' zusätzliches Filterausgangssignal;

S5 Sendesignal;

S5' orthogonales Referenzsignal;

S6 Rückkoppelsignal;

S6' zusätzliches Rückkoppelsignal;

S7 Kompensationssendesignal;

S8 komplexes Rückkoppelsignal;

TP Tiefpassfilter;

TP' zusätzlicher Tiefpassfilter;

WA umlaufende Wandung des Gehäuses;

Liste der zitierten Schriften

DE 10 2017 122 365 B3,

DE 10 2018 127 394 .0;

DE 10 2019 114 032.3

EP 1490 772 B1,

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 102018127394 [0006, 0058]
- EP 1490772 B1 [0021, 0058]
- DE 102017122365 B3 [0021, 0058]
- DE 102019114032 [0031, 0058]

Patentansprüche

1. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System - im Folgenden auch nur vereinfacht als Sensorsystem bezeichnet -
wobei das Sensorsystem ein paramagnetisches Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems ist, umfasst und
wobei das Sensorsystem eine Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere eine LED (PL1), umfasst und
wobei die Anregungsstrahlung (LB) das paramagnetisches Zentrum (NV1) zur Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (FL) veranlasst und
wobei das Gehäuse Mittel (RE) umfasst, die die Anregungsstrahlung (LB) auf das paramagnetische Zentrum (NV1) lenken und so die Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere die LED (PL1), mit dem paramagnetischen Zentrum (NV1) koppeln.

2. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach Anspruch 1,
wobei das Sensorelement und/oder quantentechnologische Vorrichtungselement ein Diamantkristall ist.

3. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach Anspruch 2,
wobei das paramagnetisches Zentrum (NV1) ein NV-Zentrum in dem Diamantkristall ist.

4. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System einen Empfänger (PD1) umfasst, und
wobei der Empfänger (PD1) die Anregungsstrahlung (LB) im Wesentlichen nicht empfängt und
wobei der Empfänger (PD1) die Fluoreszenzstrahlung (FL) des das paramagnetischen Zentrums (NV1) empfängt.

5. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach Anspruch 4
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System einen ersten Filter (F1) umfasst,
- der Anregungsstrahlung (LB) im Wesentlichen nicht passieren lässt und
- der Fluoreszenzstrahlung (FL) des das paramagnetischen Zentrums (NV1) im Wesentlichen passieren lässt und
- wobei das erste Filter (F1) mit dem Empfänger (PD1) zusammenwirkt, sodass der Empfänger (PD1) die Anregungsstrahlung (LB) im Wesentlichen nicht empfängt und
- wobei das erste Filter (F1) mit dem Empfänger (PD1) zusammenwirkt, sodass der Empfänger (PD1) die Fluoreszenzstrahlung (FL) des das paramagnetischen Zentrums (NV1) empfängt.

6. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System über eine integrierte Schaltung (IC) verfügt und

7. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach Anspruch 6 und Anspruch 4
wobei der Empfänger (PD1) Teil der integrierten Schaltung (IC) ist.

8. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 7
wobei das Gehäuse über einen ersten Anschluss und über einen zweiten Anschluss und über einen dritten Anschluss verfügt und
wobei der erste Anschluss der Anschluss der Versorgungsspannung (Vdd) ist und
wobei der zweite Anschluss der Anschluss des Bezugspotenzials (GND) ist und
wobei der dritte Anschluss eine Ausganbeleitung (out) ist die ggf. zeitweise eine Eingabeleitung sein kann.

9. Gehäuse nach Anspruch 8
Wobei der dritte Anschluss der Anschluss einer bidirektionalen Eindrahtdatenbusleitung ist.

10. Gehäuse nach Anspruch 9
wobei das Gehäuse über einen vierten Anschluss verfügt, der der Anschluss einer Weiterleitung des Eindrahtdatenbusses ist und
wobei die integrierte Schaltung (IC) dazu vorgesehen und geeignet ist, an einem Verfahren zur automatischen Vergabe von Busknotenadressen an die Busteilnehmer eines Datenbusses mit mehreren Busteilnehmern und einem Busmaster, der die Busknotenadressen vergibt, teilzunehmen.

11. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 10
wobei die integrierte Schaltung (IC) dazu vorgesehen und geeignet ist, an einem Verfahren zur automatischen Vergabe von Busknotenadressen an die Busteilnehmer eines Datenbusses mit mehreren Busteilnehmern und einem Busmaster, der die Busknotenadressen vergibt, teilzunehmen.

12. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 11
wobei die integrierte Schaltung (IC) einen Signalgenerator (G) und einen Synchrondemodulator (M1, TP) aufweist.

13. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12
wobei das Gehäuse Lead-Frame-Flächen (LF1 bis LF6) aufweist und
wobei eine Lead-Frame-Fläche der Lead-Frame-Flächen (LF1 bis LF6) aus einem im Wesentlichen nicht magnetisierbaren, insbesondere nicht ferromagnetischen, Material besteht.

14. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13
mit einer Kompensations-LED (PLK),
wobei das Gehäuse eine erste Barriere (BA1) aufweist, die verhindert, dass die Kompensations-LED (PLK) das paramagnetischen Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements in Wesentlicher Weise bestrahlt und
wobei diese erste Barriere (BA1) auch ein Filter sein kann, der nicht transparent für die Kompensationsstrahlung der Kompensations-LED (PLK) ist.

15. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14
wobei das Gehäuse eine zweite Barriere (BA2) aufweist, die verhindert, dass die Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere die LED (PL1), in wesentlicher Weise den Empfänger (PD1) bestrahlt und
wobei diese zweite Barriere (BA2) auch ein Filter sein kann, der nicht transparent für die Anregungsstrahlung (LB) der Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere die Anregungsstrahlung (LB) der LED (PL1), ist.

16. Gehäuse mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15
wobei es sich bei dem Mittel (RE), das die Anregungsstrahlung (LB) auf das paramagnetische Zentrum (NV1) lenkt
- um eine reflektierende Fläche und/oder
- um eine gekrümmte reflektierende Fläche und/oder
- um einen photonischen Kristall und/oder
- um einen Strahlteiler und/oder
- um einen Lichtwellenleiter und/oder
- um ein Gitter und/oder
- um eine metallisierte Fläche und/oder
- um einen dielektrischen Spiegel und/oder
- um ein anderes optisches Funktionselement handelt.

17. Integrierte Schaltung (IC) zur Verwendung mit einem paramagnetischen Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements
mit einem Treiber zum Betreiben einer Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB);
mit einem Empfänger (PD1),
- zur selektiven Detektion von Fluoreszenzstrahlung (FL) des paramagnetischen Zentrums (NV1),
- wobei der Empfänger (PD1), dazu vorgesehen ist, im Sinne der besagten Selektivität die Anregungsstrahlung (LB) im Wesentlichen nicht zu detektieren, und
mit einem Auswerteschaltkreis (M1, TP, M2, G) zur Erzeugung eines Ausgangssignals (out), das von der Fluoreszenzstrahlung (FL) des paramagnetischen Zentrums (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements abhängt.

18. integrierte Schaltung nach Anspruch 17
wobei das Sensorelement und/oder quantentechnologische Vorrichtungselement ein Diamantkristall ist.

19. integrierte Schaltung nach Anspruch 18 wobei das paramagnetisches Zentrum (NV1) ein NV-Zentrum in dem Diamantkristall ist.

20. Verfahren zur Herstellung eines Sensorsystems und/oder quantentechnologischen System umfassend die Schritte
Bereitstellen (1) eines Open-Cavity-Gehäuses mit Anschlüssen und
Einbringen (2) einer Quelle für Anregungsstrahlung (PL1) und
Einbringen (3) einer integrierten Schaltung (IC) mit einem Empfänger (PD1) und
Elektrisches Verbinden (4) von integrierter Schaltung und Anschlüssen und Quelle für Anregungsstrahlung (PL1) und
Einbringen (5) eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements mit einem paramagnetischen Zentrum (NV1) im Material des Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements und
Befestigen (6) des Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements mittels eines Befestigungsmittels (Ge) und
Herstellen (7) eines Mittels zur Lenkung der Anregungs- und/oder Fluoreszenzstrahlung und Verschließen (8) des Gehäuses mit einem Deckel,
wobei Quelle für Anregungsstrahlung (PL1) dazu vorgesehen ist, eine Anregungsstrahlung (LB) zu emittieren und
wobei das paramagnetische Zentrum (NV1) im Material des Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements bei Bestrahlung mit dieser Anregungsstrahlung (LB) eine Fluoreszenzstrahlung (FL) emittiert und
wobei das Befestigungsmittel (Ge) im Wesentlichen für die Anregungsstrahlung und für die Fluoreszenzstrahlung (FL) transparent ist;

21. Verfahren nach Anspruch 20,

wobei das Sensorelement und/oder das quantentechnologische Vorrichtungselement ein Diamantkristall ist.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei das paramagnetisches Zentrum (NV1) ein NV-Zentrum in dem Diamantkristall ist.

23. Verfahren zum Test eines Gehäuses mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren Ansprüchen der Ansprüche 1 bis 13 mit den Schritten
Bestrahlen des offenen Gehäuses mit Anregungsstrahlung;
Vermessung (9) der durch das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System des Gehäuses emittierten Fluoreszenzstrahlung (FL);
Bewerten (10) der gemessenen Fluoreszenzstrahlung (FL) durch Vergleich (10) des Messwerts der Fluoreszenzstrahlung (FL) mit einem Schwellwert.

24. Verfahren zum Test eines Gehäuses mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren Ansprüchen der Ansprüche 1 bis 13 mit den Schritten
Betreiben Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (FL);
Vermessung (9) der durch das Gehäuse emittierten Anregungsstrahlung (LB);
Bewerten (10) der gemessenen Anregungsstrahlung (LB) durch Vergleich (10) des Messwerts der Anregungsstrahlung (LB) mit einem Schwellwert.

25. Verfahren zum Test eines Gehäuses mit einem Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System nach einem oder mehreren Ansprüchen der Ansprüche 1 bis 13 mit den Schritten
Betreiben Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB);
Vermessung (9) der durch das Gehäuse emittierten Fluoreszenzstrahlung (FL);
Bewerten (10) der gemessenen Fluoreszenzstrahlung (FL) durch Vergleich (10) des Messwerts der Fluoreszenzstrahlung (FL) mit einem Schwellwert.

26. Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System ein paramagnetisches
Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder
quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems
und/oder quantentechnologischen Systems ist, umfasst,
umfassend die Schritte
Mittels eines Sendesignals (S5) moduliertes Aussenden einer modulierten Anregungsstrahlung (LB) insbesondere durch die Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB);
Erzeugen einer modulierten Fluoreszenzstrahlung (FL) mittels eines paramagnetischen Zentrums (NV1) in einem Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, die von der modulierten Anregungsstrahlung (LB) abhängt;
Empfangen der modulierten Fluoreszenzstrahlung (FL) und Erzeugen eines Empfangssignals (S0); Korrelation des Empfangssignals (S0) mit dem Sendesignal (S5), insbesondere unter Zuhilfenahme eines Synchrondemodulators, und Bildung eines Ausgangssignals (out), wobei das Ausgangssignal (out) von der Intensität der Korrelation der Modulation der Fluoreszenzstrahlung (FL) mit dem Sendesignal (S5) abhängt;

27. Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems und/oder quantentechnologischen System nach Anspruch 26
wobei die Korrelation erfolgt mit den Schritten
Subtraktion eines Rückkoppelsignals (S6) vom Empfangssignal (S0) zum reduzierten Empfangssignal (S1);
Multiplikation des reduzierten Empfangssignals (S1) mit dem Sendesignal (S5) zum Filtereingangssignal (S3);
Filtern des Filtereingangssignals (S3) mit einem Filter (TP) zum Filterausgangssignal (S4); Multiplikation des Filterausgangssignals (S4) mit dem Sendesignal zum Rückkoppelsignal (S6);
Verwendung des Filterausgangssignals (S4) zur Bildung des Ausgangssignals (out), wobei das Ausgangssignal (out)im Sinne dieses Merkmals gleich dem Filterausgangssignal (S4) sein kann.

28. Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems und/oder quantentechnologischen System nach Anspruch 26
wobei die Korrelation erfolgt mit den Schritten
Multiplikation des Empfangssignals (S0) mit dem Sendesignal (S5) zum Filtereingangssignal (S3);
Filtern des Filtereingangssignals (S3) mit einem Filter (TP) zum Filterausgangssignal (S4), wobei das Filterausgangssignal mit einem Faktor -1 multipliziert ist;
Multiplikation des Filterausgangssignals (S4) mit dem Sendesignal zum Rückkoppelsignal (S6);
Ansteuern einer Kompensations-LED (PLK) mit dem Rückkoppelsignal (S6);
Aussenden einer Kompensationsstrahlung durch die Kompensations-LED (PLK) in Abhängigkeit von dem Rückkoppelsignal (S6);
Einstrahlen von Kompensationsstrahlung in den Empfänger (PD1);
Überlagerndes Empfangen der Fluoreszenzstrahlung (FL) und der Kompensationsstrahlung im Empfänger (PD1);
Verwendung des Filterausgangssignals (S4) zur Bildung des Ausgangssignals (out), wobei das Ausgangssignal (out)im Sinne dieses Merkmals gleich dem Filterausgangssignal (S4) sein kann.

29. Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System ein paramagnetisches Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems ist, umfasst,
umfassend die Schritte
Mittels eines Kompensationssendesignals (S7) moduliertes Aussenden einer modulierten Kompensationsstrahlung (KS);
Erzeugen einer modulierten Fluoreszenzstrahlung (FL) mittels eines paramagnetischen Zentrums (NV1) in einem Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, die von einer modulierten Anregungsstrahlung (LB) abhängt;
Überlagerndes Empfangen der modulierten Fluoreszenzstrahlung (FL) und der Kompensationsstrahlung (KS) und Erzeugen eines Empfangssignals (S0);
Korrelation des Empfangssignals (S0) mit dem Kompensationssendesignal (S7), insbesondere unter Zuhilfenahme eines Synchrondemodulators, und Bildung eines Ausgangssignals (out),
Erzeugen eines mit dem Kompensationssendesignals (S7) modulierten Sendesignals (S5) mit Hilfe des Ausgangssignals (out),
wobei das Ausgangssignal (out) von der Intensität der Korrelation der Modulation der Fluoreszenzstrahlung (FL) mit dem Kompensationssendesignal (S8) abhängt;
wobei die Korrelation erfolgt mit den Schritten
Multiplikation des Empfangssignals (S0) mit dem Kompensationssendesignal (S7) zum Filtereingangssignal (S3);
Filtern des Filtereingangssignals (S3) mit einem Filter (TP) zum Filterausgangssignal (S4), wobei das Filterausgangssignal mit einem Faktor -1 multipliziert ist;
Multiplikation des Filterausgangssignals (S4) mit dem Kompensationssendesignal (S7) zum Sendevorsignal (S8);
Bilden des Sendesignals (S5) aus dem Sendevorsignal (S8);
Ansteuern eines Senders (PL1) mit dem Sendesignal (S5);
Aussenden einer Anregungsstrahlung (LB) durch die Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere durch eine LED (PL1), in Abhängigkeit von dem Sendesignal (S5);
Verwendung des Filterausgangssignals (S4) zur Bildung des Ausgangssignals (out), wobei das Ausgangssignal (out)im Sinne dieses Merkmals gleich dem Filterausgangssignal (S4) sein kann.

30. Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologischen System ein paramagnetisches Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems und/oder quantentechnologischen Systems ist, umfasst,
umfassend die Schritte
Mittels eines Sendesignals (S5) moduliertes Aussenden einer modulierten Anregungsstrahlung (LB) insbesondere durch die Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB);
Erzeugen einer modulierten Fluoreszenzstrahlung (FL) mittels eines paramagnetischen Zentrums (NV1) in einem Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, die von der modulierten Anregungsstrahlung (LB) abhängt;
Empfangen der modulierten Fluoreszenzstrahlung (FL) und Erzeugen eines Empfangssignals (S0);
Bestimmen der Intensität der modulierten Fluoreszenzstrahlung (FL) des paramagnetischen Zentrums (NV1) in dem Material des Sensorelements zu Zeiten, wenn das modulierte Aussenden der modulierten Anregungsstrahlung (LB) insbesondere durch die Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB) nicht stattfindet;

31. Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System ein paramagnetisches Zentrum (NV1) im Material eines Sensorelements und/oder quantentechnologischen Vorrichtungselements, das Teil des Sensorsystems und/oder quantentechnologisches System ist, umfasst und
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System eine Quelle (PL1) für Anregungsstrahlung (LB), insbesondere eine LED (PL1), umfasst und
wobei die Anregungsstrahlung (LB) zu ersten Zeiten das paramagnetisches Zentrum (NV1) zur Abgabe von Fluoreszenzstrahlung (FL) veranlasst und
wobei das Sensorsystem und/oder quantentechnologisches System Mittel (PD1,A1, M1, TP, M2, A2, G, M1', TP', M2') umfasst, die zu zweiten Zeiten, die von den ersten Zeiten verschieden sind, die Fluoreszenzstrahlung (FL) des paramagnetischen Zentrum (NV1) erfassen und insbesondere einen Wert insbesondere mittels eines zusätzlichen Sensorausgangssignals (out') ausgibt, der von der Fluoreszenzstrahlung (FL) des paramagnetischen Zentrum (NV1) zu diesen zweiten Zeiten abhängt.

Es folgen 22 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

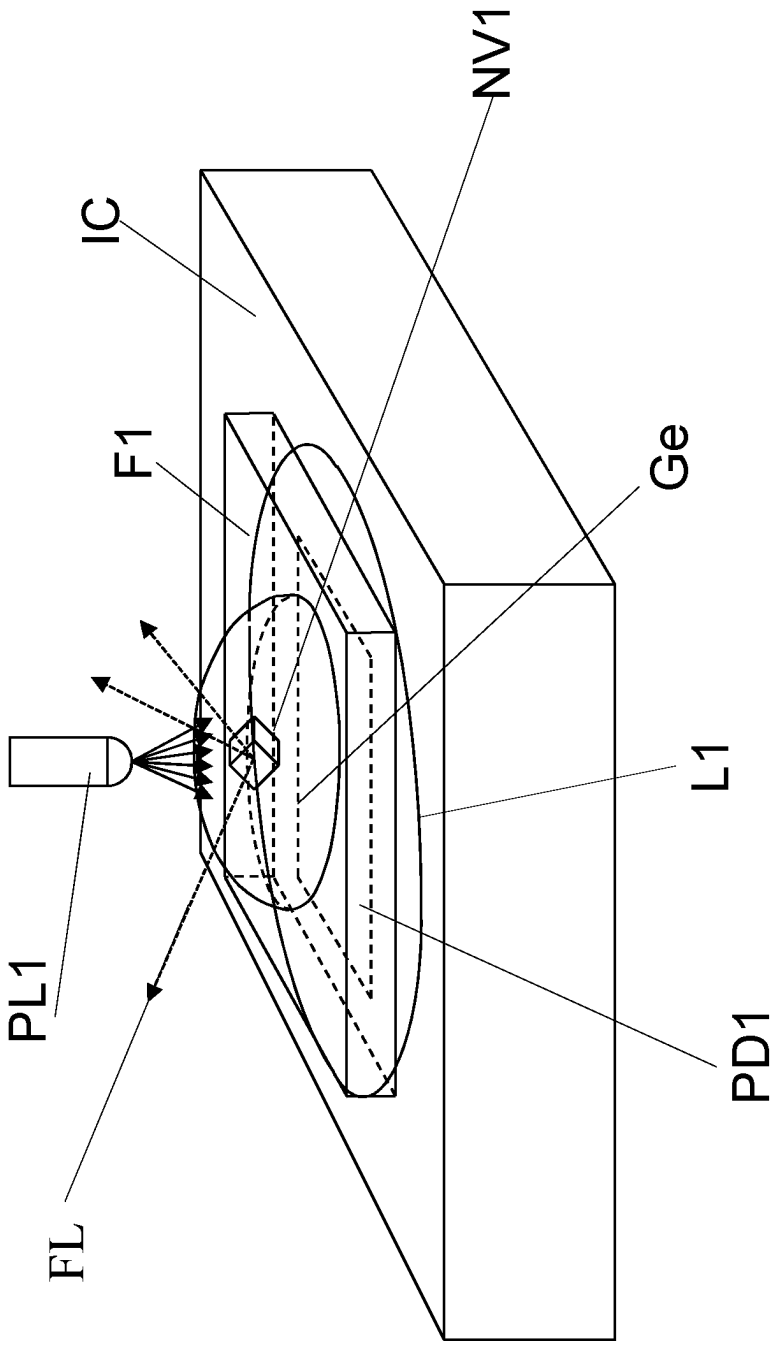


Fig. 1

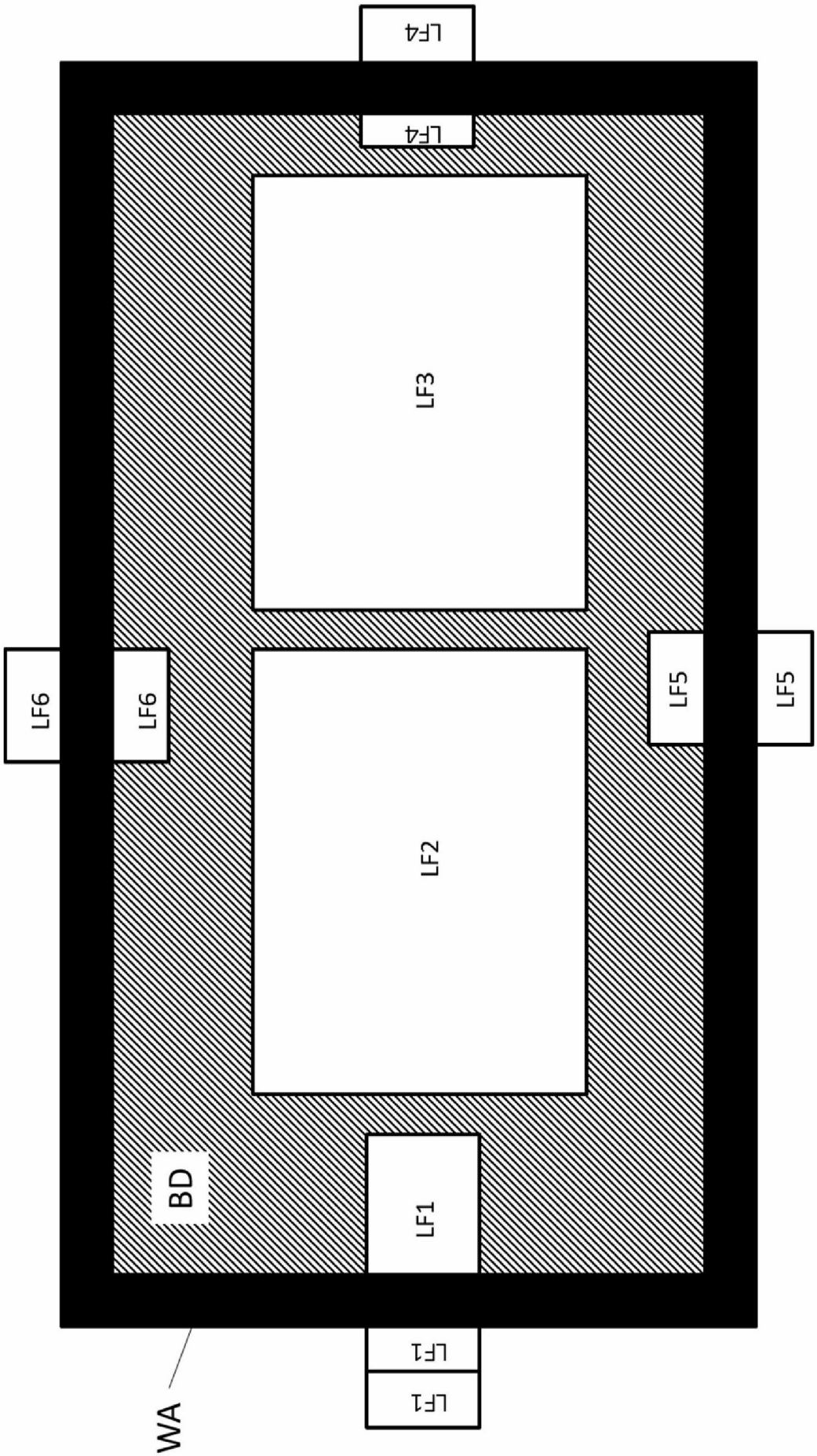


Fig. 2

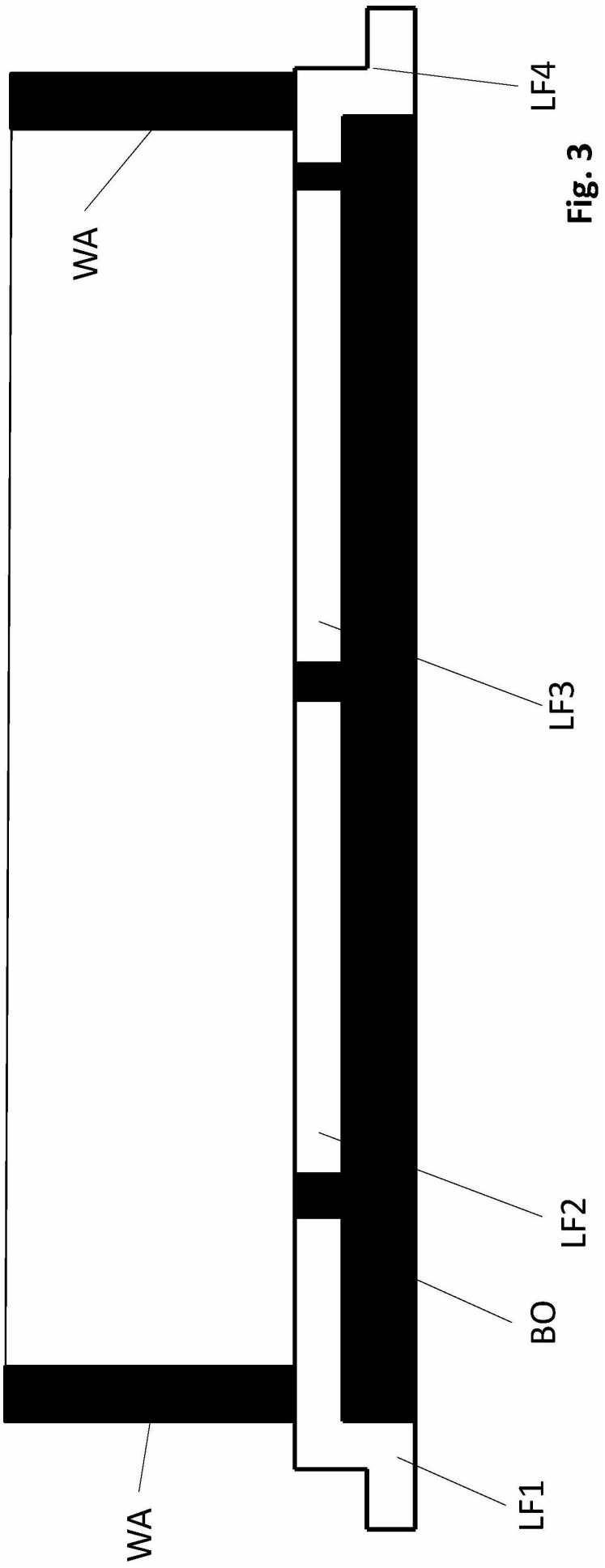


Fig. 3

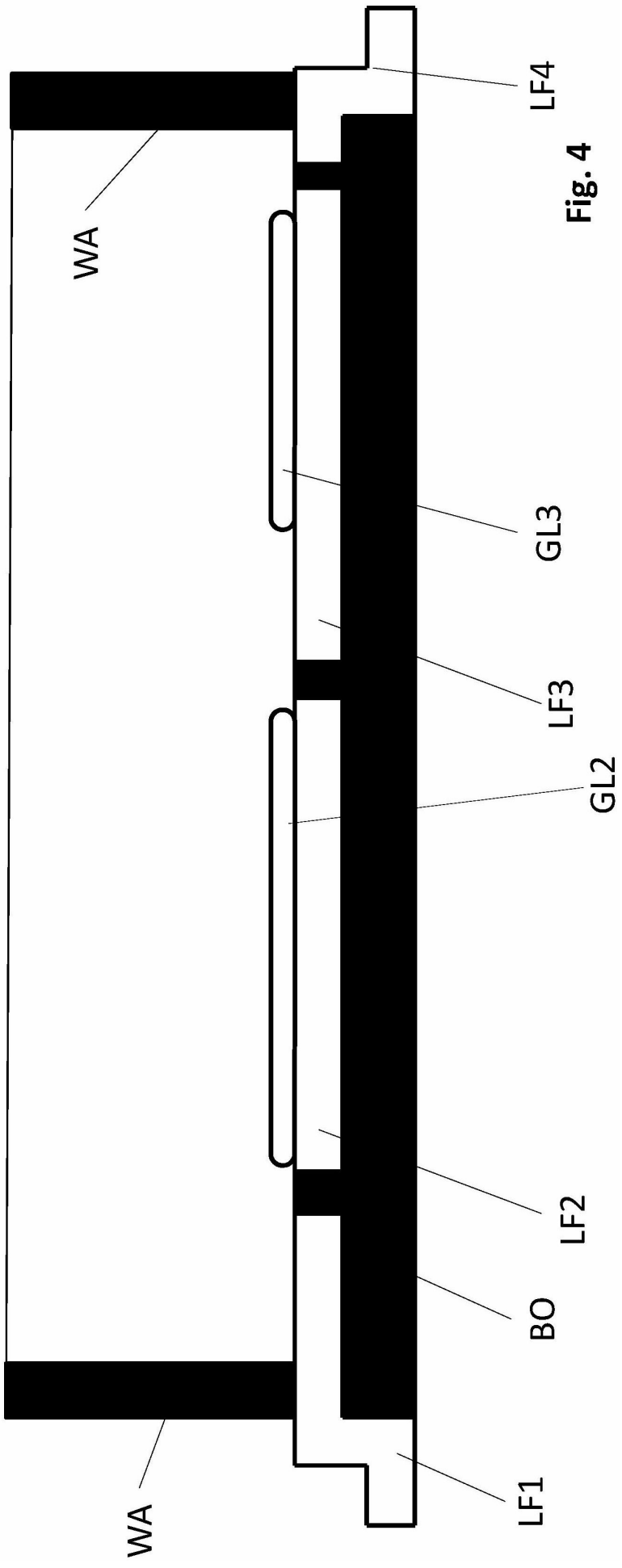


Fig. 4

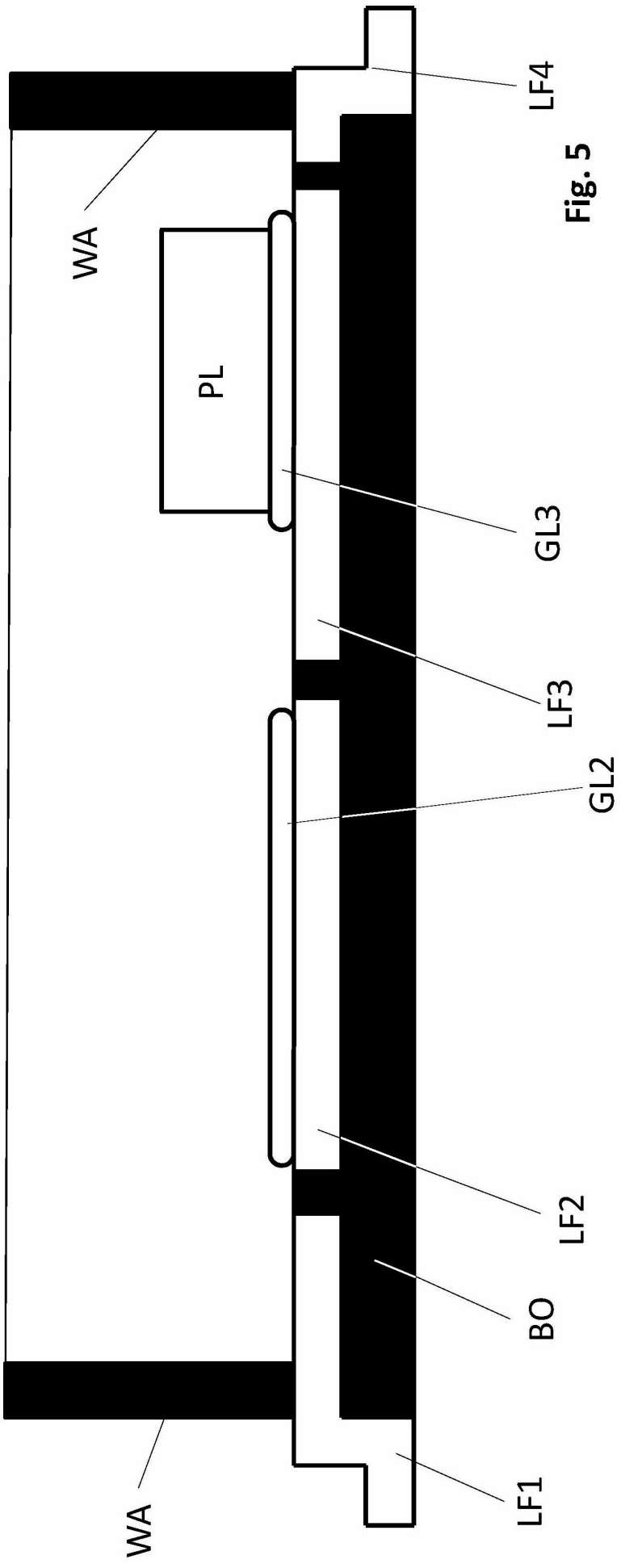


Fig. 5

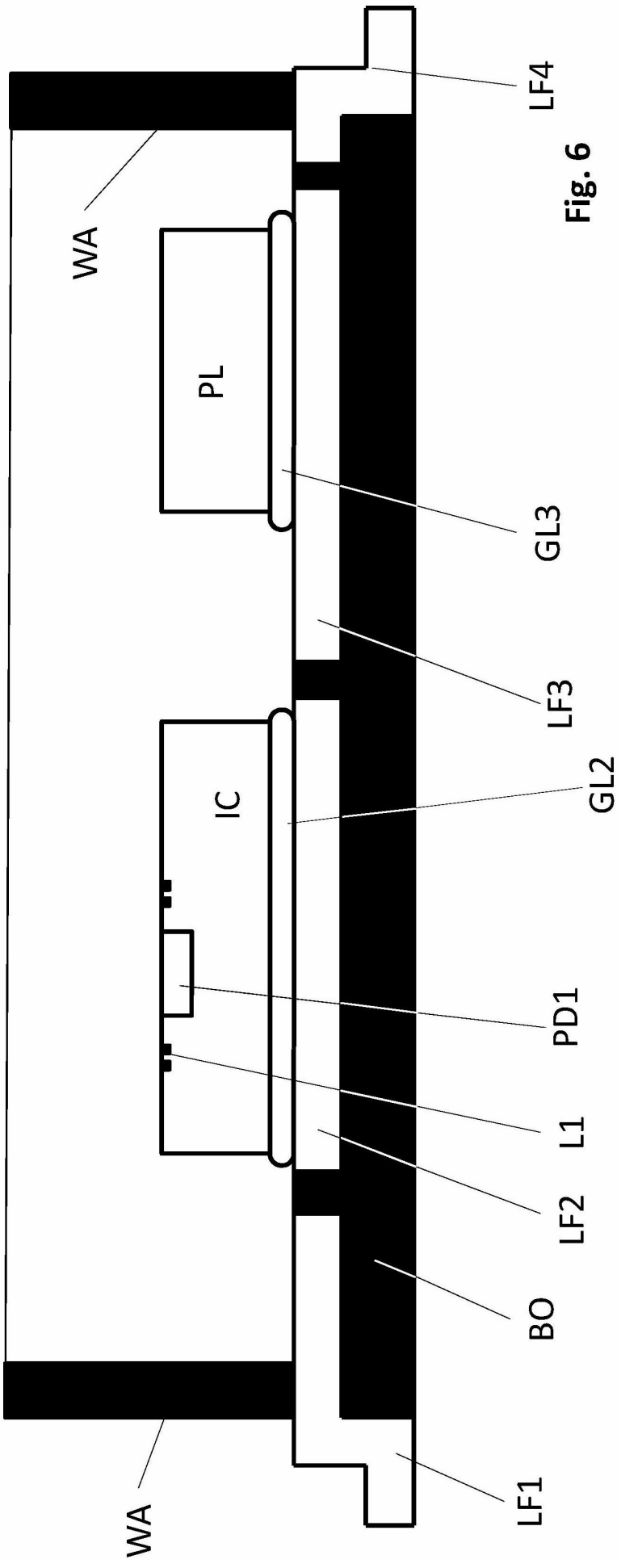


Fig. 6

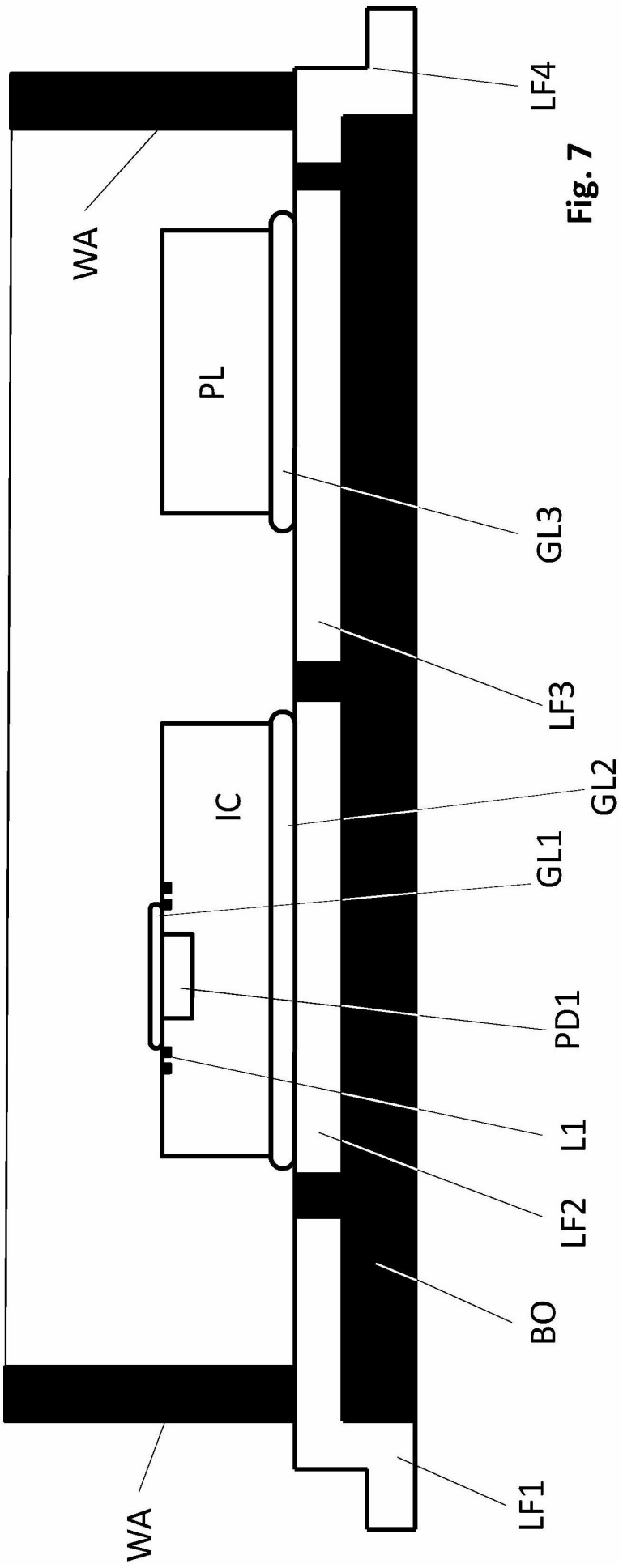


Fig. 7

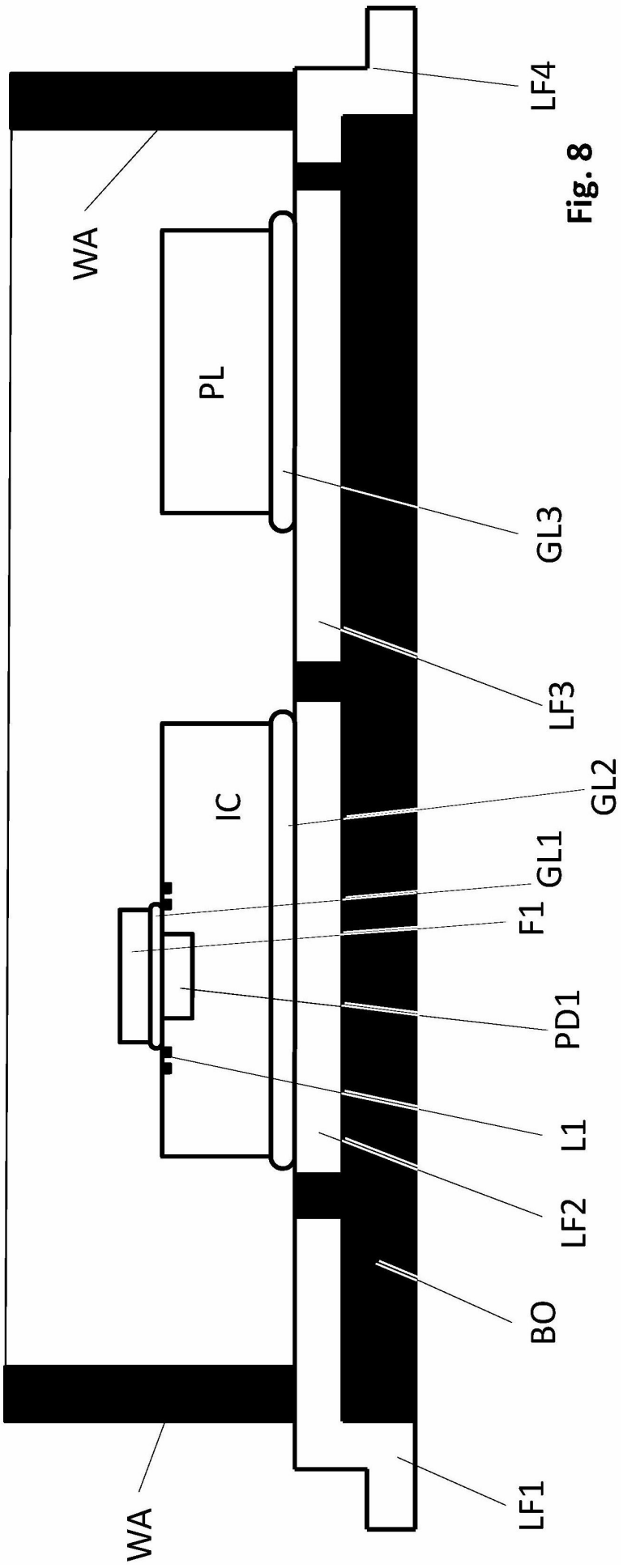


Fig. 8

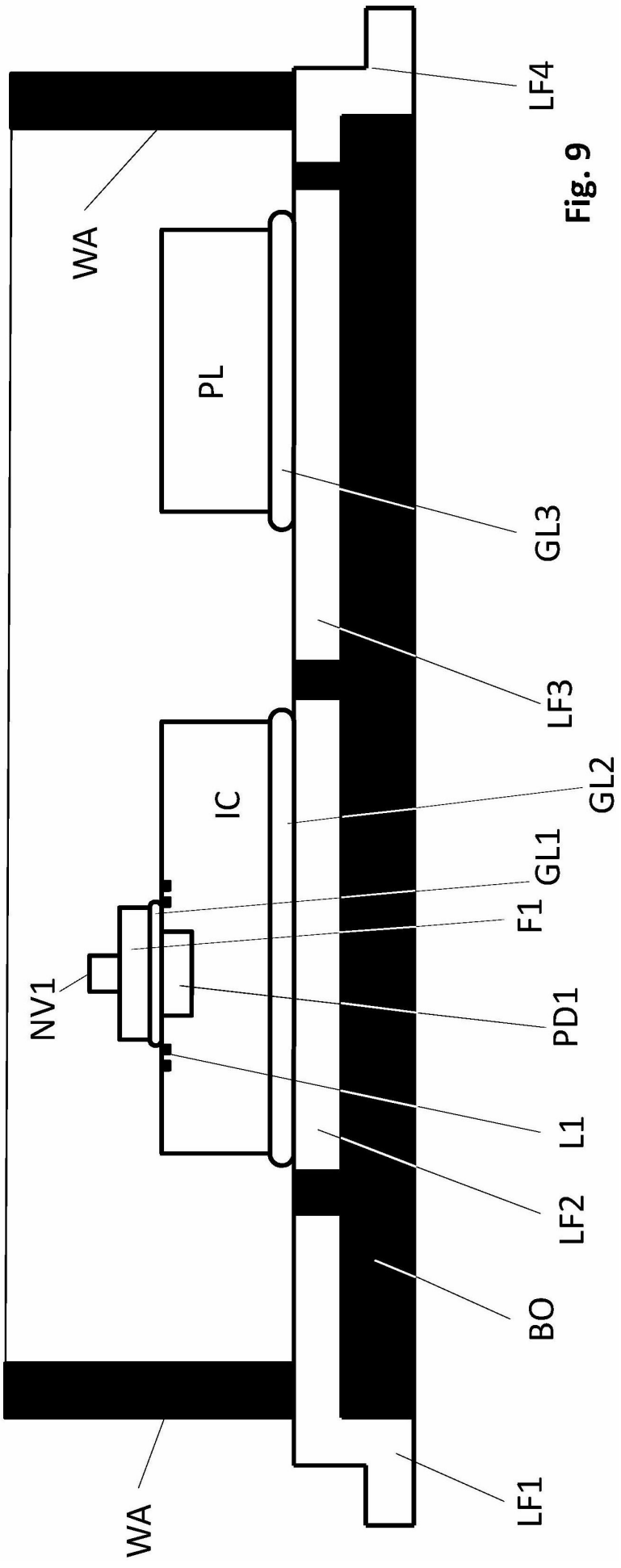


Fig. 9

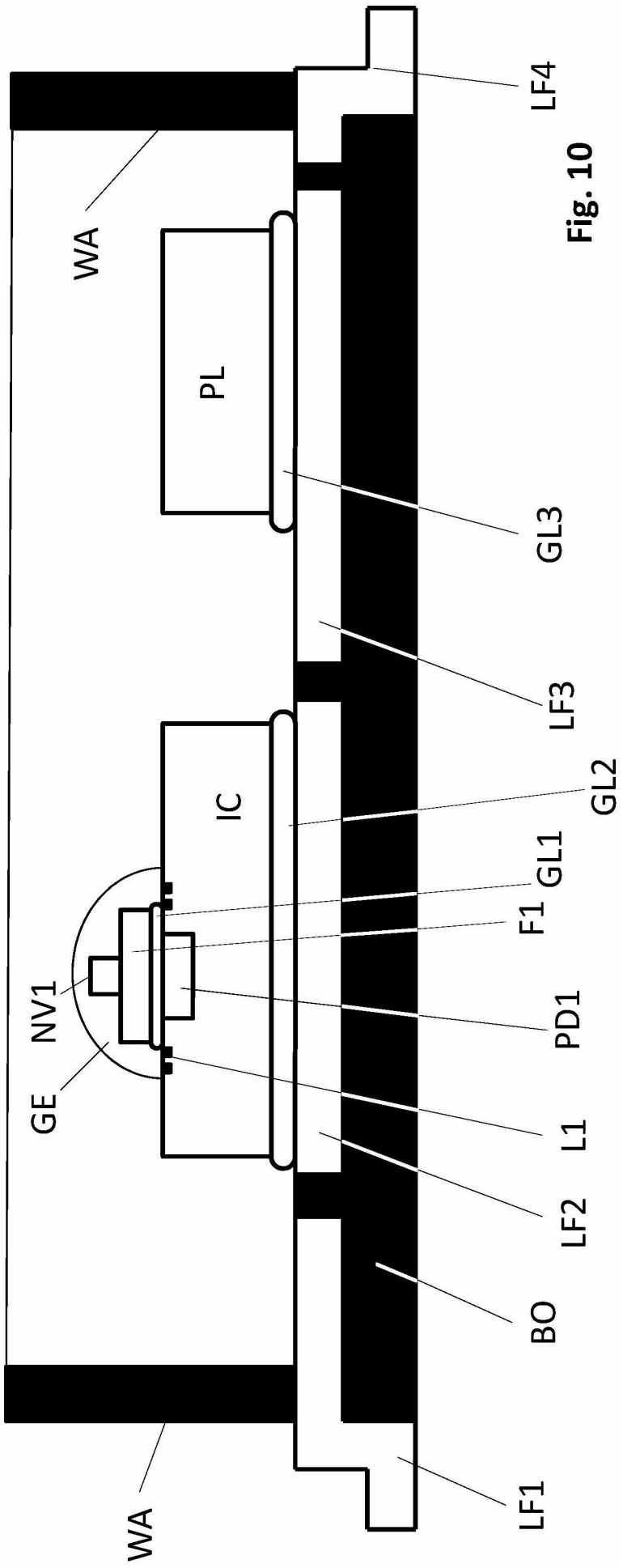


Fig. 10

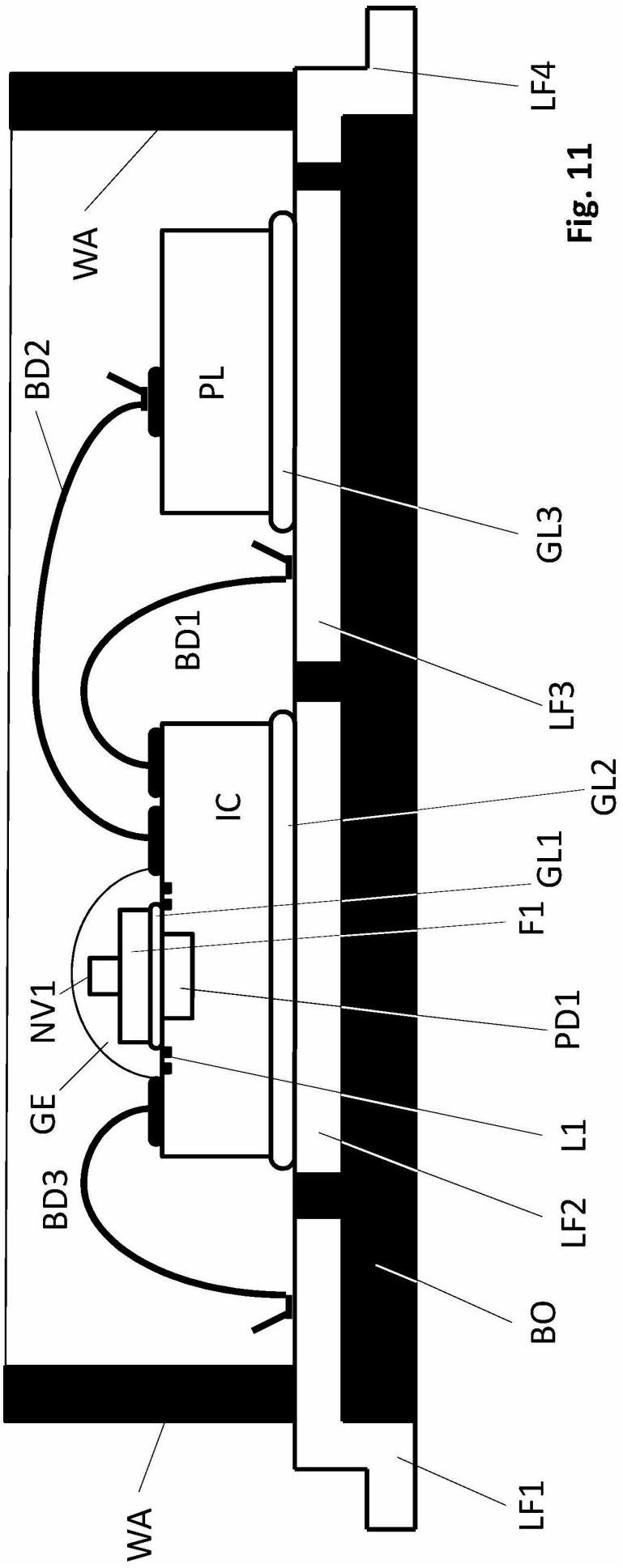

LF4
WA
BD2
PL
GL3
BD1
LF3
IC
GL2
GL1
F1
NV1
PD1
GE
L1
BD3
LF2
BO
WA
LF1

Fig. 11

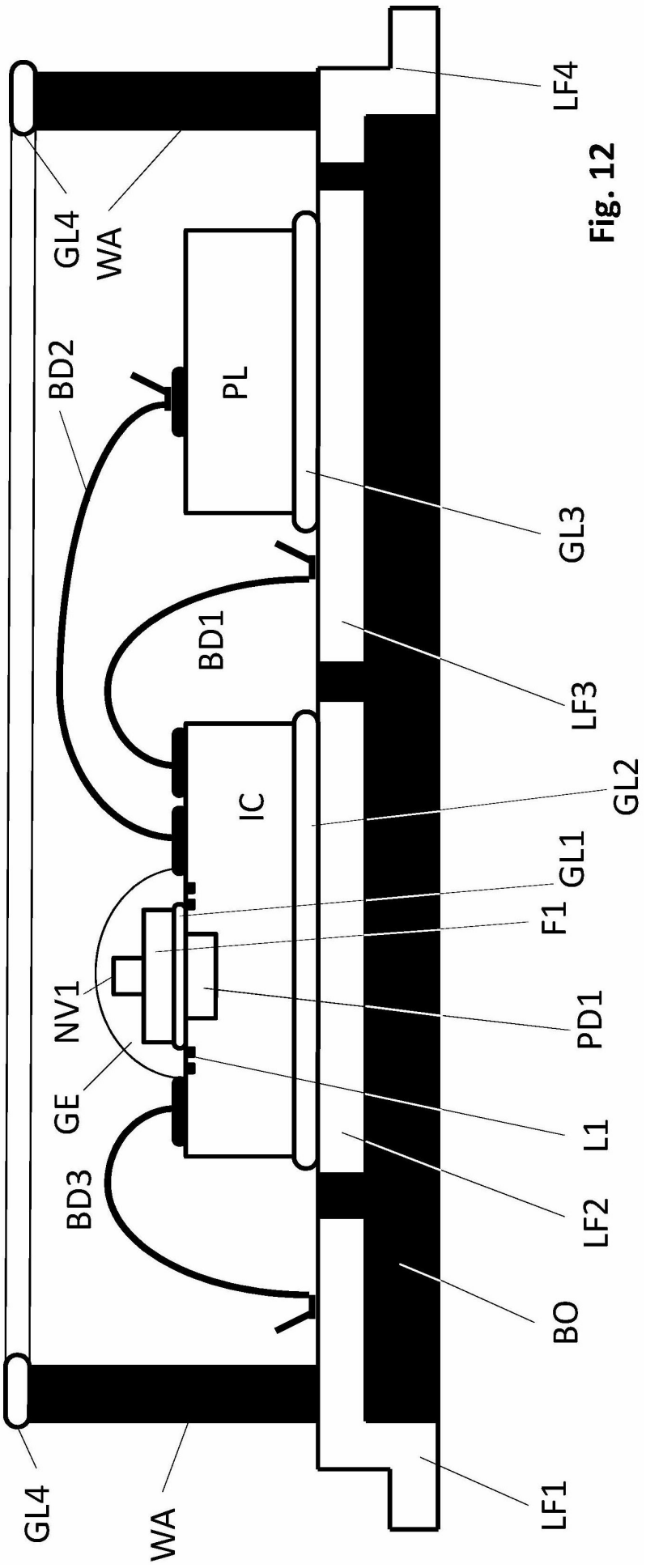

LF4
GL4
WA
BD2
PL
GL3
BD1
LF3
IC
GL2
GL1
F1
NV1
PD1
GE
L1
BD3
LF2
BO
GL4
WA
LF1

Fig. 12

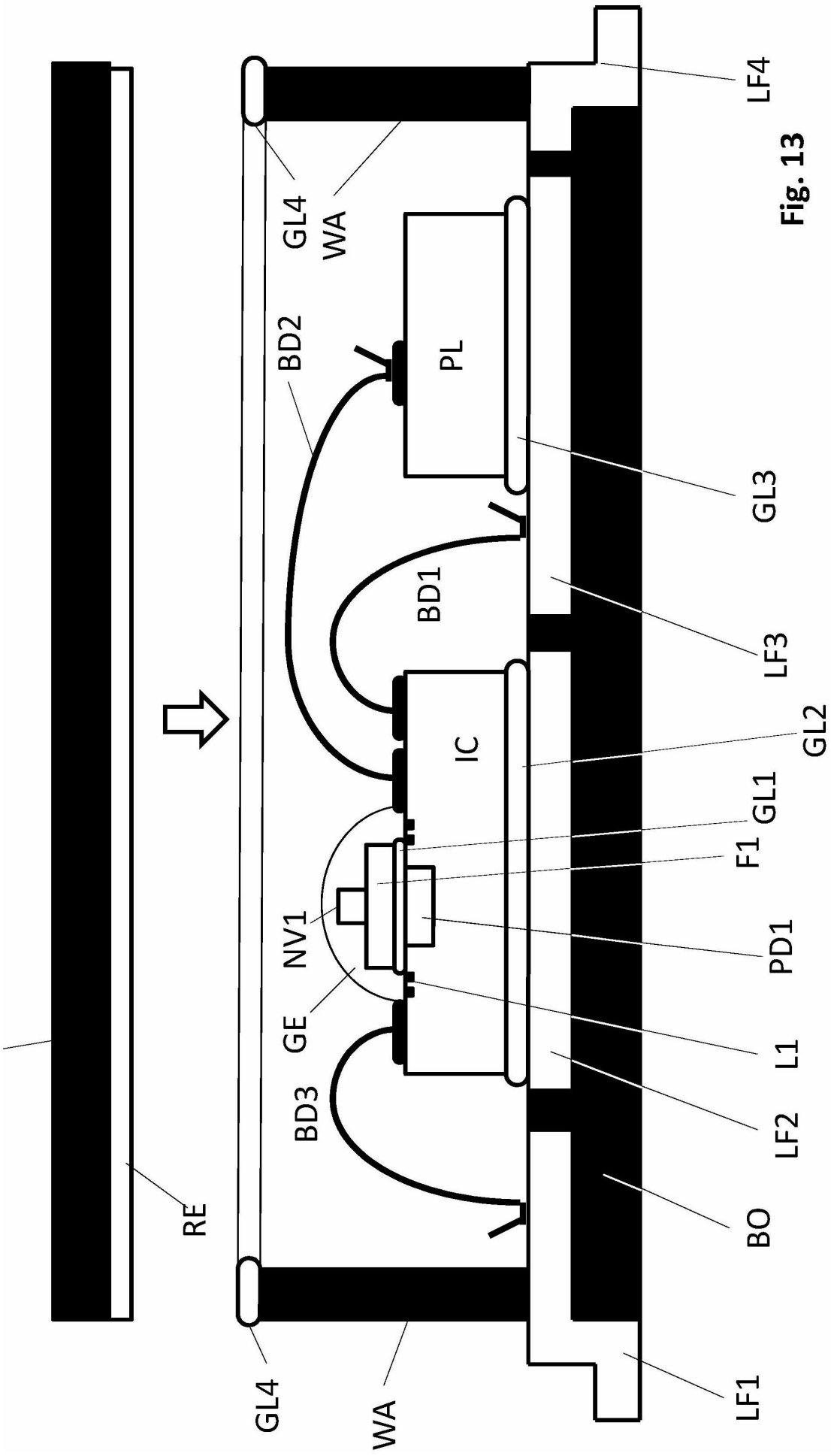

LF4
GL4
WA
BD2
PL
GL3
BD1
LF3
IC
GL2
GL1
F1
NV1
PD1
GE
L1
BD3
LF2
RE
BO
GL4
WA
LF1

Fig. 13

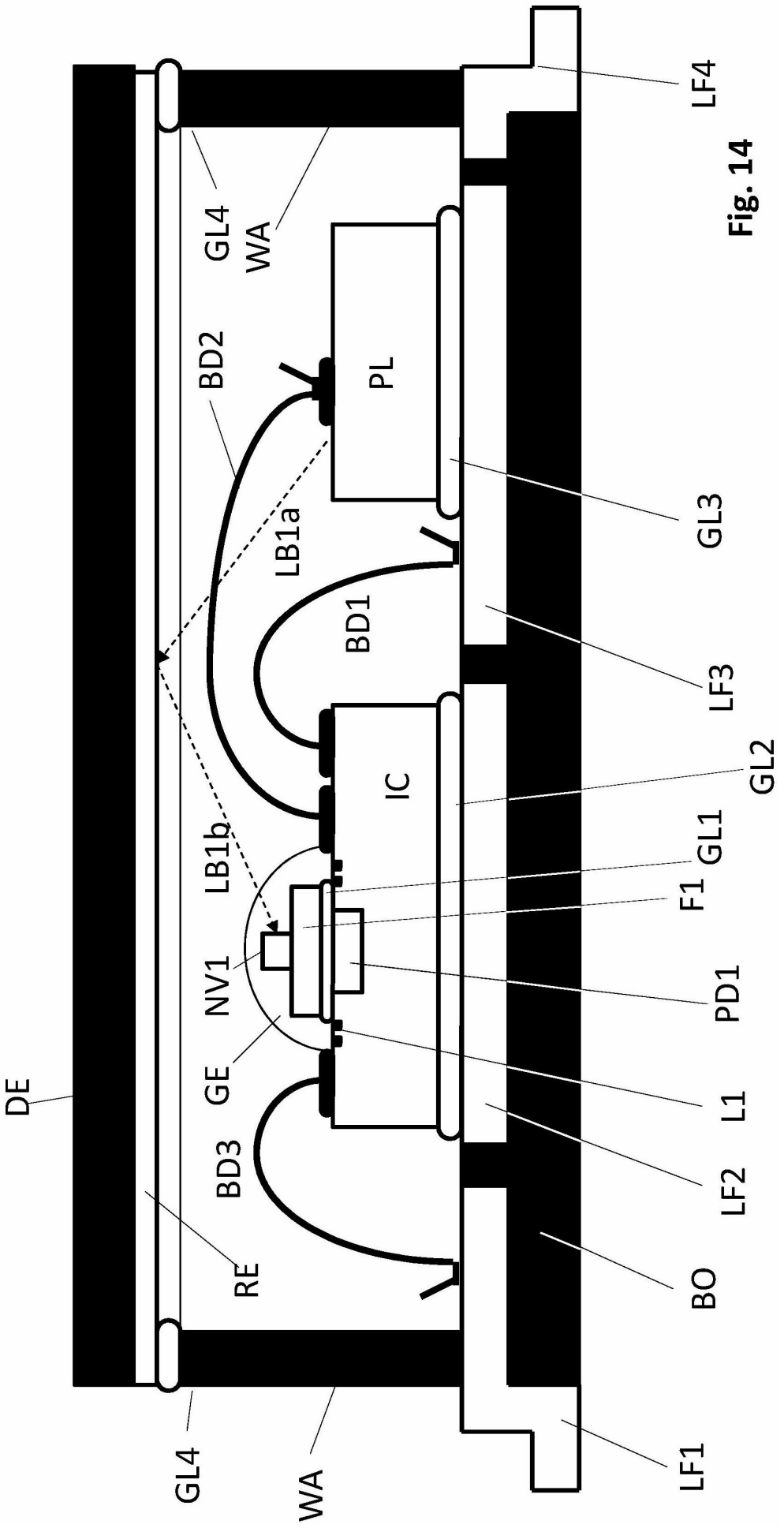

LF4
GL4
WA
BD2
PL
GL3
LB1a
BD1
LF3
IC
GL2
LB1b
GL1
F1
NV1
PD1
DE
GE
L1
BD3
LF2
RE
BO
GL4
WA
LF1

Fig. 14

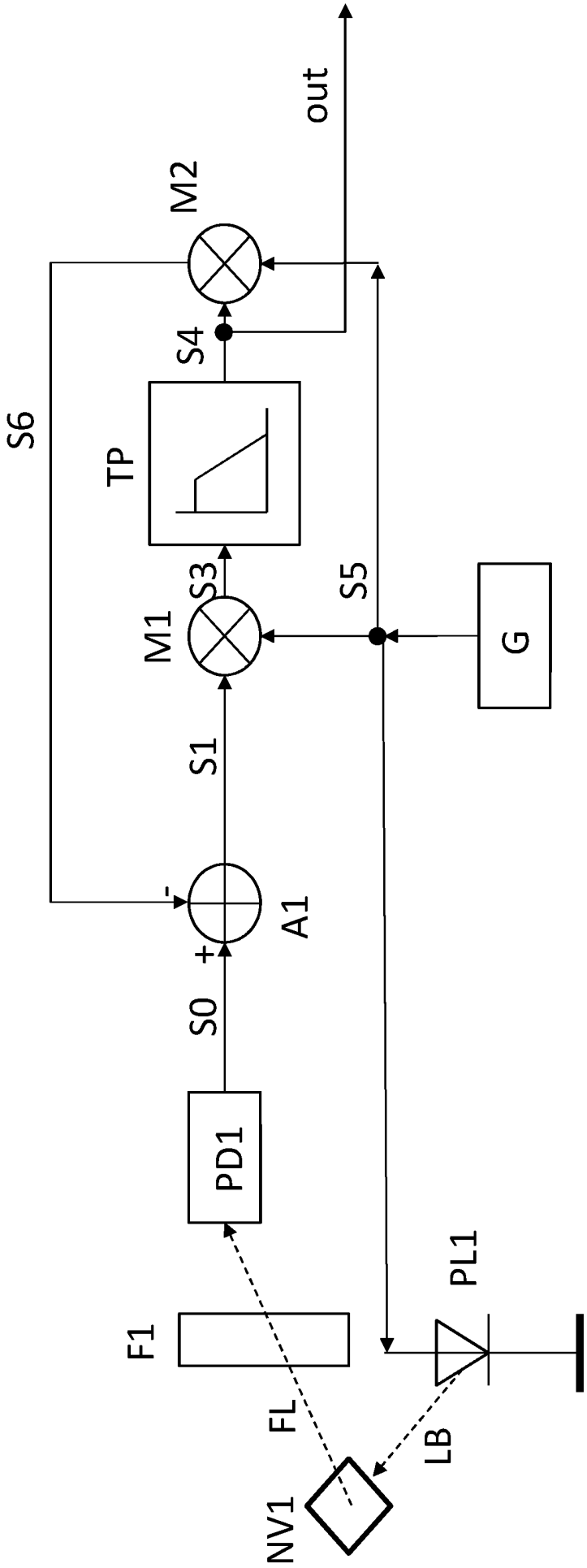


Fig. 15

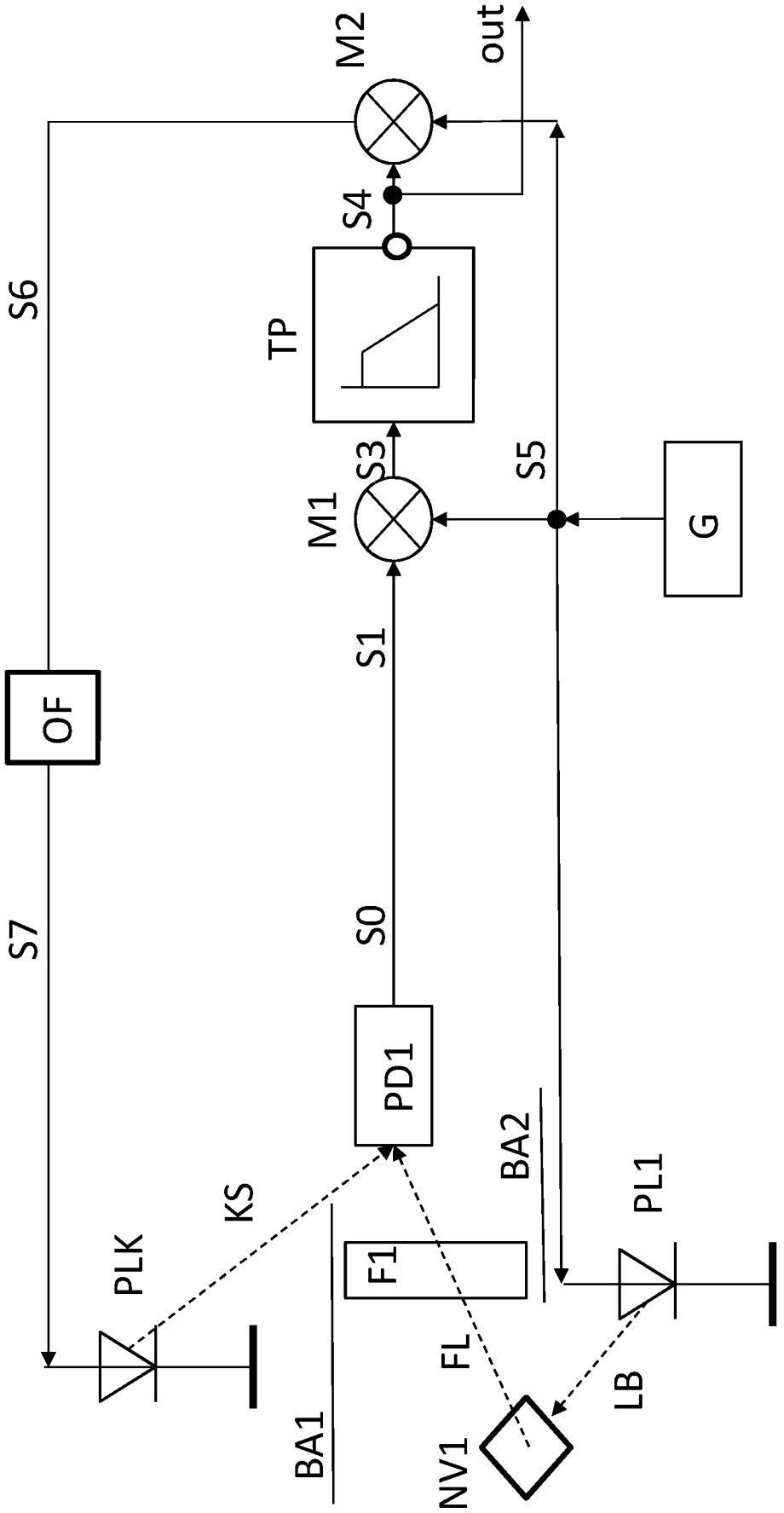

M2
out
S4
S6
TP
S3
S5
M1
G
S1
OF
S7
S0
PD1
BA2
PL1
KS
PLK
F1
FL
LB
BA1
NV1

Fig. 16

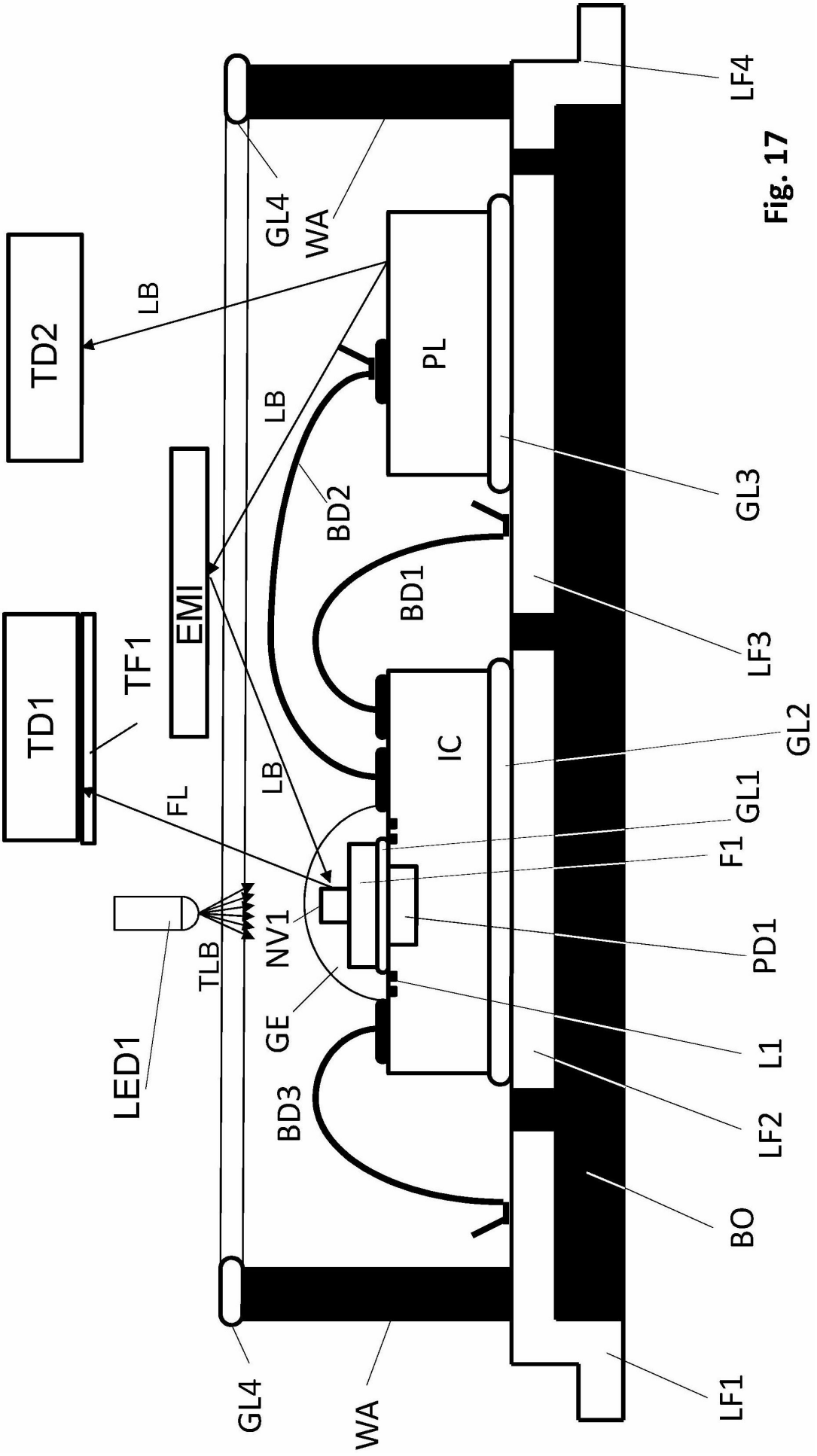
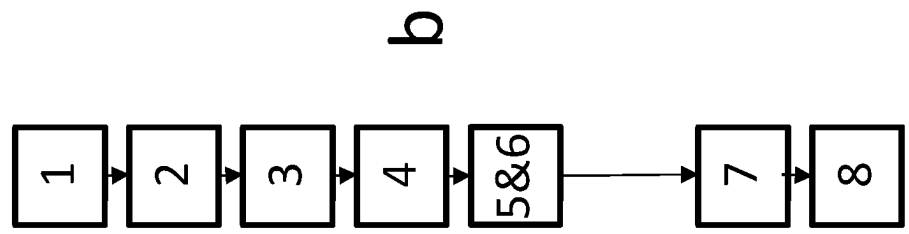

LF4
GL4
WA
LB
TD2
PL
GL3
BD2
BD1
LF3
EMI
TF1
TD1
IC
GL2
FL
GL1
F1
NV1
PD1
TLB
GE
L1
LED1
BD3
LF2
BO
GL4
WA
LF1

Fig. 17

Fig. 18



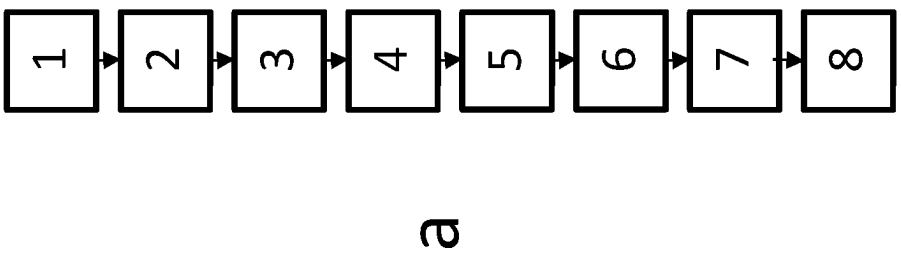
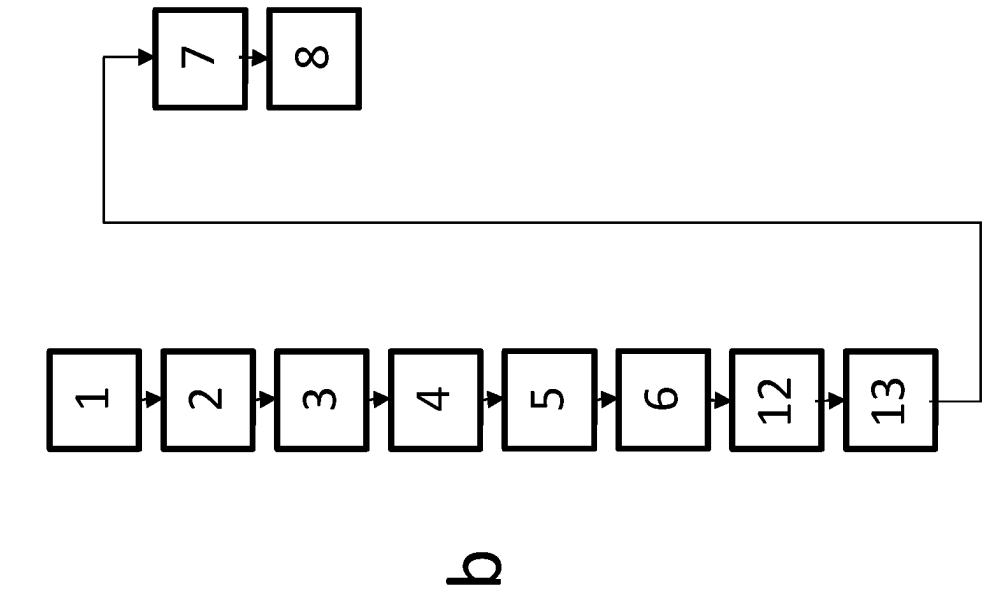
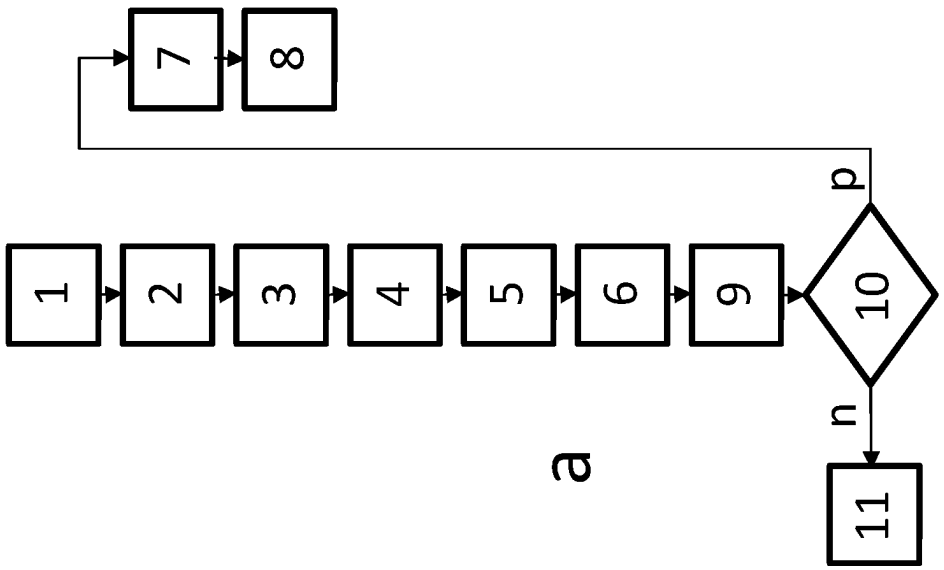


Fig. 19



b



a

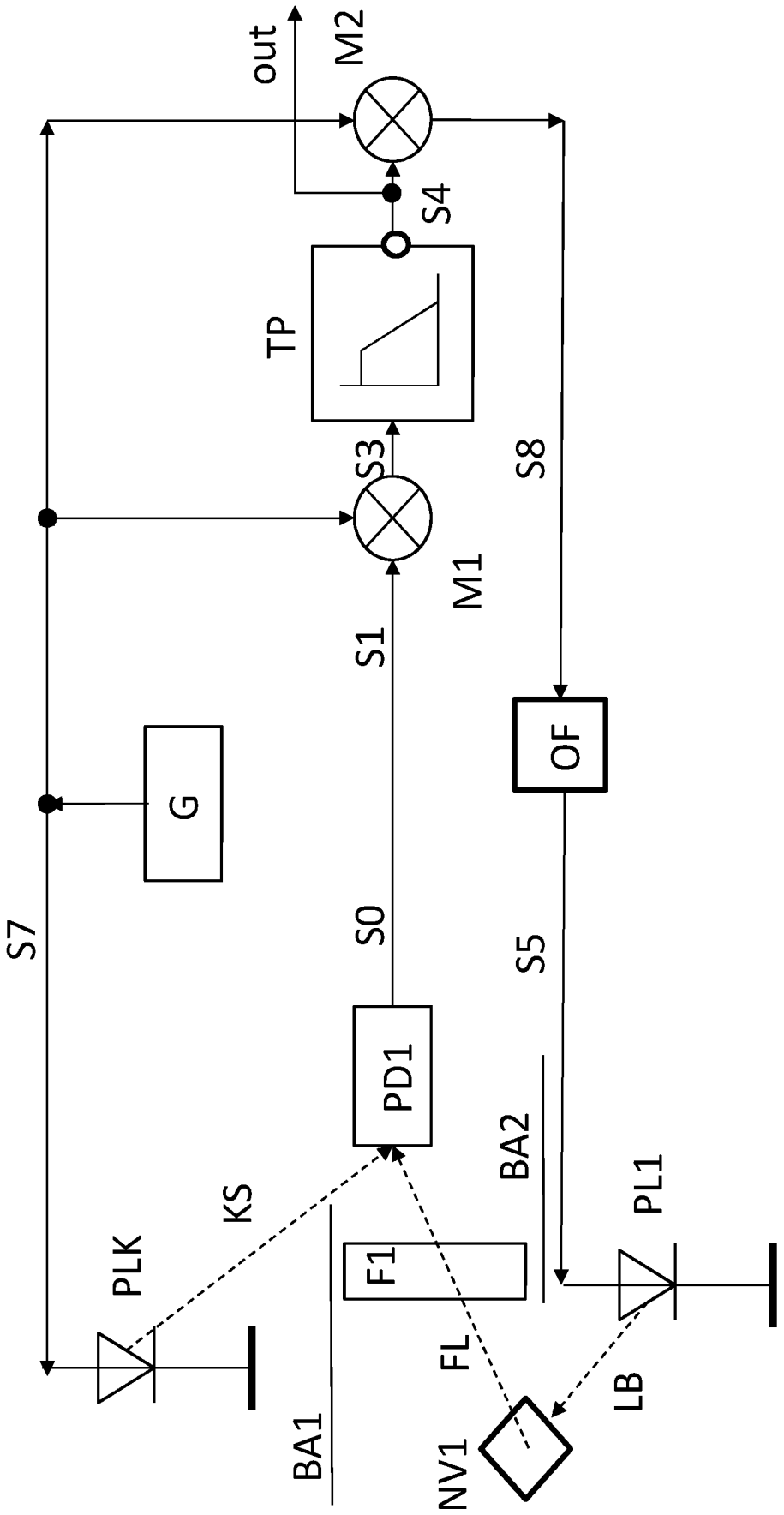

out
M2
S4
TP
S3
S8
M1
S1
OF
G
S7
S0
S5
PD1
BA2
PL1
KS
PLK
F1
FL
LB
BA1
NV1

Fig. 20

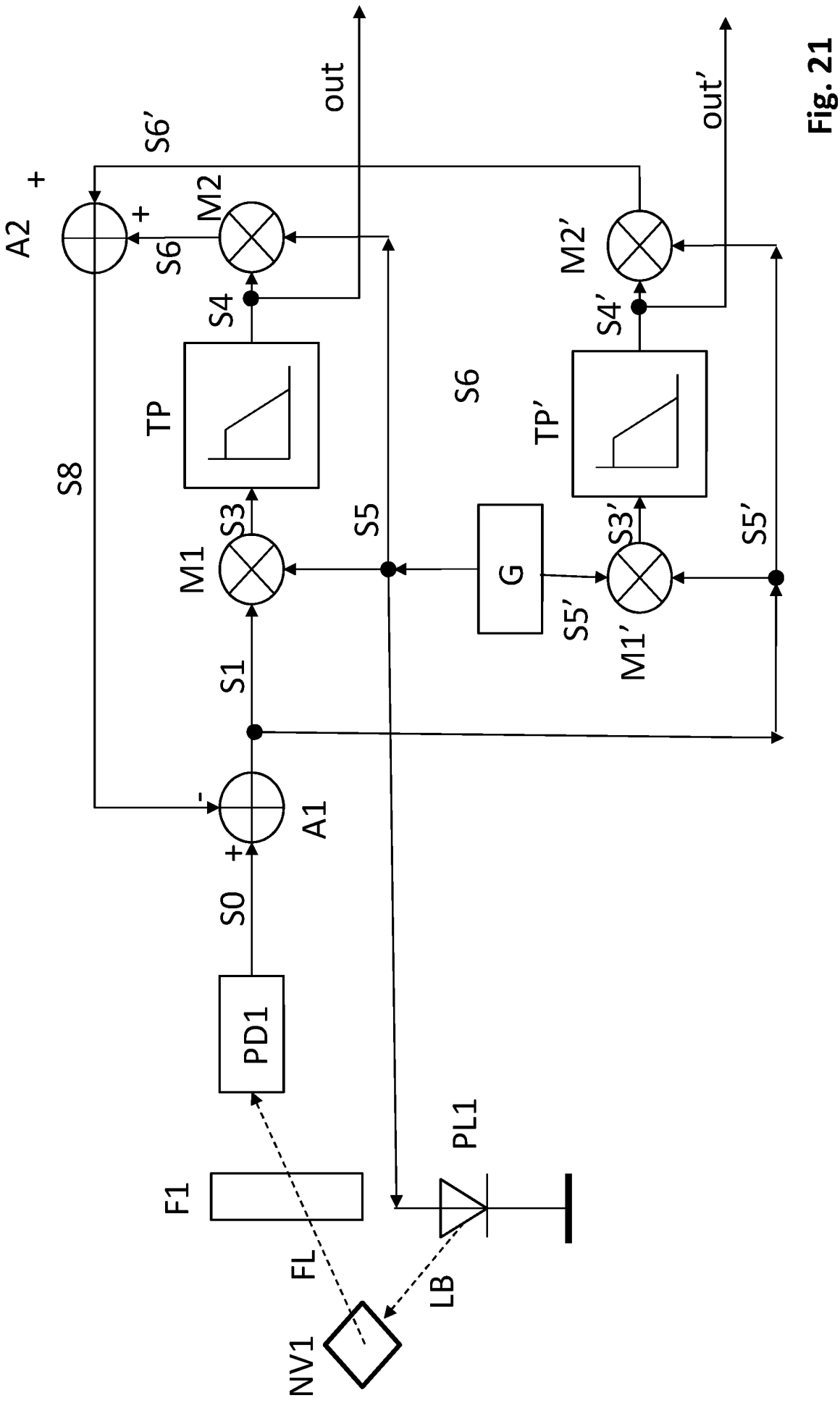

out
out'
S6'
A2
+
+
M2
S6
S4
M2'
S4'
TP
S6
TP'
S8
S3
S5
S3'
S5'
M1
G
M1'
S5'
S1
-
A1
+
S0
PD1
PL1
F1
FL
LB
NV1

Fig. 21

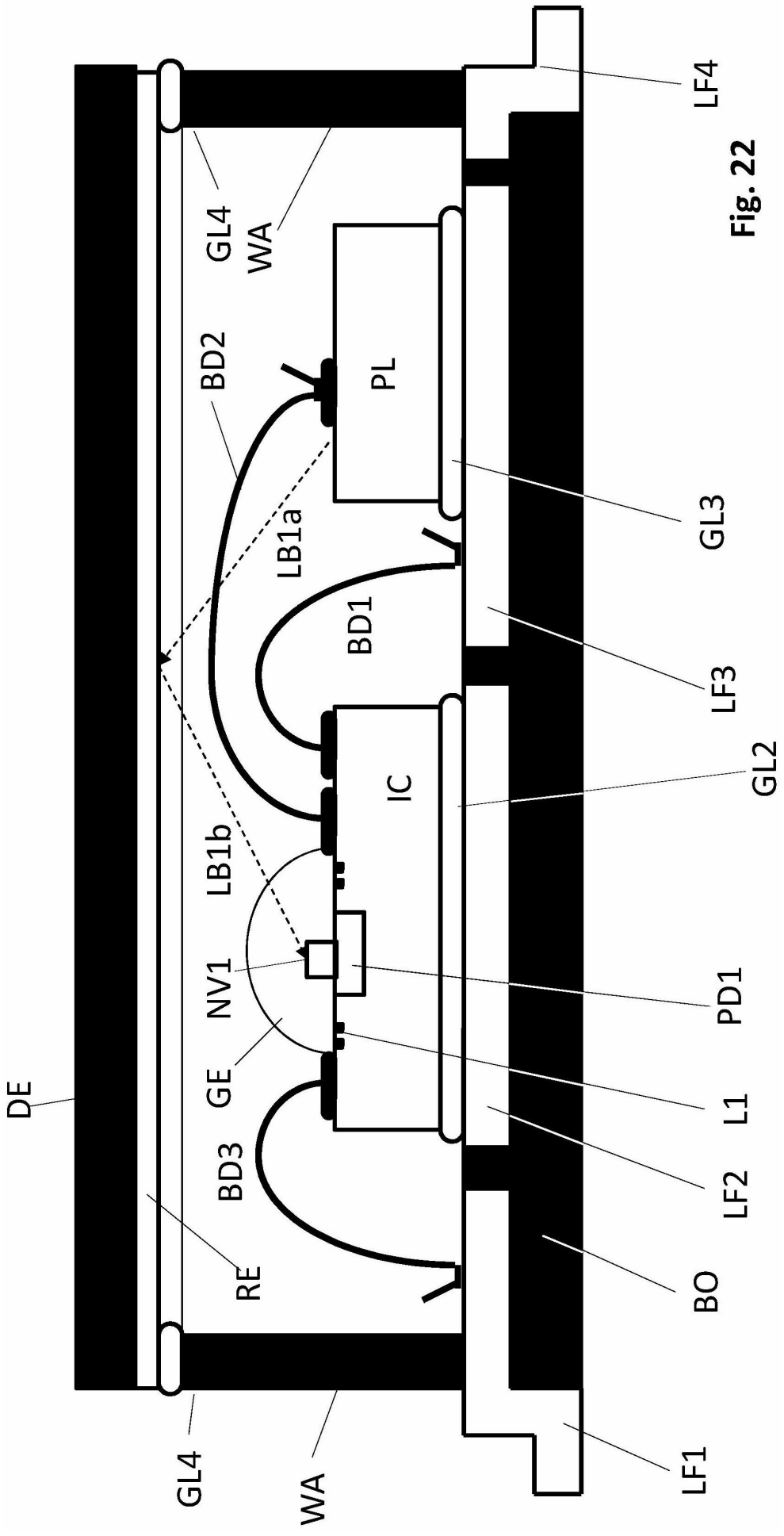


Fig. 22

Das Dokument wurde durch die Firma Jouve erstellt.