



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 662 429 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 R 33/02
H 01 L 27/22
H 01 L 43/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 4898/83

⑦③ Inhaber:
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug

⑫② Anmeldungsdatum: 08.09.1983

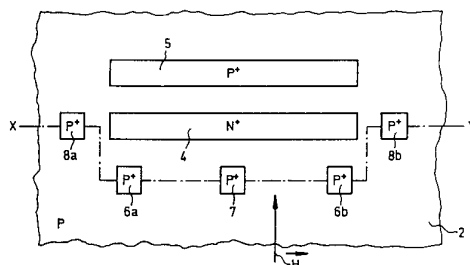
⑫④ Patent erteilt: 30.09.1987

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.09.1987

⑦② Erfinder:
Popovic, Radivoje, Zug

⑤④ Magnetfeldsensor.

⑤⑦ Der Magnetfeldsensor mit einem fortbeweglichen räumlich begrenzten Ladungsträgerbezirk besteht aus einem Substrat, einer auf diesem aufgewachsenen Epitaxie-Schicht (2) und mehreren an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht (2) eindiffundierten parallelen Halbleiterschichten, wovon eine mittlere längliche erste Halbleiterschicht (4) zwischen einer ebenfalls länglichen zweiten Halbleiterschicht (5) und zwei kurzen Fühlerschichten (6a, 6b) angeordnet ist. Auf derjenigen Seite der ersten Halbleiterschicht (4), auf welcher sich die Fühlerschichten (6a, 6b) befinden, ist noch zusätzlich eine kurze parallele Triggereingangsschicht (7) an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht (2) eindiffundiert. Die erste und die zweite Halbleiterschicht (4, 5) besitzen eine offene, nicht ringförmige Gestalt. Die Fühlerschichten (6a, 6b) sind annähernd auf gleicher Höhe mit je einem Ende der ersten Halbleiterschicht (4) angeordnet und die Triggereingangsschicht (7) annähernd auf gleicher Höhe mit der Mitte der Halbleiterschicht (4).



PATENTANSPRÜCHE

1. Magnetfeldsensor mit einem fortbeweglichen räumlich begrenzten Ladungsträgerbezirk (CD), enthaltend eine mittlere längliche erste Halbleiterschicht, die zwischen einer parallelen, ebenfalls länglichen zweiten Halbleiterschicht und mindestens einer ebenfalls parallelen kurzen Fühlerschicht angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Halbleiterschicht (4, 5) eine offene, nicht ringförmige Gestalt besitzen und dass auf derjenigen Seite der ersten Halbleiterschicht (4), auf welcher sich die Fühlerschicht (6) befindet, noch zusätzlich eine kurze parallele Triggereingangs-Schicht (7) vom gleichen Material-Leitfähigkeitstyp wie die Fühlerschicht (6) angeordnet ist.

2. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, bestehend aus einem Substrat, einer auf diesem aufgewachsenen Epitaxie-Schicht und den an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht eindiffundierten parallelen Halbleiter- und Fühlerschichten, wobei das Substrat und alle Schichten ausser der Epitaxie-Schicht stark mit Fremdatomen dotiert sind und wobei das Substrat und die erste Halbleiterschicht vom gleichen und alle anderen Schichten vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp sind, dadurch gekennzeichnet, dass die kurze parallele Triggereingangs-Schicht (7) an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht (2) eindiffundiert ist (Fig. 1, 5, 6).

3. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, bestehend aus einem Substrat, einer auf diesem aufgewachsenen Epitaxie-Schicht und den an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht eindiffundierten parallelen Halbleiter- und Fühlerschichten, wobei das Substrat und alle Schichten ausser der Epitaxie-Schicht stark mit Fremdatomen dotiert sind und wobei das Substrat und die erste und die zweite Halbleiterschicht vom gleichen und alle anderen Schichten vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp sind, dadurch gekennzeichnet, dass die kurze parallele Triggereingangs-Schicht (7) an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht (2) eindiffundiert ist (Fig. 3).

4. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, bestehend aus einem Substrat, einer auf diesem aufgewachsenen Epitaxie-Schicht, einer in die Epitaxie-Schicht eindiffundierten Wanne und den an der Oberfläche in die Wanne (3) eindiffundierten parallelen Halbleiter- und Fühlerschichten, wobei das Substrat und alle Schichten ausser der Epitaxie-Schicht und ausser der Wanne stark mit Fremdatomen dotiert sind und wobei die Epitaxie-Schicht und die erste Halbleiterschicht vom gleichen und alle anderen Schichten sowie das Substrat und die Wanne vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp sind, dadurch gekennzeichnet, dass die kurze parallele Triggereingangs-Schicht (7) an der Oberfläche in die Wanne (3) eindiffundiert ist (Fig. 2, 7, 8).

5. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, bestehend aus einem Substrat, einer auf diesem aufgewachsenen Epitaxie-Schicht, einer in die Epitaxie-Schicht eindiffundierten Wanne und den an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht eindiffundierten parallelen Halbleiter- und Fühlerschichten, wobei das Substrat und alle Schichten ausser der Epitaxie-Schicht und ausser der Wanne stark mit Fremdatomen dotiert sind und wobei das Substrat, die Wanne und die erste Halbleiterschicht vom gleichen und alle anderen Schichten vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp sind, dadurch gekennzeichnet, dass die kurze parallele Triggereingangs-Schicht (7) an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht (2) eindiffundiert ist (Fig. 4).

6. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass nur eine Fühlerschicht (6) vorhanden ist und dass die Fühlerschicht (6) und die Triggereingangs-Schicht (7) annähernd auf gleicher Höhe mit je einem Ende der ersten Halbleiterschicht (4) angeordnet sind.

7. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, dass zwei Fühlerschichten (6a, 6b) vorhanden sind, die annähernd auf gleicher Höhe mit je einem Ende der ersten Halbleiterschicht (4) angeordnet sind, während die Triggereingangs-Schicht (7) sich annähernd auf gleicher Höhe befindet wie die Mitte der ersten Halbleiterschicht (4).

8. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass an jedem Ende der ersten Halbleiterschicht (4) und in deren Verlängerung je eine kurze Hilfselektrode (8a, 8b) vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp wie die erste Halbleiterschicht (4) in die gleiche Schicht bzw. Wanne (3) eindiffundiert ist, in der auch die erste Halbleiterschicht (4) eindiffundiert ist.

9. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste oder die zweite Halbleiterschicht (4 oder 5) eine trapezförmige Gestalt besitzt, dermassen, dass der Abstand zwischen der ersten und der zweiten Halbleiterschicht (4 und 5) über die Länge der beiden Halbleiterschichten (4 und 5) gesehen linear ab- bzw. zunimmt.

10. Schaltungsanordnung zum Betrieb eines Magnetfeldsensors nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jede Fühlerschicht (6 bzw. 6a, 6b) mit einem Signaleingang je eines Komparators (20, 21) einer Steuer- und Speise-Schaltung (10) verbunden ist, in der zusätzlich noch mindestens drei Verzögerungsglieder (14, 18, 19), eine Impulsschaltung (13), zwei Stromquellen (16, 17) und ein Speicher (15) vorhanden sind, wobei die eine dieser Stromquellen (16, 17), nämlich die Steuer-Stromquelle (16), mit der Triggereingangs-Schicht (7) verbunden ist und, mit Hilfe der Impulsschaltung (13), der Erzeugung eines Trigger-Stromimpulses dient, während die andere Stromquelle, nämlich die Speise-Stromquelle (17), mit dem Speise-Eingang des Magnetfeldsensors (9) verbunden ist und dazu dient, den Speisestrom (I_c) des Magnetfeldsensors (9) unter Zuhilfenahme des zweiten Verzögerungsgliedes (18) auszuschalten, sobald der Ladungsträgerbezirk (CD) ein Ende der Halbleiterschicht (4) erreicht, und den Speisestrom (I_c) anschliessend unter Zuhilfenahme des dritten Verzögerungsgliedes (19), der Impulsschaltung (13) und des ersten Verzögerungsgliedes (14) zeitverzögert wieder einzuschalten zum Starten des Ladungsträgerbezirks (CD) des Magnetfeldsensors (9).

Die Erfindung bezieht sich auf einen Magnetfeldsensor gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

Aus der Druckschrift EP-B1 0 001 160 ist ein ringförmiger Magnetfeldsensor bekannt, der aus einem lateralen bipolaren PNP-Halbleiter besteht. In diesem PNP-Halbleiter fliesst ein elektrischer Strom beim Anlegen einer Vorspannung nicht uniform über den gesamten Ringumfang verteilt, sondern nur in einem winkelmässig begrenzten Halbleiterbereich, dem sogenannten Ladungsträgerbezirk («Carrier domain»), dank dem Vorhandensein einer starken positiven Rückkopplung und von Material-Inhomogenitäten. Unter dem Einfluss eines senkrecht zur Halbleiterebene wirkenden Magnetfeldes rotiert dieser Ladungsträgerbezirk um die Achse des ringförmigen Magnetfeldsensors mit einer Geschwindigkeit, die von der Magnetflussdichte, und in einer Richtung, die von der Magnetfeldrichtung abhängig ist. Der Magnetfeldsensor erzeugt somit eine Rotationsfrequenz, die der Stärke des Magnetfeldes proportional ist.

Ferner wurde in der Schweizer Patentschrift 658 916 ein NPN- bzw. PNP-Dreischicht-Halbleiter-Magnetfeldsensor

vorgeschlagen, der ebenfalls nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeitet.

Alle diese Magnetfeldsensoren besitzen ein Wechselspannungs-Ausgangssignal, dessen Frequenz proportional dem zu messenden Wert eines Magnetfeldes ist, dem der Magnetfeldsensor ausgesetzt ist und welches senkrecht zur Oberfläche des Magnetfeldsensors wirksam ist.

Die Magnetfeldsensoren besitzen alle eine ringförmige, d.h. eine geschlossene Struktur, die nur unter Schwierigkeiten mit einer genügenden Genauigkeit und mit der verlangten Konzentrität der Ringe in einer integrierten Schaltung hergestellt werden kann.

Die Eigenschaften dieser Magnetfeldsensoren sind ausserdem ein für alle Male festgelegt durch ihren Entwurf und durch den Herstellungsprozess. Anschliessend sind diese Eigenschaften kaum noch beeinflussbar durch irgendwelche elektrische Parameter, wie z.B. die Speisespannung.

Aufgabe und Lösung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Magnetfeldsensoren zu realisieren, die nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeiten, die unkritisch in der geometrischen Realisation sind, die Magnetinduktionen bzw. Magnetfelder beliebiger Richtung messen und deren Eigenschaften auch nach ihrer Herstellung durch elektrische Parameter beeinflussbar sind.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt eines NPN-Magnetfeldsensors, der nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeitet, zum Messen von Magnetfeldern, die parallel zur Oberfläche des Magnetfeldsensors wirken,

Fig. 2 einen Querschnitt eines PNP-Magnetfeldsensors, der nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeitet, zum Messen von Magnetfeldern, die parallel zur Oberfläche des Magnetfeldsensors wirken,

Fig. 3 eine Draufsicht eines NPN-Magnetfeldsensors, der nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeitet, zum Messen von Magnetfeldern, die senkrecht zur Oberfläche des Magnetfeldsensors wirken,

Fig. 4 eine Draufsicht eines PNP-Magnetfeldsensors, der nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeitet, zum Messen von Magnetfeldern, die senkrecht zur Oberfläche des Magnetfeldsensors wirken,

Fig. 5 einen Querschnitt mit ausführlichen Details des Magnetfeldsensors nach Fig. 1,

Fig. 6 eine Draufsicht mit ausführlichen Details des Magnetfeldsensors nach Fig. 5,

Fig. 7 einen Querschnitt mit ausführlichen Details des Magnetfeldsensors nach Fig. 2,

Fig. 8 eine Draufsicht mit ausführlichen Details des Magnetfeldsensors nach Fig. 7,

Fig. 9 eine Variante des Magnetfeldsensors nach Fig. 3,

Fig. 10 ein elektrisches Schaltbild einer Steuer- und Speiseschaltung für einen Magnetfeldsensor nach einer der Figuren 1 bis 9,

Fig. 11 ein Impulsdiagramm des Triggerstromes eines Magnetfeldsensors,

Fig. 12 ein Impulsdiagramm des Kollektorstromes eines Magnetfeldsensors und

Fig. 13 einen möglichen Verlauf einer «Sense»-Spannung des Magnetfeldsensors in Funktion der Zeit.

Gleiche Bezugszahlen bezeichnen in allen Figuren der Zeichnung gleiche Teile.

Die Figuren 1, 5 und 6 entsprechen einer ersten Variante, die Figuren 2, 7 und 8 einer zweiten Variante, die Figur 3 einer dritten Variante und die Figur 4 einer vierten Variante eines Magnetfeldsensors, der nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeitet, d.h. eines Magnetfeldsensors, der einen fortbeweglichen räumlich begrenzten Ladungsträgerbezirk CD besitzt.

Die erste und dritte Variante beinhaltet einen Dreischicht-Halbleiter, z.B. einen NPN-Transistor, und die zweite und vierte Variante einen NPN-Vierschicht-Halbleiter. Bei der ersten und der zweiten Variante wirkt ein zu messendes Magnetfeld parallel und bei der dritten und vierten Variante senkrecht zur Oberfläche des Magnetfeldsensors. Dieser besteht in allen vier Varianten aus einem Substrat 1, auf dem eine Epitaxie-Schicht 2 aufgewachsen ist. In der zweiten und vierten Variante ist zusätzlich noch eine Wanne 3 an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht 2 eindiffundiert.

In allen vier Varianten sind noch zusätzlich folgende parallele Schichten vorhanden: Eine mittlere längliche erste Halbleiterschicht 4, die zwischen einer ebenfalls länglichen zweiten Halbleiterschicht 5 (nicht in der Fig. 1 und der Fig. 2 dargestellt) und mindestens einer kurzen Fühlerschicht 6 angeordnet ist, und eine kurze Triggereingangsschicht 7, die auf derjenigen Seite der ersten Halbleiterschicht 4 angeordnet ist, auf welcher sich die Fühlerschicht 6 befindet. Die erste und die zweite Halbleiterschicht 4 und 5 besitzen eine offene, nicht ringförmige, z.B. eine geradlinig rechteckförmige Gestalt.

In der ersten und dritten Variante sind alle die zusätzlichen parallelen Schichten 4, 5, 6 und 7 an der Oberfläche in die Epitaxie-Schicht 2 eindiffundiert. In diesen beiden Varianten sind das Substrat 1 und alle Schichten ausser der Epitaxie-Schicht 2 stark mit Fremdatomen dotiert.

In der ersten Variante sind das Substrat 1 und die erste Halbleiterschicht 4 vom gleichen, z.B. N, und alle anderen Schichten 2, 5, 6 und 7 vom entgegengesetzten, z.B. P, Material-Leitfähigkeitstyp.

In der dritten Variante sind das Substrat 1, die erste und die zweite Halbleiterschicht 4 und 5 vom gleichen, z.B. N, und alle anderen Schichten 2, 6 und 7 vom entgegengesetzten, z.B. P, Material-Leitfähigkeitstyp.

In der zweiten und vierten Variante sind das Substrat 1 und alle Schichten ausser der Epitaxie-Schicht 2 und ausser der Wanne 3 stark mit Fremdatomen dotiert. In der zweiten Variante sind alle die zusätzlichen parallelen Schichten 4, 5, 6 und 7 an der Oberfläche in die Wanne 3 eindiffundiert. In dieser Variante sind die Epitaxie-Schicht 2 und die erste Halbleiterschicht 4 vom gleichen, z.B. N, das Substrat 1, die Wanne 3 und alle anderen Schichten 5, 6 und 7 vom entgegengesetzten, z.B. P, Material-Leitfähigkeitstyp.

In der vierten Variante sind die zweite Halbleiterschicht 5 an der Oberfläche in die Wanne 3 und die anderen zusätzlichen parallelen Schichten 4, 6 und 7 in die Epitaxie-Schicht 2 eindiffundiert. In dieser Variante sind das Substrat 1, die Wanne 3 und die erste Halbleiterschicht 4 vom gleichen, z.B. P, und alle anderen Schichten 2, 5, 6 und 7 vom entgegengesetzten, z.B. N, Material-Leitfähigkeitstyp.

In den Figuren 1 bis 4 wurde das Vorhandensein nur einer Fühlerschicht 6 angenommen. In diesem Fall sind die Fühlerschicht 6 und die Triggereingangsschicht 7 annähernd auf gleicher Höhe mit je einem Ende der ersten Halbleiterschicht 4 angeordnet. In den Figuren 5 bis 8 wurde das Vorhandensein von zwei Fühlerschichten 6a und 6b angenommen. In diesem Fall sind die beiden Fühlerschichten 6a und 6b annähernd auf gleicher Höhe mit je einem Ende der ersten Halbleiterschicht 4 angeordnet, während die Triggereingangsschicht

Schicht 7 sich annähernd auf gleicher Höhe befindet wie die Mitte der ersten Halbleiterschicht 4. Alle Fühlerschichten 6 bzw. 6a und 6b sowie die Triggereingangs-Schicht 7 sind möglichst kurz und z.B., wie in den Figuren dargestellt, quadratisch.

Die Fig. 5 stellt einen Querschnitt der Fig. 6 und die Fig. 7 einen Querschnitt der Fig. 8 längs der Schnittebene XY dar. In diesen vier Figuren ist an jedem Ende der ersten Halbleiterschicht 4 und in deren Verlängerung je eine kurze Hilfselektrode 8a bzw. 8b vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp wie die erste Halbleiterschicht 4 in die gleiche Schicht bzw. Wanne eindiffundiert, in der auch die erste Halbleiterschicht 4 eindiffundiert ist. Die Hilfselektroden 8a und 8b sind z.B. quadratisch und annähernd so breit wie die erste Halbleiterschicht 4.

Die Figur 9 entspricht annähernd der Figur 3, nur dass die rechteckförmige Gestalt der zweiten Halbleiterschicht 5 durch eine trapezförmige ersetzt ist und zwar so, dass der Abstand zwischen der ersten und der zweiten Halbleiterschicht 4 und 5 über die Länge der beiden Halbleiterschichten gesehen linear ab- bzw. zunimmt. An Stelle der zweiten kann auch die erste Halbleiter-Schicht 4 trapezförmig sein.

Zum Betreiben eines der beschriebenen Magnetfeldsensoren, der in der Figur 10 mit der Nummer 9 bezeichnet ist, wird eine Steuer- und Speise-Schaltung 10 benötigt (Siehe Fig. 10). Diese enthält einen Start-Eingang 11, ein erstes Oder-Gatter 12, eine Impulsschaltung 13, ein erstes Verzögerungsglied 14, einen Speicher 15, der z.B. ein D-Flip Flop ist, eine steuerbare Steuer-Stromquelle 16, eine ebenfalls steuerbare Speise-Stromquelle 17, ein zweites Verzögerungsglied 18 und ein drittes Verzögerungsglied 19.

In der Figur 10 wurde das Vorhandensein von zwei Fühlerschichten 6a und 6b angenommen. In diesem Fall besitzt die Steuer- und Speise-Schaltung 10 noch zusätzlich einen ersten Komparator 20, einen zweiten Komparator 21 und ein zweites Oder-Gatter 22. Die beiden Oder-Gatter 12 und 22 haben je zwei Eingänge. Jede Fühlerschicht 6a und 6b ist mit dem Signaleingang eines der beiden Komparatoren 20 bzw. 21 verbunden, deren Ausgänge ihrerseits auf je einen Eingang des zweiten Oder-Gatters 22 geführt sind. Der Ausgang des letzteren ist mit dem Eingang des zweiten Verzögerungsgliedes 18 verbunden.

Für den Fall, dass der Magnetfeldsensor 9 nur eine Fühlerschicht 6 besitzt, können einer der beiden Komparatoren und das zweite Oder-Gatter 22 weggelassen und der Ausgang des anderen Komparators direkt mit dem Eingang des zweiten Verzögerungsgliedes 18 verbunden werden. Der Ausgang des letzteren ist in beiden Fällen auf den Eingang des dritten Verzögerungsgliedes 19 und auf den «Clear»-Eingang CL des Speichers 15 geschaltet. Der Ausgang des dritten Verzögerungsgliedes 19 ist auf ein erstes Oder-Gatter 12 geführt, während dessen zweiter Eingang den Start-Eingang 11 der Steuer- und Speise-Schaltung 10 bildet. Der Ausgang des ersten Oder-Gatters 12 ist über die Impulsschaltung 13 mit dem Eingang des ersten Verzögerungsgliedes 14 und mit dem Steuereingang der Steuer-Stromquelle 16 verbunden. Der Ausgang des ersten Verzögerungsgliedes 14 ist seinerseits auf den «Clock»-Eingang des Speichers 15 geführt, während dessen D-Eingang am Logikwert «1» liegt und dessen Q-Ausgang auf den Steuereingang der Speise-Stromquelle 17 geschaltet ist. Je ein Pol der beiden Stromquellen 16 und 17 sind miteinander und mit dem positiven Pol V_{DD} einer Speisepannung verbunden, während der andere Pol dieser Speisepannung an Masse liegt. Der zweite Pol der Steuer-Stromquelle 16 bildet einen Steuer-Ausgang 23 und derjenige der Speise-Stromquelle 17 einen Speise-Ausgang 24 der Steuer- und Speise-Schaltung 10. Der Speise-Ausgang 24 ist mit dem

Speise-Eingang des Magnetfeldsensors 9 verbunden. Die beiden Stromquellen 16 und 17 sind z.B. Bipolartransistoren. Die beiden Komparatoren 20 und 21 besitzen je einen Schwellwert-Eingang, der an einer konstanten Schwellwertspannung V_{T1} bzw. V_{T2} liegt, wobei die Werte dieser beiden Schwellwertspannungen V_{T1} und V_{T2} gleich oder unterschiedlich sein können.

Falls der Magnetfeldsensor 9 ein Dreischicht-Halbleiter ist, ist der Speise-Ausgang 24 mit dem Substrat 1, der Steuer-Ausgang 23 mit der Triggereingangs-Schicht 7 und die Masse mit der ersten Halbleiterschicht 4 verbunden. Die zweite Halbleiterschicht 5 und – falls vorhanden – die Hilfselektroden 8a und 8b liegen je an einer geeigneten konstanten Spannung V_1 , V_2 und V_3 . Das Substrat 1 bildet hier den Kollektor des Transistors und damit des Speise-Eingangs des Magnetfeldsensors 9.

Die elektrischen Signale der Steuer- und Speise-Schaltung 10 besitzen eine Form, die jeweils in einer der Figuren 11 bis 13 dargestellt und in der nachfolgenden Funktionsbeschreibung näher erläutert ist.

In den Figuren 1 bis 9 wurden gebräuchliche und an sich bekannte Details, wie z.B. Passivations-Schicht, Kontakt-Öffnungen, Metall-Kontakte, Metall-Leiter usw., aus Gründen der zeichnerischen Einfachheit nicht dargestellt.

Die Steuer- und Speise-Schaltung 10 wird am besten im gleichen Halbleiterkristall integriert wie der Magnetfeldsensor, so dass eine einzige integrierte Schaltung entsteht. Sie kann auch mittels eines Mikrocomputers realisiert werden, dessen Software die verschiedenen von der Steuer- und Speise-Schaltung 10 erzeugten Zeitverzögerungen generiert.

Zur Herstellung des Magnetfeldsensors kann eine ähnliche Technologie verwendet werden wie zur Herstellung von Planar-Bipolartransistoren. Es werden folgende Fremdatom-Konzentrationen benötigt:

Substrat 1: 10^{19} cm^{-3} ,

Epitaxie-Schicht 2: 10^{16} cm^{-3} , bei einer Schichtdicke von annähernd $10 \mu\text{m}$, und Halbleiterschichten 4 und 5, Fühlerschicht 6, 6a und 6b, sowie Triggereingangs-Schicht 7: 10^{20} cm^{-3} mindestens.

Die zweite Halbleiterschicht 5 liegt an einer Spannung V_1 , die im Absolutwert kleiner 1 Volt ist und auch Null Volt betragen kann.

Bekannt ist die Arbeitsweise ringförmiger Magnetfeldsensoren, die nach dem «Carrier domain»-Prinzip arbeiten.

Unter der Annahme, dass der Magnetfeldsensor ein Dreischicht-Halbleiter, also ein Transistor ist, wird diese Arbeitsweise nachfolgend beschrieben. In diesem Fall ist das Substrat 1 der Kollektor, die erste Halbleiterschicht 4 der Emitter und die zweite Halbleiterschicht 5 die Hauptbasis des Transistors.

Ein ringförmiger Transistor kann als eine kontinuierliche Kette vieler Teiltransistoren angesehen werden, deren Ende auf ihren Eingang rückgekoppelt ist. Die Kollektor/Emitter-Strecken aller dieser Teiltransistoren sind parallelgeschaltet und von der einzigen gemeinsamen Speise-Stromquelle z.B. 17 gespeist. Die Basis eines jeden Teiltransistors wird von der Basis des vorhergehenden Teiltransistors über den Widerstand eines Teils des Basishalbleiter-Materials gesteuert. Die Startbedingung des Magnetfeldsensors kann z.B. festgelegt werden durch das Anlegen einer bestimmten Spannung oder das Einspeisen eines bestimmten Stromes an einer Basis eines der Teiltransistoren, z.B. der Triggereingangs-Schicht 7. Der erste Teiltransistor wird dann leitend und bildet eine diskrete Darstellung des winkelmässig begrenzten Ladungsträgerbezirks; der elektrische Strom fließt nur lokal und radial vom Emitter des ersten Teiltransistors zu dessen Kollektor. Unter dem Einfluss eines senkrecht zur Oberfläche 2 des Magnetfeldsensors wirkenden Magnetfeldes und der dadurch

erzeugten Lorenzkraft wandert der elektrische Strom in der Kette fort vom leitenden Teiltransistor, der dann sperrt, zum nächsten Teiltransistor, der dann leitend wird. Die Richtung des Abwanderns ist dabei unter anderem abhängig von der Richtung des Magnetfeldes gemäss dem bekannten Gesetz der Lorenzkraft. Dieses Fortwandern in der Kette entspricht im ringförmigen Transistor der Rotation des Ladungsträgerbezirks um die gemeinsame Achse der konzentrischen ring- bzw. kreisförmigen Halbleiterschichten. Die geometrische Realisation dieser konzentrischen Halbleiterschichten ist nicht unkritisch und wird vereinfacht und unkritischer durch die Verwendung nicht ring- bzw. kreisförmigen Halbleiterschichten.

Ist der Transistor dagegen nicht ringförmig, d.h. besitzen die beiden Halbleiterschichten 4 und 5 eine offene, nichtringförmige Gestalt, so ist die Arbeitsweise annähernd gleich, nur dass der hier fehlende Teil eines geschlossenen Kreislaufes des Ladungsträgerbezirks CD simuliert werden muss durch eine zusätzliche äussere elektronische Steuer- und Speiseschaltung 10. Der Ladungsträgerbezirk CD ist weiterhin senkrecht zu den Halbleiterschichten 4 und 5 zwischen Emitter und Kollektor angeordnet, wie in der Zeichnung, z.B. in der Figur 1, schraffiert dargestellt. Die Breite des Ladungsträgerbezirks CD in der Längsrichtung der Halbleiterschichten 4 und 5 ist räumlich begrenzt und bewegt sich entlang den Halbleiterschichten 4 und 5 fort, beginnend auf der Höhe der Triggereingangsschicht 7, wo der Ladungsträgerbezirk CD gestartet wird, bis zum Augenblick, in dem er eines der beiden Enden der Halbleiterschichten 4 und 5 erreicht.

Zwei Betriebsarten sind möglich:

- Der Magnetfeldsensor 9 besitzt nur eine einzige Fühlerschicht 6, dann wird der Ladungsträgerbezirk CD vorteilhafterweise an einem Ende der Halbleiterschichten 4 und 5 mit Hilfe der dort angeordneten Triggereingangsschicht 7 gestartet, und der Augenblick, in dem er das andere Ende erreicht, mit der dort angeordneten Fühlerschicht 6 ermittelt.

- Der Magnetfeldsensor 9 besitzt zwei Fühlerschichten 6a und 6b, eine an jedem Ende der Halbleiterschichten 4 und 5. Diesmal wird der Ladungsträgerbezirk CD vorteilhafterweise annähernd in der Mitte der Halbleiterschichten 4 und 5 mit Hilfe der dort angeordneten Triggereingangsschicht 7 gestartet. Je nach Richtung des zu messenden Magnetfeldes H und je nach Polarität der angelegten Spannungen bewegt sich der Ladungsträgerbezirk CD entlang den Halbleiterschichten 4 und 5 in die eine oder in die andere Richtung fort. Der Augenblick, in dem er eines der beiden Enden der Halbleiterschichten 4 und 5 erreicht, wird von der dort angeordneten Fühlerschicht 6a bzw. 6b ermittelt.

Die Fortbewegungsrichtung des Ladungsträgerbezirks CD kann in allen Fällen bevorzugt werden, entweder durch das

Vorhandensein der fakultativen Hilfselektroden 8a und 8b, die dazu dienen, ein kleines elektrisches Feld entlang den Halbleiterschichten 4 und 5 zu erzeugen, das dem Ladungsträgerbezirk CD eine bevorzugte Fortbewegungsrichtung gibt, oder indem der zweiten Halbleiterschicht 5 die beschriebene trapezförmige Gestalt gegeben wird, so dass der Ladungsträgerbezirk CD sich in Richtung der Abstandsverringerung den beiden Halbleiterschichten 4 und 5 entlang fortbewegt.

Sobald der Ladungsträgerbezirk CD ein Ende der Halbleiterschichten 4 und 5 erreicht, steigt die elektrische Spannung V_s an der dort angeordneten Fühlerschicht 6 bzw. 6a oder 6b nichtlinear in Funktion der Zeit gemäss der in der Figur 13 dargestellten Kennlinie bis auf etwa 0,7 Volt an. Erreicht V_s eine bestimmte, dem zugehörigen Komparator 20 bzw. 21 zugeordnete Schwellwertspannung V_{T1} bzw. V_{T2} , so schaltet der zugehörige Komparator 20 bzw. 21 und startet mit Hilfe des zweiten Verzögerungsgliedes 18 im Augenblick t_2 eine Verzögerungszeit τ_2 . Nach Ablauf der Verzögerungszeit τ_2 wird im Augenblick t_3 der Speicher 15 auf Null zurückgestellt und mit Hilfe des dritten Verzögerungsgliedes 19 eine weitere Verzögerungszeit τ_3 gestartet. Durch die Rückstellung des Speichers 15 wird die Speise-Stromquelle 17 und damit der Speisestrom I_c des Magnetfeldsensors 9 ausgeschaltet, und der Ladungsträgerbezirk CD verschwindet in dem jetzt stromlosen Magnetfeldsensor 9. Nach Ablauf der weiteren Verzögerungszeit τ_3 wird der Ladungsträgerbezirk CD des Magnetfeldsensors 9 im Augenblick t_4 erneut gestartet, indem die Impulsschaltung 13 einen Triggerimpuls der Dauer τ_0 erzeugt, der mit Hilfe der Steuer-Stromquelle 16 in einen Trigger-Stromimpuls umgewandelt wird, der über den Steuer-Ausgang 23 die Triggereingangsschicht 7 des Magnetfeldsensors 9 erreicht. Gleichzeitig wird mit Hilfe des ersten Verzögerungsgliedes 14 eine zusätzliche Verzögerungszeit τ_1 erzeugt, nach deren Ablauf im Augenblick t_5 der Speicher 15 wieder gesetzt und die Speise-Stromquelle 17 damit wieder eingeschaltet wird. In diesem Augenblick entsteht wieder im Magnetfeldsensor 9 auf der Höhe der Triggereingangsschicht 7 ein Ladungsträgerbezirk CD.

In der Figur 11 ist der zeitliche Verlauf des von der Steuer-Stromquelle 16 gelieferten Triggerstromes I_T und in der Figur 12 derjenige des von der Speise-Stromquelle 17 gelieferten Speisestromes I_c dargestellt.

Der Start-Eingang 11 dient nur dem erstmaligen Start des Ladungsträgerbezirks CD zu Beginn der Messung.

Die Verzögerungszeiten τ_1 , τ_2 und τ_3 und damit auch die Eigenschaften des Magnetfeldsensors sind leicht mittels elektrischer Parameter der drei Verzögerungsglieder 14, 18 und 19 einzustellen bzw. zu beeinflussen, was bei kreisförmigen Magnetfeldsensoren wegen dem Fehlen der Steuer- und Speise-Schaltung 10 nicht möglich war.

Fig. 1

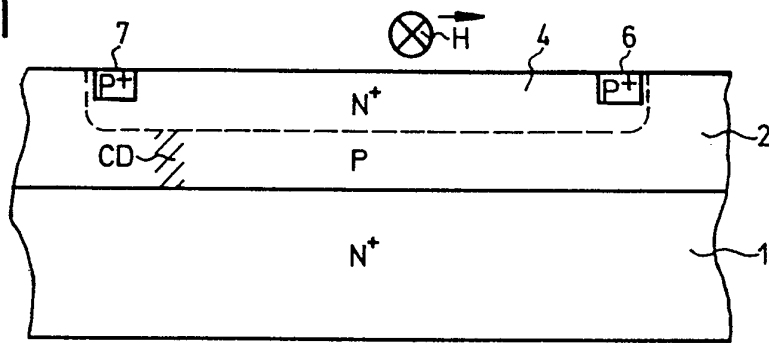


Fig. 2

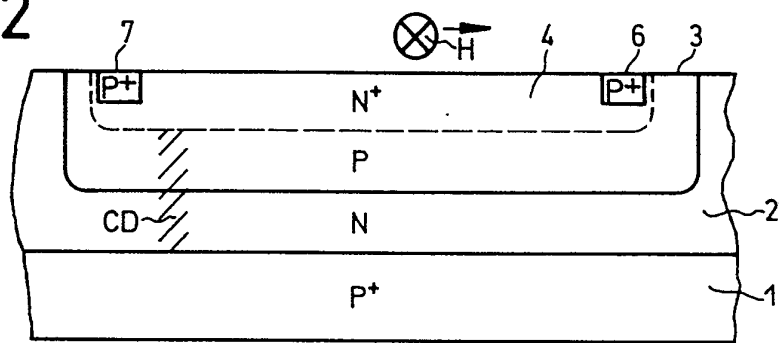


Fig. 3

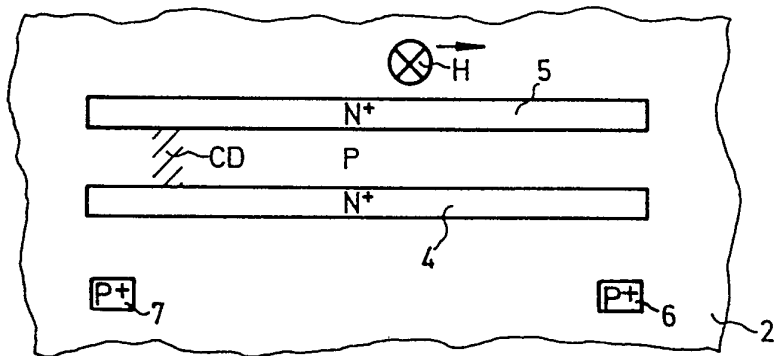


Fig. 4

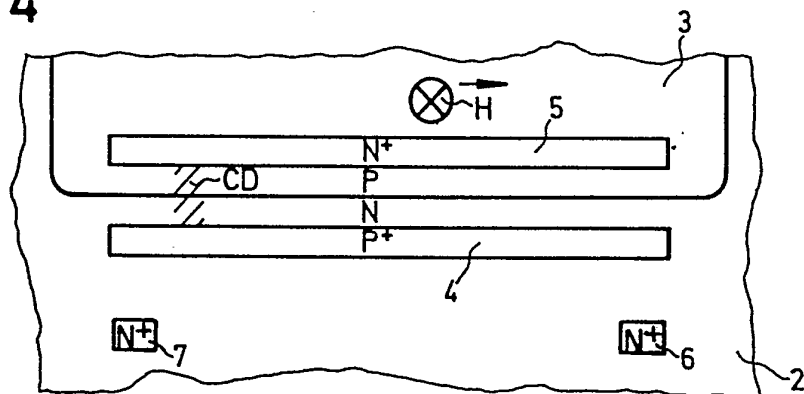


Fig. 5

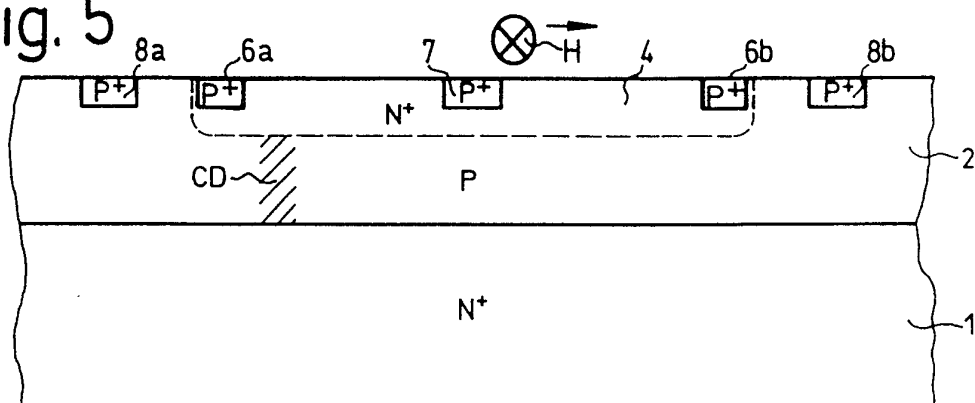


Fig. 6

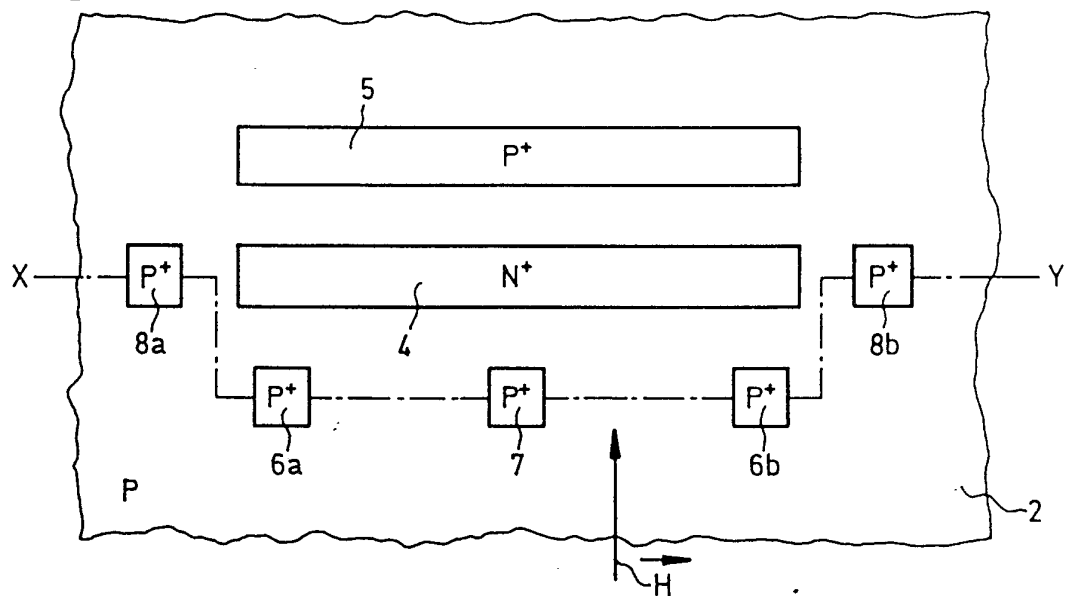


Fig. 7

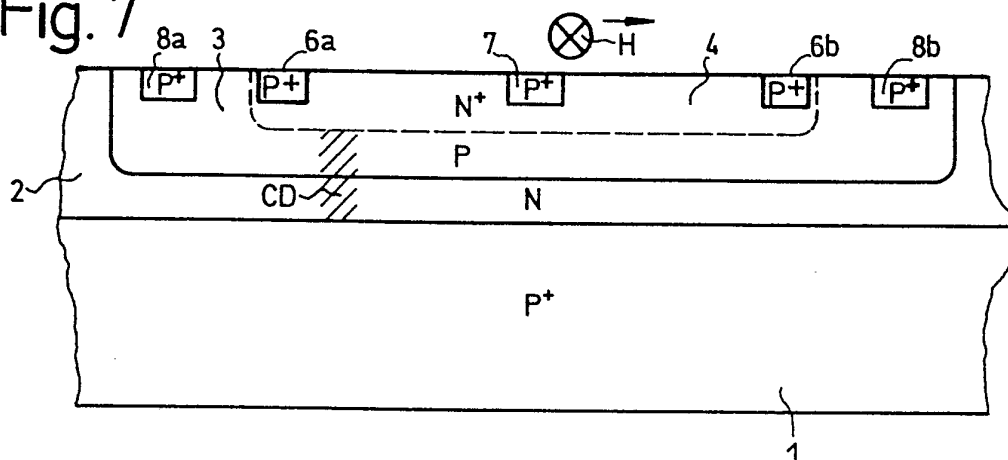


Fig. 8

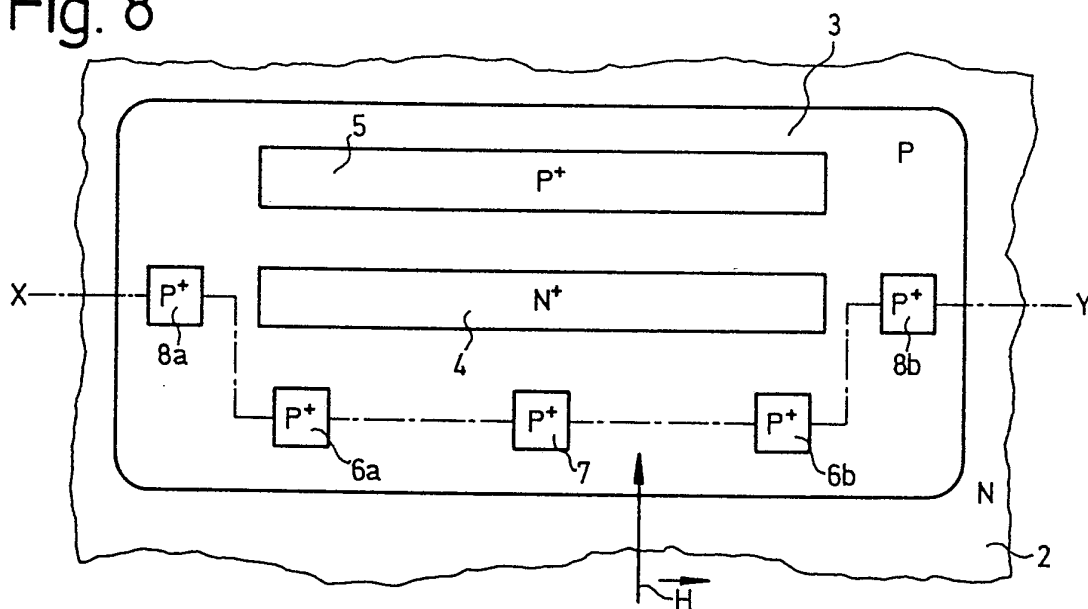


Fig. 9

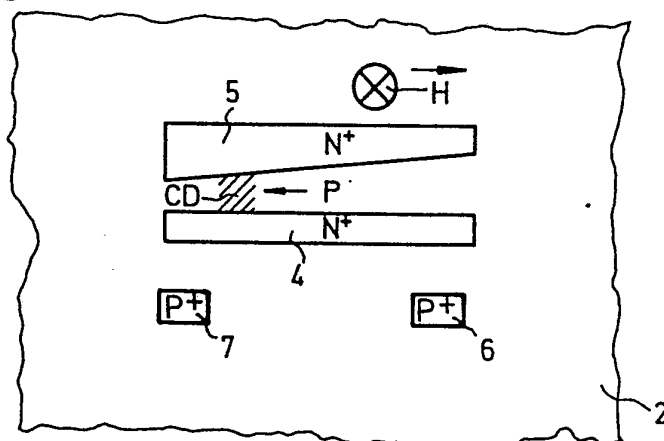


Fig. 10

The circuit diagram, labeled Fig. 10, illustrates a digital logic circuit. It features a D flip-flop (15) with inputs D, Q, and CLN. The D input is connected to a network of logic gates and delay elements (z0, z1, z2, z3). The Q output is connected to a current source (17) and a current mirror (16). The current mirror is connected to a differential pair of transistors (8a, 8b) which are biased by a current source (I_c) and a reference current (I_{Tr}). The differential pair is connected to a pair of inverters (20, 21) which are biased by a current source (V_{T1}) and a reference current (V_{T2}). The output of the inverters is connected to a logic gate (22). The circuit is powered by V_{DD} and ground.

A graph showing the source voltage V_s as a function of time t . The voltage is zero until t_2 , where it begins to rise smoothly, passing through V_{T1} and V_{T2} .