



(10) **DE 10 2006 009 942 B4** 2012.02.09

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 009 942.7**
 (22) Anmeldetag: **03.03.2006**
 (43) Offenlegungstag: **06.09.2007**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **09.02.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 29/78 (2006.01)**
H01L 29/739 (2011.01)
H01L 29/861 (2011.01)
H01L 29/06 (2011.01)

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

(62) Teilung in:
10 2006 062 936.1

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT

(74) Vertreter:
Westphal, Mussgnug & Partner, 80331, München, DE

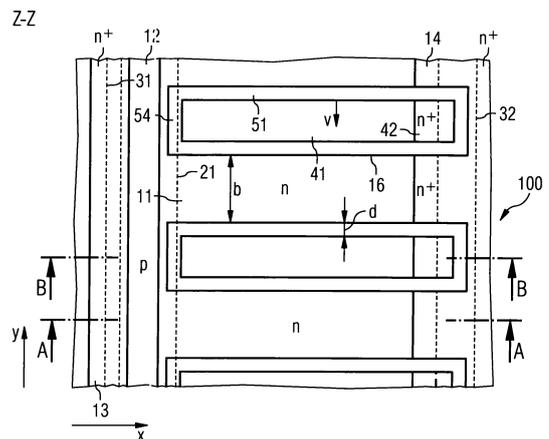
(72) Erfinder:
Sedlmaier, Stefan, Dr., 80995, München, DE;
Mauder, Anton, Dr., 83059, Kolbermoor, DE;
Willmeroth, Armin, 86163, Augsburg, DE; Pfirsch,
Frank, Dr., 81545, München, DE; Schulze, Hans-
Joachim, Dr., 85521, Ottobrunn, DE; Hirler, Franz,
Dr., 84424, Isen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	43 09 764	A1
DE	10 2004 041 198	A1
GB	2 089 118	A
US	6 555 873	B2
US	6 717 230	B2
US	6 853 033	B2
US	2003 / 0 073 287	A1
US	4 754 310	A
US	5 844 272	A
US	5 237 193	A
US	5 216 275	A
US	5 438 215	A
US	4 941 026	A
US	4 903 189	A
EP	1 073 123	A2
EP	1 300 886	A2

(54) Bezeichnung: **Laterales Halbleiterbauelement mit niedrigem Einschaltwiderstand**

(57) Hauptanspruch: Halbleiterbauelement, das aufweist:
 – einen Halbleiterkörper (100) mit einer ersten lateralen Richtung (x),
 – eine erste Bauelementzone (12; 71) und eine zweite Bauelementzone (14), die in der ersten lateralen Richtung (x) des Halbleiterkörpers (100) beabstandet zu der ersten Bauelementzone (12) angeordnet ist,
 – wenigstens eine Driftzone (11), die zwischen der ersten und zweiten Bauelementzone (12, 14) angeordnet ist, wobei die erste Bauelementzone (12; 71) mit der Driftzone einen Bauelementübergang bildet, ausgehend von dem sich bei Anlegen einer Sperrspannung zwischen der Driftzone (11) und der ersten Bauelementzone (12) eine Raumladungszone in der Driftzone (11) ausbreitet,
 – eine Driftsteuerzone (41) aus einem Halbleitermaterial, die benachbart zu der wenigstens einen Driftzone (11) in dem Halbleiterkörper (100) angeordnet ist und die an die zweite Bauelementzone (14) gekoppelt ist,
 – ein Akkumulationsdielektrikum (51), das zwischen der wenigstens einen Driftzone (11) und der wenigstens einen Driftsteuerzone (41) angeordnet...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein laterales Halbleiterbauelement, insbesondere ein Leistungshalbleiterbauelement, mit niedrigem Einschaltwiderstand.

[0002] Ein wesentliches Ziel bei der Entwicklung von Leistungshalbleiterbauelementen besteht darin, möglichst hochsperrende Bauelemente zu erhalten, die dennoch einen niedrigen Einschaltwiderstand haben und die gleichzeitig möglichst geringe Schaltverluste aufweisen.

[0003] Eine Möglichkeit, den Einschaltwiderstand eines Leistungshalbleiterbauelements bei einer gegebenen Sperrfähigkeit zu reduzieren, ist die Verwendung des Kompensationsprinzips, das beispielsweise in US 4,754,310 (Coe), US 5,216,275 A1 (Chen), US 5,438,215 (Tihanyi) oder DE 43 09 764 C2 (Tihanyi) beschrieben ist. Das Kompensationsprinzip besteht darin, in der Driftzone eines Leistungshalbleiterbauelements komplementär zueinander dotierte Halbleiterzonen vorzusehen, die sich im Sperrfall gegenseitig an Ladungsträgern ausräumen. Das Kompensationsprinzip stößt allerdings bei einer zunehmenden Verkleinerung der Strukturbreiten an seine Grenzen, da für ein ordnungsgemäßes Funktionieren eine Mindestbreite der Driftzone in einer Richtung quer zur Stromflussrichtung erforderlich ist.

[0004] Der Einschaltwiderstand eines Leistungshalbleiterbauelements kann auch dadurch reduziert werden, dass eine höhere Dotierung der Driftzone vorgesehen wird und dass benachbart zu der Driftstrecke des Bauelements eine Feldelektrode angeordnet wird, die bei sperrend angesteuertem Bauelement eine Gegenladung zu der in der Driftzone vorhandenen, aus der Dotierung resultierenden Ladung bereitstellt. Diese Gegenladung kompensiert Ladungsträger der Driftzone, so dass bei einer gegebenen Sperrspannung eine höhere Dotierung der Driftzone, und damit ein niedrigerer Einschaltwiderstand, oder bei einer gegebenen Dotierung eine höhere Sperrspannung möglich ist. Derartige Bauelemente sind beispielsweise in US 4,903,189 (Ngo), US 4,941,026 (Temple), US 6,555,873 B2 (Disney), US 6,717,230 B2 (Kocon), US 6,853,033 B2 (Liang) beschrieben. Problematisch sind hierbei die unter Umständen hohen Spannungen, die bei sperrendem Bauelement über der Isolationsschicht zwischen der Driftzone und der Feldelektrode auftreten können, so dass diese Isolationsschicht entsprechend dick sein muss, um eine ausreichende Spannungsfestigkeit zu besitzen. Dies beeinträchtigt allerdings das Akkumulationsverhalten.

[0005] Weitere Bauelemente mit Feldplatten oder Feldelektroden aus einem elektrisch leitenden Material, wie beispielsweise hochdotiertem Polysilizium oder einem Metall, sind in der

DE 10 2004 041 198 A1, der US 5,237,193 A oder der EP 1 300 886 A2 beschrieben.

[0006] Die EP 1 073 123 A2 (Yasuhara) beschreibt einen lateralen Leistungs-MOSFET, der mehrere in einer Driftzone des Bauelements angeordnete Hilfselektroden aufweist, die durch ein Dielektrikum gegenüber der Driftzone isoliert sind. Diese Hilfselektroden bestehen aus einem halbisolierenden Polysilizium (SIPOS), einem Widerstandsmaterial, und sind zwischen einen Source- und einen Drainanschluss des Bauelements geschaltet. Die Hilfselektroden bewirken die Ausbildung einer Verarmungszone (depletion layer) in der Driftzone bei sperrend angesteuertem Bauelement.

[0007] Die GB 2 089 118 A beschreibt einen Leistungs-MOSFET, der eine Widerstandsschicht aufweist, die sich entlang der Driftzone zwischen einer Gateelektrode und einer Drainelektrode erstreckt und die ein elektrisches Feld in der Driftzone mit dem Ziel einer Erhöhung der Spannungsfestigkeit "aufspreizt".

[0008] Die US 5,844,272 (Söderbärg) beschreibt einen lateralen Hochfrequenztransistor mit einer in lateraler Richtung eines Halbleiterkörpers verlaufenden Driftzone und mit einer oberhalb des Halbleiterkörpers benachbart zu der Driftzone angeordneten weiteren Halbleiterzone, die durch eine Isolationsschicht gegenüber der Driftzone isoliert ist. Diese weitere Halbleiterzone ist über eine Diode an die Drainzone angeschlossen und bewirkt bei leitend angesteuertem Bauelement die Ausbildung eines Akkumulationskanals in der Driftzone entlang der Isolationsschicht.

[0009] Die US 2003/0073287 A1 (Kocon) schlägt vor, entlang der Driftstrecke mehrere Feldelektroden, die auf unterschiedlichem Potential liegen, vorzusehen. Dies ist allerdings sehr aufwendig in der Realisierung.

[0010] Bei einem IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) wird der Einschaltwiderstand durch die Überschwemmung der Driftstrecke mittels zusätzlicher Injektion eines zweiten Ladungsträgertyps abgesenkt. Hierdurch ergeben sich jedoch deutlich erhöhte Schaltverluste, da diese zusätzlichen Ladungsträger beim Abschalten des Bauelements wieder entfernt werden müssen.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein laterales Leistungshalbleiterbauelement, mit einer Driftstrecke bereitzustellen, das einen niedrigen Einschaltwiderstand aufweist und das platzsparend realisierbar ist.

[0012] Dieses Ziel wird durch ein laterales Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] Das erfindungsgemäße Leistungshalbleiterbauelement umfasst einen Halbleiterkörper mit einer ersten Seite und einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite. In diesem Halbleiterkörper sind eine erste Bauelementzone und eine zweite Bauelementzone in einer ersten lateralen Richtung des Halbleiterkörpers beabstandet zueinander angeordnet, und zwischen der ersten und zweiten Bauelementzone ist eine Driftzone angeordnet.

[0014] Das Bauelement weist außerdem eine Driftsteuerzone aus einem dotierten oder undotierten bzw. intrinsisch dotierten Halbleitermaterial auf, die in dem Halbleiterkörper angeordnet ist und die an die zweite Bauelementzone gekoppelt ist, wobei ein Akkumulationsdielektrikum zwischen der Driftzone und der Driftsteuerzone angeordnet ist.

[0015] Die Dotierung der Driftsteuerzone des Leistungshalbleiterbauelements ist so gewählt, dass ein Quotient aus der Netto-Dotierstoffladung der Driftsteuerzone in einem an das Akkumulationsdielektrikum angrenzenden Bereich und aus der Fläche des Akkumulationsdielektrikums kleiner ist als die Durchbruchladung des Halbleitermaterials der Driftsteuerzone. Die Driftsteuerzone dient bei leitend angesteuertem Bauelement zur Steuerung eines Akkumulationskanals, d. h. eines Bereiches mit lokal stark erhöhter Ladungsträgerdichte, in der Driftzone entlang des Akkumulationsdielektrikums. Zur Ausbildung dieses Kanals ist eine Potentialdifferenz zwischen der Driftsteuerzone und der Driftzone erforderlich. Die Art der Ladungsträger, also Elektronen oder Löcher, die sich entlang des Akkumulationsdielektrikums akkumulieren, ist dabei von der Polung der Potentialdifferenz nicht jedoch von der Grunddotierung der Driftzone, die auch als undotierte bzw. intrinsisch dotierte Zone realisiert sein kann, abhängig.

[0016] Das Vorhandensein eines solchen Akkumulationskanals führt zu einer erheblichen Reduktion des Einschaltwiderstandes des Leistungshalbleiterbauelements im Vergleich zu Bauelementen, die keine solche Driftsteuerzone aufweisen. Bei gleichem Einschaltwiderstand kann die Grunddotierung der Driftzone des erfindungsgemäßen Bauelements im Vergleich zur Grunddotierung der Driftzone herkömmlicher Bauelemente reduziert werden, woraus eine höhere Spannungsfestigkeit des erfindungsgemäßen Bauelements im Vergleich zu herkömmlichen Bauelementen resultiert.

[0017] Die Driftzone ist über das Akkumulationsdielektrikum kapazitiv mit der Driftsteuerzone gekoppelt, wodurch die Ausbildung des Akkumulationskanals bei leitend angesteuertem Bauelement möglich wird. Diese kapazitive Kopplung und die Einhaltung

der oben angegebenen Dotierungsbedingung für die Driftsteuerzone führen dazu, dass sich bei sperrendem Bauelement, also dann, wenn sich eine Raumladungszone in der Driftzone ausbreitet, in der Driftsteuerzone ebenfalls eine Raumladungszone ausbreitet. Diese sich in der Driftsteuerzone ausbreitende Raumladungszone führt dazu, dass der Potentialverlauf in der Driftsteuerzone dem Potentialverlauf in der Driftzone folgt. Eine Potentialdifferenz bzw. eine elektrische Spannung zwischen der Driftzone und der Driftsteuerzone wird dadurch begrenzt. Diese Spannungsbegrenzung ermöglicht die Verwendung eines dünnen Akkumulationsdielektrikums, was den Vorteil einer verbesserten kapazitiven Kopplung zwischen der Driftsteuerzone und der Driftzone mit sich bringt.

[0018] Die erste Bauelementzone bildet mit der Driftzone insbesondere einen Bauelementübergang, ausgehend von dem sich bei Anlegen einer Sperrspannung zwischen der Driftzone und der ersten Bauelementzone eine Raumladungszone in der Driftzone ausbreitet.

[0019] Bei dem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement handelt es sich insbesondere um ein unipolares Leistungshalbleiterbauelement, wie beispielsweise einen Leistungs-MOSFET oder eine Leistungs-Schottky-Diode. Eine aus einem dotierten oder undotierten Halbleitermaterial bestehende, durch ein Akkumulationsdielektrikum gegenüber einer Driftzone isolierte Driftsteuerzone, die die oben angegebene Dotierungsbedingung erfüllt, kann jedoch auch bei bipolaren Bauelementen, wie Dioden oder IGBTs, vorgesehen werden.

[0020] Bei einem MOSFET, einem IGBT oder einer Diode ist der Bauelementübergang zwischen der ersten und zweiten Bauelementzone ein pn-Übergang. Die erste Bauelementzone bildet bei einem MOSFET oder IGBT dessen Bodyzone, bei einer Diode eine der p- oder n-Emitterzonen. Die zweite Bauelementzone bildet bei einem MOSFET dessen Drainzone, bei einem IGBT oder bei einer Diode die Emitterzone. Ohne Einschränkung wird nachfolgend der Begriff Driftzone für die zwischen der ersten und zweiten Bauelementzone angeordnete Zone des Halbleiterkörpers verwendet.

[0021] Bei einer Schottky-Diode ist der Bauelementübergang zwischen der ersten Bauelementzone und der Driftzone ein Schottky-Kontakt, und die erste Bauelementzone besteht aus einem Schottky-Metall. Die erste Bauelementzone ist bei einer Schottky-Diode deren aus einem Schottky-Metall bestehende Anodenzone.

[0022] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert.

[0023] Fig. 1 zeigt ein als MOSFET ausgebildetes erfindungsgemäßes laterales Leistungshalbleiterbauelement, das mehrere Driftsteuerzonen aufweist, die jeweils durch ein Akkumulationsdielektrikum gegenüber einer Driftzone isoliert sind, anhand verschiedener Schnittdarstellungen eines Halbleiterkörpers in dem bzw. auf dem das Bauelement integriert ist.

[0024] Fig. 2 zeigt ein als MOSFET ausgebildetes Leistungshalbleiterbauelement, bei dem Driftsteuerzonen abschnittsweise durch Tunneldielektrika von der Driftzone getrennt sind.

[0025] Fig. 3 zeigt in perspektivischer Schnittdarstellung einen auf einem SOI-Substrat basierenden lateralen Leistungs-MOSFET mit einer Driftzone und einer Driftsteuerzone.

[0026] Fig. 4 zeigt ein als MOSFET ausgebildete laterales Leistungshalbleiterbauelement, bei dem sich Driftsteuerzonen in einer lateralen Richtung über die gesamte Länge jeweils benachbarter Driftzonen erstrecken.

[0027] Fig. 5 zeigt ein gegenüber dem Bauelement gemäß Fig. 4 abgewandeltes Bauelement, bei dem eine Driftsteuerzone abschnittsweise benachbart zu einer Bodyzone des Leistungs-MOSFET angeordnet ist.

[0028] Fig. 6 zeigt ein weiteres gegenüber dem Bauelement gemäß Fig. 4 abgewandeltes Bauelement, bei der eine Gateelektrode als durchgehende streifenförmige Elektrode realisiert ist.

[0029] Fig. 7 zeigt ein gegenüber dem Bauelement gemäß Fig. 4 abgewandeltes Bauelement, das auf Basis eines SOI-Substrates realisiert ist.

[0030] Fig. 8 zeigt ausschnittsweise ein als Leistungs-MOSFET realisiertes Bauelement, bei dem die Driftsteuerzone über eine erste Diode an eine Drainelektrode und über eine integrierte zweite Diode an eine Sourceelektrode gekoppelt ist.

[0031] Fig. 9 zeigt ausschnittsweise einen Leistungs-MOSFET, bei dem die Driftsteuerzone unmittelbar an die Drainelektrode und über eine Diode an die Sourceelektrode gekoppelt ist.

[0032] Fig. 10 zeigt ausschnittsweise einen Leistungs-MOSFET, bei dem eine Kapazität und eine integrierte Diode zwischen die Driftsteuerzone und die Sourceelektrode geschaltet sind.

[0033] Fig. 11 zeigt ein gegenüber dem Bauelement in Fig. 10 abgewandeltes Bauelement mit externer Diode.

[0034] Fig. 12 zeigt ein gegenüber dem Bauelement in Fig. 10 abgewandeltes Bauelement, bei dem eine weitere Diode zwischen die Driftsteuerzone und eine Gateelektrode geschaltet ist.

[0035] Fig. 13 zeigt ein als MOSFET realisiertes laterales Leistungshalbleiterbauelement, bei dem eine Gateelektrode in einem Graben angeordnet ist und bei dem ein durch die Gateelektrode gesteuerter Inversionskanal in einer vertikalen Richtung verläuft.

[0036] Fig. 14 zeigt einen gegenüber dem MOSFET in Fig. 13 abgewandelten Leistungs-MOSFET, bei dem ein durch die Gateelektrode gesteuerter Inversionskanal in einer lateralen Richtung verläuft.

[0037] Fig. 15 zeigt einen lateralen Leistungs-MOSFET, der mehrere Gateelektrodenabschnitte aufweist, die in lateraler Richtung jeweils in Verlängerung einer Driftsteuerzone angeordnet sind.

[0038] Fig. 16 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines auf einem SOI-Substrat basierenden lateralen Leistungs-MOSFET, dessen Bodyzone an ein Halbleitersubstrat angeschlossen ist.

[0039] Fig. 17 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines auf einem SOI-Substrat basierenden lateralen Leistungs-MOSFET, dessen Bodyzone an ein Halbleitersubstrat angeschlossen ist.

[0040] Fig. 18 veranschaulicht ein mögliches Verfahren zur Herstellung einer mittels eines Akkumulationsdielektrikums von einer Driftzone getrennten Driftsteuerzone.

[0041] Fig. 19 zeigt in perspektivischer Darstellung ein als Schottky-Diode realisiertes laterales Leistungshalbleiterbauelement.

[0042] Fig. 20 zeigt einen lateralen Leistungs-MOSFET mit einer parallel zu einer Vorderseite eines Halbleiterkörpers verlaufenden Driftsteuerzone und einer oberhalb der Vorderseite angeordneten Gateelektrode.

[0043] Fig. 21 zeigt ein gegenüber dem Bauelement in Fig. 20 abgewandeltes Bauelement, bei dem die Gateelektrode in einem Graben angeordnet ist.

[0044] Fig. 22 zeigt ein gegenüber dem Bauelement in Fig. 21 abgewandeltes Bauelement, bei dem die Gateelektrode mehrere Gateelektrodenabschnitte aufweist, die jeweils in Verlängerung einer Driftsteuerzone angeordnet sind.

[0045] Fig. 23 veranschaulicht ein Verfahren zur Herstellung eines Anschlusskontakts, der vergrabene Halbleiterzonen kontaktiert.

[0046] Fig. 24 zeigt ausschnittsweise eine Driftzone eines Leistungshalbleiterbauelements mit darin angeordneten streifenförmigen Driftsteuerzonen.

[0047] Fig. 25 zeigt eine gegenüber der Anordnung in Fig. 24 abgewandelte Anordnung.

[0048] Fig. 26 zeigt eine weitere gegenüber der Anordnung in Fig. 24 abgewandelte Anordnung.

[0049] Fig. 27 zeigt ausschnittsweise eine Driftsteuerzone eines Leistungshalbleiterbauelements mit darin angeordneten streifenförmigen Driftzonen.

[0050] Fig. 28 zeigt ausschnittsweise eine Driftzone eines Leistungshalbleiterbauelements mit darin angeordneten balkenförmigen Driftsteuerzonen.

[0051] Fig. 29 zeigt ausschnittsweise eine Driftsteuerzone eines Leistungshalbleiterbauelements mit darin angeordneten balkenförmigen Driftzonen.

[0052] Fig. 30 zeigt ausschnittsweise eine Driftzone eines Leistungshalbleiterbauelements mit einer darin angeordneten Driftsteuerzone, die einen mäanderförmigen Umfang aufweist.

[0053] Fig. 31 zeigt ausschnittsweise eine Driftsteuerzone eines Leistungshalbleiterbauelements mit einer darin angeordneten Driftzone, die einen mäanderförmigen Umfang aufweist.

[0054] In den Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Bauelementbereiche mit gleicher Bedeutung.

[0055] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Schnittdarstellungen eines Halbleiterkörpers **100** erläutert, der eine erste Seite **101**, die nachfolgend als Vorderseite bezeichnet wird, und eine der ersten Seite gegenüberliegende zweite Seite **102**, die nachfolgend als Rückseite bezeichnet wird, aufweist. Eine vertikale Richtung *v* dieser Halbleiterkörper verläuft senkrecht zu der Vorder- und Rückseite **101**, **102** zwischen diesen beiden Seiten **101**, **102**. Laterale Richtung der Halbleiterkörper verlaufen jeweils parallel zu der Vorder- und Rückseite **101**, **102** und damit senkrecht zu der vertikalen Richtung *v*. Laterale Schnittebenen bezeichnen nachfolgend Schnittebenen parallel zu der Vorder- und Rückseite **101**, **102**, während vertikale Schnittebenen nachfolgend Schnittebenen senkrecht zu der Vorder- und Rückseite **101**, **102** bezeichnen.

[0056] Als MOSFET ausgebildete Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Halbleiterbauelemente werden – ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit der Erfindung – nachfolgend anhand von n-Kanal-MOSFET (n-MOSFET) erläutert, die eine n-dotierte Driftzone **11**, eine p-dotierte Bodyzone **12** und

n-dotierte Source- und Drainzonen **13**, **14** aufweisen. Die Driftzone **11** eines n-Kanal-MOSFET kann allerdings auch undotiert bzw. intrinsisch dotiert sein.

[0057] Die Erfindung ist selbstverständlich jedoch auch auf einen p-Kanal-MOSFET (p-MOSFET) anwendbar, wobei die nachfolgend für einen n-MOSFET erläuterten Bauelementzonen einschließlich des noch erläuterten Halbleitersubstrats **103** bei einem p-MOSFET komplementär zu dotieren sind.

[0058] Die Fig. 1A bis Fig. 1D zeigen ein als MOSFET ausgebildetes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen lateralen Leistungshalbleiterbauelements anhand verschiedener Querschnitte eines Halbleiterkörpers **100**, in dem Bauelementstrukturen des MOSFET integriert sind. Fig. 1A zeigt den Halbleiterkörper **100** in einer lateralen Schnittebene Z-Z, die Fig. 1B und Fig. 1C zeigen den Halbleiterkörper **100** in unterschiedlichen vertikalen Schnittebenen A-A, B-B, deren laterale Position in Fig. 1A dargestellt ist. Fig. 1D zeigt ausschnittsweise eine perspektivische Schnittdarstellung des Halbleiterkörpers **100**.

[0059] Der in Fig. 1 dargestellte Leistungs-MOSFET weist eine Sourcezone **13** und eine Drainzone **14** auf, die in einer ersten lateralen Richtung *x* des Halbleiterkörpers **100** beabstandet zueinander angeordnet und die jeweils n-dotiert sind. An die Drainzone **14** schließt sich eine Driftzone **11** an, die in dem Beispiel vom gleichen Leitungstyp wie die Drainzone **14** ist, die jedoch schwächer als die Drainzone **14** dotiert ist, die allerdings auch undotiert sein kann. Zwischen der Sourcezone **12** und der Driftzone **11** ist eine komplementär zu der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** dotierte Bodyzone **12** angeordnet, die mit der Driftzone **11** einen pn-Übergang bildet, ausgehend von dem sich bei sperrend angesteuertem Bauelement eine Raumladungszone (depletion zone, Verarmungszone) in der Driftzone **11** ausbreiten kann. Diese Bodyzone **12** ist ebenfalls in der ersten lateralen Richtung *x* beabstandet zu der Drainzone **14** angeordnet.

[0060] Zur Steuerung eines Inversionskanals **15** in der Bodyzone **12** zwischen der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** ist eine Gateelektrode **21** vorhanden, die mittels eines Gatedielektrikums **22** isoliert gegenüber dem Halbleiterkörper **100** angeordnet ist. Diese Gateelektrode **21** ist benachbart zu der Bodyzone **12** angeordnet und erstreckt sich von der Sourcezone **13** bis zu der Driftzone **11**. Bei Anlegen eines geeigneten Ansteuerpotentials an die Gateelektrode **21** bildet sich in der Bodyzone **12** ein Inversionskanal entlang des Gatedielektrikums **22** zwischen der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** aus.

[0061] Die Gateelektrode **21** ist in dem dargestellten Beispiel oberhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100** angeordnet, so dass der Inversionskanal **15** in der Bodyzone **12** in der ersten lateralen Rich-

tung x entlang der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100** verläuft. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist diese Gateelektrode in der perspektivischen Darstellung in [Fig. 1D](#) nicht eingezeichnet.

[0062] Die Sourcezone **13** ist durch eine Sourceelektrode **31** und die Drainzone **14** ist durch eine Drainelektrode **32** kontaktiert, die in dem Beispiel jeweils oberhalb der Vorderseite angeordnet sind und deren Position bezogen auf die einzelnen Halbleiterzonen in [Fig. 1A](#) durch strichpunktierte Linien dargestellt ist. Die Sourceelektrode **31** kontaktiert dabei zusätzlich die Bodyzone **12**, um dadurch die Sourcezone **13** und die Bodyzone **12** kurzzuschließen.

[0063] Die Sourcezone **13**, die Bodyzone **12** und die Drainzone **14** sind in dem Beispiel in einer n-Grunddotierung aufweisenden Halbleiterschicht **104** angeordnet und erstrecken sich bezugnehmend auf [Fig. 1A](#) streifenförmig in einer senkrecht zu der ersten lateralen Richtung x verlaufenden zweiten lateralen Richtung y . Die Gateelektrode **21** und die Source- und Drainelektroden **31**, **32** verlaufen ebenfalls streifenförmig in der zweiten lateralen Richtung y .

[0064] Der Leistungs-MOSFET umfasst mehrere Driftsteuerzonen **41** aus einem dotierten oder undotierten Halbleitermaterial, die benachbart zu der Driftzone **11** in dem Halbleiterkörper **104** angeordnet sind und die durch eine erste Dielektrikumsschicht gegenüber der Driftzone **11** isoliert sind. Der Bereich dieser Dielektrikumsschicht, der unmittelbar zwischen der Driftzone **11** und der Driftsteuerzone **41** angeordnet ist, wird nachfolgend als Akkumulationsdielektrikum **51** bezeichnet. Die Driftsteuerzonen **41** sind jeweils solche Zonen, die sich in einer Richtung senkrecht zur Fläche des Akkumulationsdielektrikums **51** an das Akkumulationsdielektrikum **51** anschließen und die somit in einer noch zu erläuternden Weise geeignet sind, einen Akkumulationskanal in der Driftzone **11** zu steuern.

[0065] Die Driftsteuerzonen **41** sind an die Drainzone **14** gekoppelt, was in dem dargestellten Beispiel dadurch erreicht wird, dass die Driftsteuerzonen **41** über Anschlusszonen **42**, die vom gleichen Leitungstyp wie die Driftsteuerzonen **41**, jedoch höher als diese dotiert sind, an die Drainelektrode **32** angeschlossen sind. Die Anschlusszonen **42** bewirken hierbei einen niederohmigen Anschlusskontakt zwischen den Driftsteuerzonen **41** und der Drainelektrode **32**.

[0066] In noch zu erläuternder Weise können die Driftsteuerzonen **41** jeweils über eine Diode an die Drainelektrode **32** angeschlossen sein. Diese Diode ist bei einem n-Kanal-MOSFET von der Drainelektrode **32** zu der Driftsteuerzone **41** in Flussrichtung gepolt und kann bezugnehmend auf [Fig. 1C](#) durch einen pn-Übergang zwischen der Driftsteuerzone **41** und einer komplementär zu der Driftsteuer-

zone **41** dotierten Anschlusszone **43** gebildet sein. Die Drainelektrode **32** kontaktiert hierbei die komplementär dotierte Anschlusszone **43**. Optional kann die komplementär dotierte Anschlusszone **43** in einer in [Fig. 1C](#) dargestellten Weise in die Anschlusszone **42** desselben Leitungstyps wie die Driftsteuerzone eingebettet sein, wobei der pn-Übergang in diesem Fall zwischen den beiden Anschlusszonen **42**, **43** gebildet ist.

[0067] Bei einer alternativen Ausführungsform ist die Driftsteuerzone **41** vom gleichen Leitungstyp wie die Bodyzone **12**, aber niedriger als diese dotiert oder gar undotiert.

[0068] Die Driftsteuerzonen **41** besitzen in dem Beispiel eine plattenförmige bzw. streifenförmige Geometrie und sind in der zweiten lateralen Richtung y beabstandet zueinander und jeweils benachbart zu Abschnitten der Driftzone **11** angeordnet. In der zweiten lateralen Richtung ist hierbei eine Schichtstruktur bzw. Plattenstruktur vorhanden, in der sich Driftzonen **11** und Driftsteuerzonen **41** jeweils getrennt durch ein Akkumulationsdielektrikum abwechseln.

[0069] In vertikaler Richtung v des Halbleiterkörpers **100** erstrecken sich die Driftsteuerzonen **14** ausgehend von der Vorderseite **101** in den Halbleiterkörper **100** hinein, und reichen in dem dargestellten Beispiel bis an das Halbleitersubstrat **103** gegenüber dem sie durch eine weitere Isolationsschicht **52**, beispielsweise eine Oxidschicht, isoliert sind. Das Substrat **103** ist dabei von einem zum Leitfähigkeitstyp der Driftzone **11** komplementären Leitfähigkeitstyp. In der ersten lateralen Richtung x erstrecken sich die Driftsteuerzonen ausgehend von der Drainzone **14**, an die sie elektrisch gekoppelt sind, in Richtung der Bodyzone **12**. Die Driftsteuerzonen **41** können in der ersten lateralen Richtung x hierbei vor der Bodyzone **12** enden oder können sich in dieser Richtung bis in die Bodyzone **12** hinein erstrecken (nicht dargestellt).

[0070] In noch näher zu erläuternder Weise dienen die Driftsteuerzonen **14** bei leitend angesteuertem Bauelement zur Steuerung eines Akkumulationskanals in der Driftzone **11** entlang des Akkumulationsdielektrikums **51**. Vorzugsweise sind die Driftsteuerzonen **41** so ausgebildet, dass sie möglichst nahe bis an den Bereich heranreichen, in dem der durch die Gateelektrode **21** gesteuerte Inversionskanal **15** ([Fig. 1A](#)) der Bodyzone **12** in die Driftzone **11** übergeht. Dieser Inversionskanal **15** bildet sich bei dem Bauelement gemäß [Fig. 1](#) unterhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100** aus, die Driftsteuerzonen reichen daher in vertikaler Richtung v bis an die Vorderseite **101** und in der ersten lateralen Richtung x annähernd bis an die Bodyzone **12**.

[0071] Der Inversionskanal **15** und ein sich entlang des Akkumulationsdielektrikums **51** einer Driftsteuer-

zone **41** in der Driftzone **11** ausbildende Akkumulationskanal, der in **Fig. 1A** mit dem Bezugszeichen **16** bezeichnet ist, verlaufen jeweils um 90° gegeneinander verdreht. Der Inversionskanal **15** breitet sich entlang der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100** aus, während sich die Akkumulationskanäle **16** entlang der in vertikaler Richtung verlaufenden "Seitenwände" der Driftsteuerzonen **41** an dem Akkumulationsdielektrikum in der Driftzone **11** ausbilden.

[0072] Die Driftsteuerzonen **41** bestehen aus einem dotierten oder undotierten, vorzugsweise einkristallinen, Halbleitermaterial, das vom gleichen Leitungstyp wie die Dotierung der Driftzone **11** oder von einem zu dieser Dotierung komplementären Leitungstyp sein kann. Die Driftsteuerzone **41** weist in der Richtung, in der die Driftsteuerzone **41** und die Driftzone **11** parallel zueinander zwischen der Drainzone **14** und der Bodyzone **12** verlaufen – d. h. in **Fig. 1** in der ersten lateralen Richtung x – vorzugsweise denselben Dotierungsverlauf auf, wie der sich in dieser Richtung über denselben Bereich wie die Driftsteuerzone **41** erstreckende Abschnitt der Driftzone **11**.

[0073] Die Driftsteuerzonen **41** sind derart dotiert, dass für jede der Driftsteuerzonen **41** ein Quotient aus der Netto-Dotierstoffladung der Driftsteuerzone **41** und aus der Fläche des des Akkumulationsdielektrikums **51** kleiner ist als die Durchbruchladung des Halbleitermaterials der Driftsteuerzone **41**. Die Netto-Dotierstoffladung bezeichnet dabei das Integral der Netto-Dotierstoffkonzentration der Driftsteuerzone **41** bezogen auf das Volumen der Driftsteuerzone **41**.

[0074] Für die Ermittlung dieses Quotienten ist dabei nur die Fläche des Akkumulationsdielektrikums **51** heranzuziehen, die unmittelbar zwischen der Driftsteuerzone **41** und der Driftzone **11** liegt, wobei für den in **Fig. 1** dargestellten Fall, bei dem eine Driftsteuerzone **41** in der zweiten lateralen Richtung y von beiden Seiten – getrennt durch das Akkumulationsdielektrikum **51** – an die Driftzone **11** angrenzt, die Fläche des Akkumulationsdielektrikums **51** auf beiden Seiten der Driftsteuerzone **41** für die Ermittlung des Quotienten heranzuziehen ist.

[0075] Zur weiteren Erläuterung sei nachfolgend eine der in **Fig. 1** dargestellten Driftsteuerzonen **41** betrachtet, die in der zweiten lateralen Richtung y nach zwei Seiten und in Richtung der Bodyzone **12** von der das Akkumulationsdielektrikum bildenden Dielektrikumsschicht **51** begrenzt sind. Zu Zwecken der Erläuterung sei nachfolgend außerdem der Spezialfall angenommen, dass die Driftsteuerzonen **41** jeweils homogen dotiert und vom gleichen Leitungstyp wie die Drainzone **14** sind und dass die Fläche eines Abschnitts **54** der Dielektrikumsschicht **51**, der die Driftsteuerzone **41** in Richtung der Bodyzone **12** begrenzt, klein ist im Vergleich zu "Seitenflächen" der Dielektrikumsschicht **51**, die die Driftsteuerzone **41**

in der zweiten lateralen Richtung y von der Driftzone **11** trennen. Für diesen Spezialfall ist die zuvor angegebene Dotiervorschrift gleichbedeutend damit, dass das Integral der ionisierten Dotierstoffkonzentration der Driftsteuerzone **41** in einer Richtung r (die in dem Beispiel der zweiten lateralen Richtung y entspricht) senkrecht zu der Dielektrikumsschicht **51** und betrachtet über die gesamte Abmessung der Driftsteuerzone **41** kleiner ist als der zweifache Wert der Durchbruchladung des Halbleitermaterials der Driftsteuerzone **41**. Für Silizium als Halbleitermaterial beträgt diese Durchbruchladung etwa $1,2 \cdot 10^{12} \text{ e/cm}^2$, wobei e die Elementarladung bezeichnet.

[0076] Betrachtet man eine nicht näher dargestellte homogen dotierte Driftsteuerzone, an die sich nur an einer Seite eine Driftzone anschließt, die durch ein Akkumulationsdielektrikum von der Driftsteuerzone getrennt ist, so gilt für diese Driftsteuerzone, dass das Integral der Dotierstoffkonzentration in der Richtung senkrecht zu der Dielektrikumsschicht kleiner ist als der einfache Wert der Durchbruchladung.

[0077] Die Einhaltung der zuvor erläuterten Dotiervorschrift für die Driftsteuerzone **41** bewirkt, dass sich in der Driftsteuerzone **41** in Richtung der Dielektrikumsschicht **51** unabhängig von einem in der Driftzone **11** vorhandenen elektrischen Potential ein elektrisches Feld aufbauen kann, dessen Feldstärke allerdings stets unter der Durchbruchfeldstärke des Halbleitermaterials der Driftsteuerzone **41** liegt.

[0078] Vorzugsweise bestehen die Driftsteuerzonen **41** aus demselben Halbleitermaterial wie die Driftzone **11** und besitzen die gleiche Dotierungskonzentration, wobei deren Abmessungen insbesondere in der zweiten lateralen Richtung y so gewählt sind, dass die oben angegebene Bedingung bezüglich der Netto-Dotierstoffladung bezogen auf die Fläche der Dielektrikumsschicht **51** erfüllt ist.

[0079] Die Funktionsweise des erläuterten lateralen Leistungs-MOSFET wird nachfolgend zunächst für eine leitende Ansteuerung und anschließend für eine sperrende Ansteuerung des Bauelements erläutert.

[0080] Der MOSFET ist leitend angesteuert bei Anlegen eines geeigneten Ansteuerpotentials an die Gateelektrode **21** und durch Anlegen einer geeigneten – im Fall eines n-Kanal-MOSFET positiven – Spannung zwischen Drainzone **14** und Sourcezone **12** bzw. zwischen Drainelektrode **32** und Sourceelektrode **31**. Für einen p-Kanal-MOSFET sind die Spannungen bzw. Potentiale entsprechend zu invertieren. Das elektrische Potential der Driftsteuerzonen **41**, die an die Drainelektrode **32** angeschlossen sind, folgt hierbei dem elektrischen Potential der Drainzone **14**, wobei das elektrische Potential der Driftsteuerzone **41** um den Wert der Durchlassspannung eines pn-Übergangs geringer sein kann als das Potential der

Drainzone **14**, wenn die Driftsteuerzone **41** über einen pn-Übergang an die Drainzone **14** angeschlossen ist.

[0081] Bedingt durch einen unvermeidlich vorhandenen elektrischen Widerstand der Driftzone **11** nimmt bei leitend angesteuertem Bauelement das elektrische Potential in der Driftzone **11** in Richtung der Body-Zone **12** ab. Die an die Drainelektrode **32** angeschlossene Driftsteuerzone **41** liegt dadurch auf einem höheren Potential als die Driftzone **11**, wobei die über dem Akkumulationsdielektrikum **51** anliegende Potentialdifferenz mit zunehmendem Abstand von der Drainzone **14** in Richtung der Bodyzone **12** zunimmt. Diese Potentialdifferenz bewirkt, dass in der Driftzone **11** benachbart zu dem Akkumulationsdielektrikum **51** eine Akkumulationszone bzw. ein Akkumulationskanal entsteht, in der/dem Ladungsträger akkumuliert werden. Diese Ladungsträger sind Elektronen, wenn die Driftsteuerzone **41** – wie in dem Beispiel – auf einem höheren elektrischen Potential als die Driftzone **11** liegt, und im umgekehrten Fall Löcher. Der Akkumulationskanal bewirkt eine Reduktion des Einschaltwiderstandes des Bauelements im Vergleich zu einem herkömmlichen Bauelement, das eine entsprechend der Driftzone **11** dotierte Driftzone jedoch keine Driftsteuerzone aufweist.

[0082] Die bei dem Bauelement erreichte Akkumulationswirkung ist außer von der Spannungsdifferenz zwischen der Driftsteuerzone **41** und der Driftzone **11** von der Dicke (d in [Fig. 1A](#)) des Akkumulationsdielektrikum **51** in der zweiten lateralen Richtung y und von dessen (relativer) Dielektrizitätskonstante abhängig. Die Akkumulationswirkung verstärkt sich hierbei mit abnehmender Dicke d diese Akkumulationsdielektrikums **51** und mit zunehmender Dielektrizitätskonstante. Eine minimal mögliche Dicke dieses Dielektrikums ergibt sich bei leitend angesteuertem Bauelement aus einer maximal vorhandenen Potentialdifferenz zwischen der Driftsteuerzone **41** und der Driftzone **11** und damit aus der maximalen dauerhaften Feldstärkebelastung des Akkumulationsdielektrikums.

[0083] Als Material des Akkumulationsdielektrikums **51** eignet sich beispielsweise ein Halbleiteroxid des zur Realisierung der Driftzone **11** oder der Driftsteuerzone **41** verwendeten Halbleitermaterials, beispielsweise Silizium. Bei typischen dauerhaften Spannungsbelastungen des Akkumulationsdielektrikums **51** von deutlich unter etwa 100 V, beispielsweise zwischen 5 V bis 20 V, und bei Verwendung von Siliziumoxid als Akkumulationsdielektrikum **51** ist die Dicke d des Dielektrikums **51** kleiner als etwa 500 nm und liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 25 nm bis etwa 150 nm.

[0084] Das Bauelement ist sperrend angesteuert, wenn kein geeignetes Ansteuerpotential an der Gate-

elektrode **21** anliegt und wenn eine – im Fall eines n-Kanal-MOSFET positive – Drain-Source-Spannung, d. h. eine – im Fall eines n-Kanal-MOSFET positive – Spannung zwischen der Drainzone **14** und Sourcezone **13** anliegt. Der pn-Übergang zwischen der Driftzone **11** und der Bodyzone **12** ist dadurch in Sperrichtung gepolt, so dass sich in der Driftzone **11** ausgehend von diesem pn-Übergang in Richtung der Drainzone **14** eine Raumladungszone ausbildet. Die anliegende Sperrspannung wird dabei in der Driftzone **11** abgebaut, d. h. die über der Driftzone **11** anliegende Spannung entspricht annähernd der anliegenden Sperrspannung.

[0085] Bedingt durch die sich in der Driftzone **11** ausbreitende Raumladungszone breitet sich im Sperrfall auch in der Driftsteuerzone **41** des Bauelements eine Raumladungszone aus, die im wesentlichen durch die geringe Dotierungskonzentration der Driftsteuerzone bedingt ist, die sich bei Einhaltung der oben angegebenen Dotierungsvorschrift für die Driftsteuerzone **41** ergibt. Der Spannungsabfall an dem Akkumulationsdielektrikum **51** ist dabei auf einen oberen Maximalwert begrenzt, der nachfolgend hergeleitet wird.

[0086] Das Akkumulationsdielektrikum **51** mit seiner Dicke d_{Akku} bildet zusammen mit der Driftsteuerzone **41** und der Driftzone **11** eine Kapazität, für deren flächenbezogenen Kapazitätsbetrag C' gilt:

$$C' = \epsilon_0 \epsilon_r / d_{\text{Akku}} \quad (1)$$

ϵ_0 bezeichnet dabei die Dielektrizitätskonstante für das Vakuum und ϵ_r bezeichnet die relative Dielektrizitätskonstante des verwendeten Dielektrikums, die für Siliziumoxid (SiO_2) etwa 4 beträgt.

[0087] Die Spannung über dem Dielektrikum **51** ist in bekannter Weise gemäß

$$U = Q'/C' \quad (2)$$

abhängig von der gespeicherten Ladung, wobei Q' die auf die Fläche des Dielektrikums **51** bezogene gespeicherte Ladung bezeichnet.

[0088] Die durch diese Kapazität speicherbare Ladung ist durch die Netto-Dotierstoffladung der Driftsteuerzone **41** begrenzt. Unter der Annahme, dass die auf die Fläche des Dielektrikums bezogene Netto-Dotierstoffladung der Driftsteuerzone **41** kleiner ist als die Durchbruchladung Q_{Br} gilt für die über dem Dielektrikum **51** anliegende Spannung U :

$$U = \frac{Q'}{C'} \leq \frac{Q_{\text{Br}}}{\epsilon_0 \epsilon_r} \cdot d_{\text{Akku}} \quad (3)$$

[0089] Die maximal über dem Dielektrizitätskonstante **51** anliegende Spannung steigt also mit dessen Di-

cke d_{Akku} linear und damit in erster Näherung etwa genauso stark an, wie seine Spannungsfestigkeit. Für SiO_2 mit einem ϵ_r von etwa 4 und 100 nm Dicke ergibt sich eine maximale Spannungsbelastung U von 6,8 V, die deutlich unter der zulässigen Dauerbelastung eines solchen Oxids von etwa 20 V liegt. Die Durchbruchladung von Silizium liegt dabei etwa bei $1,2 \cdot 10^{12}/\text{cm}^2$.

[0090] Im Sperrfall baut sich in der Driftsteuerzone **41** damit eine Raumladungszone auf, deren Potentialverlauf sich von dem Potentialverlauf der Driftzone **11** maximal um den Wert der über dem Dielektrikum **51** anliegenden, durch die niedrige Dotierung der Driftsteuerzone begrenzten Spannung unterscheiden kann. Die Spannung über dem Akkumulationsdielektrikum **51** ist dabei stets geringer als dessen Durchbruchspannung.

[0091] Die Spannungsfestigkeit des Bauelements ist maßgeblich bestimmt durch die Dotierungskonzentration der Driftzone **11** und durch deren Abmessungen in der Richtung, in der sich die Raumladungszone ausbreitet, d. h. der ersten lateralen Richtung x bei dem Bauelement gemäß **Fig. 1**. Diese Abmessung wird nachfolgend als "Länge" der Driftzone **11** bezeichnet. Die Spannungsfestigkeit ist hierbei bei genügend schwacher Dotierung um so größer, je größer diese Länge ist und ist annähernd linear von dieser Länge abhängig, wobei bei Verwendung von Silizium als Halbleitermaterial eine Länge von etwa 10 μm bei einer gewünschten Spannungsfestigkeit von 100 V benötigt wird. Die Spannungsfestigkeit nimmt wiederum mit zunehmender Dotierung der Driftzone **11** ab.

[0092] Der Einschaltwiderstand des erfindungsgemäßen Bauelements ist von der Ausbildung des Akkumulationskanals abhängig und nur in geringem Maß von der Dotierungskonzentration der Driftzone **11** abhängig. Die Driftzone **11** kann bei dem erfindungsgemäßen Bauelement zugunsten einer hohen Spannungsfestigkeit niedrig dotiert werden, während ein niedriger Einschaltwiderstand dank des durch die Driftsteuerzone **41** gesteuerten Akkumulationskanals erreicht wird.

[0093] Die maximale Dotierstoffkonzentration N in der Driftzone **11** hängt dabei von der zu sperrenden Spannung U_{max} und der kritischen elektrischen Feldstärke E_{krit} ab, bei der im Halbleitermaterial im Sperrfall der Durchbruch wegen Lawinenmultiplikation (Avalanche Durchbruch) einsetzt und welche bei Silizium etwa bei 200 kV/cm liegt. Für einseitig abrupte pn-Übergänge gilt folgende Beziehung zwischen Dotierung und Sperrspannung:

$$N \leq \frac{Q_{\text{Br}} \cdot E_{\text{krit}}}{2 \cdot e \cdot U_{\text{max}}} \quad (4)$$

[0094] Für Silizium-Bauelemente mit 600 V Sperrfähigkeit muss die Donator- bzw. Akzeptordotierung N der Driftzone **11** also unter etwa $2 \cdot 10^{14}/\text{cm}^3$ liegen.

[0095] Da die Spannungsbelastung des Akkumulationsdielektrikums **51** aus den zuvor erläuterten Gründen stets unter der maximal zulässigen Spannungsbelastung des Akkumulationsdielektrikums **51** liegt, begrenzt das Akkumulationsdielektrikum **51** bei den zuvor angegebenen typischen Dimensionierungen die Spannungsfestigkeit des Bauelements – anders als bei bekannten Feldplattenbauelementen – nicht.

[0096] Bei dem zuvor anhand der **Fig. 1A** bis **Fig. 1D** erläuterten Bauelement, sind die Driftsteuerzonen **41** ausschließlich an die Drainzone **14** angeschlossen. Bei sperrend angesteuertem Bauelement können in den Driftsteuerzonen **41**, die in dem Beispiel n-dotiert sind, bedingt durch eine thermische Generation von Elektronen-Loch-Paaren Löcher akkumuliert werden, die nicht abfließen können. Über der Zeit kann eine dadurch akkumulierte Ladungsmenge so weit ansteigen, dass die maximal zulässige Feldstärke des Akkumulationsdielektrikums **51** erreicht wird und diese Dielektrikum **51** durchbricht.

[0097] Bezugnehmend auf **Fig. 2**, die eine Abwandlung des Bauelements gemäß **Fig. 1** zeigt, kann dies dadurch vermieden werden, dass das Akkumulationsdielektrikum **51** abschnittsweise als Tunnel-dielektrikum **53** ausgebildet ist, welches einen Abfluss der akkumulierten Ladungsträger in die Driftzone **11** ermöglicht, sobald die Durchbruchfeldstärke des Tunnel-dielektrikums **53** erreicht ist und noch bevor die Durchbruchfeldstärke des übrigen Akkumulationsdielektrikums **51** erreicht ist. Bei dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Tunnel-dielektrikum **53** im Bereich des der Bodyzone **12** zugewandten Endes der Driftsteuerzonen **41** angeordnet.

[0098] Als Tunnel-dielektrikum eignen sich beispielsweise Schichten aus Siliziumoxid (SiO_2) oder Siliziumnitrid (Si_3N_4) oder auch mehrlagige Schichten aus Siliziumoxid und Siliziumnitrid. Ebenfalls möglich sind Misch-Dielektrika aus Silizium, Sauerstoff und Stickstoff. Typische Tunnel-Durchbruchfeldstärken liegen im Bereich von 1...2 V/nm. Für ein Tunneloxid **53** mit einer Dicke von 13 nm ergeben sich dadurch maximale Spannungen von 13...26 V, die oberhalb der während des normalen Sperrbetriebs an dem Akkumulationsdielektrikum **51** anliegenden Spannung liegt und die von einem Akkumulationsdielektrikum **51** aus Siliziumoxid mit einer Dicke von beispielsweise 100 nm problemlos ausgehalten wird.

[0099] Vorteilhaft an einer Ladungsträgerakkumulation in der Driftsteuerzone **41** während des Sperrbetriebs ist wiederum, dass die akkumulierten Löcher die Ausbildung des Akkumulationskanals in der

Driftzone **11** bei leitend angesteuertem Bauelement unterstützen. Diese Wirkung hält so lange an, bis die Differenz zwischen dem Potential der Driftzone **11** und der Drainzone **14** unter den Wert der Tunnelspannung abgesunken ist. Danach fließen überzählige Löcher aus der Driftsteuerzone **41** in Richtung der Drainzone **14** bzw. der Drainelektrode **32** ab. Das Tunnelndielektrikum **53** dient außerdem dazu, einen durch thermische Ladungsträgergeneration erzeugten Leckstrom abzuführen, sobald aus der Ladungsanhäufung am Tunnelndielektrikum **53** eine Spannungsdifferenz an dem Tunnelndielektrikum **53** gegenüber der Driftzone **11** resultiert, die die Tunnelspannung überschreitet.

[0100] **Fig. 3** zeigt ein gegenüber dem Bauelement gemäß **Fig. 1** abgewandeltes Bauelement abschnittsweise in perspektivischer Darstellung. Entsprechend der Darstellung in **Fig. 1D** sind aus Gründen der Übersichtlichkeit die Drain- und Sourceelektroden, die die Drain- und Sourcezonen **14**, **13** kontaktieren, bei dem Bauelement in **Fig. 3** nicht dargestellt.

[0101] Der Halbleiterkörper **100** ist bei diesem Bauelement als sogenanntes SOI-Substrat realisiert und umfasst zwischen dem Halbleitersubstrat **103** und der Halbleiterschicht **104**, in der die Driftzone **11** und die Driftsteuerzone **41** sowie die Source- und Drainzonen **13**, **14** integriert sind, eine durchgehende Isolationsschicht **105**. Diese Isolationsschicht, die beispielsweise aus einem Halbleiteroxid besteht, isoliert hierbei sowohl die Driftzone **11** als auch die Driftsteuerzone **41** gegenüber dem Substrat **103**. Das Halbleitersubstrat **103** kann vom selben Leitungstyp wie die Halbleiterschicht **104** oder von einem zu dem Leitungstyp der Halbleiterschicht **104** komplementären Leitungstyp sein.

[0102] Um im Sperrbetrieb eine unerwünschte Ladungsträgerakkumulation in dem Substrat **103** an der Grenzfläche zu der Isolationsschicht **105** zu verhindern, können unter der Sourcezone **13** und/oder unter der Drainzone **14** Aussparung **106** in der Isolationsschicht **105** vorgesehen werden. Diese Aussparung **106** sind mit einem dotiertem oder undotiertem Halbleitermaterial ausgefüllt, das eine Verbindungszone **26** zwischen der Driftzone **11** und dem Substrat **103** bildet. Die Verbindungszone **26** unter der Drainzone **14** bzw. Drainelektrode ist dabei geeignet, in dem Substrat **103** an der Grenzfläche zu der Isolationsschicht **105** akkumulierte Elektronen zur Drainzone **14** abzuführen. Im Falle von im Substrat **103** an der Grenzfläche zur Isolationsschicht **105** akkumulierten Löchern ist die Verbindungszone **26** unter der Sourcezone **13** geeignet, diese Löcher zur Sourcezone **13** abzuführen.

[0103] Die Gateelektrode **21** ist bei dem Bauelement gemäß **Fig. 3** entsprechend dem Bauelement

in **Fig. 1** oberhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100** angeordnet. Diese Gateelektrode **21** und das darunter liegende Gatedielektrikum sind streifenförmig ausgebildet und erstrecken sich in dem Beispiel in der zweiten lateralen Richtung y nur jeweils über die Breite b der einzelnen Abschnitte der Driftzone. Diese Breite b der Driftzone **11** ist gegeben durch den gegenseitigen Abstand zweier unmittelbar benachbarter Driftsteuerzonen **41**. In nicht näher dargestellter Weise kann sich die Gateelektrode **21** in der zweiten lateralen Richtung y über den gesamten Bereich des Halbleiterkörpers **100** oder Teile davon erstrecken, in dem Driftsteuerzonen **41** und Abschnitte der Driftzone **11** angeordnet sind. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass eine seitliche Überlappung der Gateelektrode **21** über Driftsteuerzone **41** erlaubt ist, genauso wie eine Realisierung der Gateelektrode **21** derart, dass diese in der zweiten lateralen Richtung y schmaler ist als die Driftzone **11** in dieser Richtung.

[0104] Die **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** zeigen eine weitere Abwandlung des in **Fig. 1** dargestellten erfindungsgemäßen Leistungs-MOSFET. Entsprechend der **Fig. 1A** bis **Fig. 1D** zeigt **Fig. 4A** das Bauelement in einer nahe der Vorderseite **101** gelegenen lateralen Schnittebene bzw. in Draufsicht auf die Vorderseite **101**, die **Fig. 4B** und **Fig. 4C** zeigen das Bauelement in zwei unterschiedlichen vertikalen Schnittebenen C-C bzw. D-D, und **Fig. 4D** zeigt das Bauelement in perspektivischer Schnittdarstellung.

[0105] Während die Driftsteuerzonen **41** bei dem Bauelement gemäß **Fig. 1** lediglich eine Anschlusszone **42** zum Anschließen an die Drainzone **14** bzw. die Drainelektrode **32** aufweist, weisen die Driftsteuerzonen **41** des Bauelements gemäß **Fig. 4** jeweils eine zweite Anschlusszone **44** auf, die in der ersten lateralen Richtung x beabstandet zu der ersten Anschlusszone **42** angeordnet ist. Diese zweiten Anschlusszonen **44** können in noch zu erläuternder Weise vom gleichen Leitungstyp wie die Dotierung der Driftsteuerzone **41** sein, die zweiten Anschlusszonen **44** können jedoch auch komplementär zu der Dotierung der Driftsteuerzone **41** dotiert sein. In dem dargestellten Beispiel stimmen die geometrischen Abmessungen der zweiten Anschlusszonen **44** mit den geometrischen Abmessungen der in der zweiten lateralen Richtung y jeweils benachbart angeordneten Bodyzonen **12** überein. Die zweiten Anschlusszonen **44** beginnen in der ersten lateralen Richtung x somit auf Höhe der Bodyzonen **12** und erstrecken sich in der vertikalen Richtung v genauso tief in den Halbleiterkörper **100** hinein, wie die Bodyzonen **12**. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Bodyzonen **12** und die zweiten Anschlusszonen **44** durch gleiche Verfahrensschritte, d. h. gleiche Implantations- und/oder Diffusionsschritte, hergestellt werden.

[0106] Es sei darauf hingewiesen, dass die Abmessungen der zweiten Anschlusszonen **44** in lateraler und vertikaler Richtung des Halbleiterkörpers **100** jedoch nicht mit den Abmessungen der Bodyzonen **12** übereinstimmen müssen. Insbesondere besteht die Möglichkeit, dass sich die Driftsteuerzone **41** und die Bodyzone **12** in der ersten lateralen Richtung x des Halbleiterkörpers **100** überlappen, wie dies in **Fig. 5** in einer der Schnittdarstellung gemäß **Fig. 4A** entsprechenden Schnittdarstellung dargestellt ist. Um hierbei Auswirkungen der Driftsteuerzone **41** auf die Schalteigenschaften des Bauelements zu vermeiden, sind benachbart zu der Driftsteuerzone **41** in der Bodyzone **12** hochdotierte Halbleiterzonen **16** vorhanden, die vom gleichen Leitungstyp wie die Bodyzone **12** sind.

[0107] Die Grenzen der zweiten Anschlusszonen **44** und der hochdotierten Halbleiterzonen **16** können in der ersten lateralen Richtung x auch, anders als in **Fig. 5** dargestellt, gegeneinander versetzt sein.

[0108] Bei dem Bauelement gemäß **Fig. 4A** sind die Sourcezone **13** und die Bodyzone **12** gemeinsam durch die Sourceelektrode **31** kontaktiert, während die Drainzone **14** bzw. die mehreren Drainzonenabschnitte durch eine Drainelektrode bzw. durch Drainelektrodenabschnitte **32** kontaktiert sind. Die ersten Anschlusszonen **42** der Driftsteuerzonen **41** sind in dem Beispiel jeweils an erste Anschlusselektroden **33** angeschlossen, deren Verschaltung mit den Drainelektroden **32** noch erläutert werden wird. Die zweiten Anschlusszonen **44** der Driftsteuerzonen **41** sind an zweite Anschlusselektroden der Driftsteuerzonen **41** angeschlossen, deren weitere Verschaltung ebenfalls noch erläutert werden wird.

[0109] Bei dem in den **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** dargestellten Leistungs-MOSFET weist die Gateelektrode **21** mehrere Gateelektrodenabschnitte auf, die sich in der zweiten lateralen Richtung y jeweils nur über die Breite der einzelnen Driftzonen **11** erstrecken. Das Gatedielektrikum **22** kann Bezug nehmend auf **Fig. 4D** dabei als durchgehende streifenförmige Dielektrikumsschicht ausgebildet sein. Das Bezugszeichen **23** bezeichnet in den **Fig. 4B** und **Fig. 4C** eine Isolations- bzw. Passivierungsschicht, welche die Gateelektrode **21** gegenüber der Sourceelektrode **31** isoliert und die die Driftzonen **11** und die Driftsteuerzonen **41** oberhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers überdeckt.

[0110] In nicht näher dargestellter Weise können die Abmessungen der Gateelektroden **21** und/oder des Gatedielektrikums **22** in der zweiten lateralen Richtung y auch von den Abmessungen der Driftzonen **11** in dieser Richtung abweichen. So kann insbesondere eine gemeinsame Gateelektrode **21** vorgesehen sein, die – entsprechend des Gatedielektrikums **22** in

Fig. 4D – als durchgehende Elektrodenschicht realisiert ist.

[0111] Bezug nehmend auf **Fig. 6**, die ein gegenüber dem Bauelement gemäß **Fig. 4** abgewandeltes Bauelement zeigt, kann die Gateelektrode **21** in der zweiten lateralen Richtung y auch als durchgehende streifenförmige Elektrode **21** realisiert sein, die sich in dieser zweiten lateralen Richtung y somit sowohl über die Bodyzonen **12** als auch über die Driftsteuerzonen **41** bzw. deren zweite Anschlusszonen (in der Darstellung gemäß **Fig. 6** nicht sichtbar) verläuft.

[0112] **Fig. 7** zeigt eine weitere Abwandlung des in **Fig. 4** dargestellten Leistungs-MOSFET. Bei diesem Bauelement ist der Halbleiterkörper entsprechend des Bauelements in **Fig. 3** als SOI-Substrat realisiert und weist ein Halbleitersubstrat **103**, eine auf dem Halbleitersubstrat **103** angeordnete Isolationsschicht **105** sowie eine auf der Isolationsschicht angeordnete Halbleiterschicht **104** auf, in der die Driftzonen **11**, die Driftsteuerzonen **41**, die Sourcezonen **13**, die Bodyzonen **12**, die Drainzonen **14** sowie die Anschlusszonen **42**, **44** der Driftsteuerzonen **41** angeordnet sind. Die Gateelektrode **21** erstreckt sich bei dem Bauelement gemäß **Fig. 7** jeweils nur über die Breite einer Driftzone **11**, kann jedoch beliebig von der Breite der Driftzone **11** abweichen und kann entsprechend des Bauelements gemäß **Fig. 6** insbesondere auch als durchgehende streifenförmige Gateelektrode realisiert sein (nicht dargestellt).

[0113] Die Driftsteuerzone **41** bzw. deren erste und zweite Anschlusselektroden **33**, **34** können auf unterschiedliche Weise kontaktiert werden, wie nachfolgend erläutert wird.

[0114] Bei einer ersten in den **Fig. 8A** und **Fig. 8B** dargestellten Ausführungsform ist vorgesehen, die Driftsteuerzone **41** an ihrem drainseitigen Ende über eine erste Diode **61** an die Drainzone **14** bzw. die Drainelektrode **32** und an ihrem sourceseitigen Ende über eine zweite Diode **62** an die Sourcezone bzw. die Sourceelektrode **31** anzuschließen. Diese beiden Dioden **61**, **62** sind in dem Beispiel in dem Halbleiterkörper **100** integriert. Die erste Diode **61** ist durch die im Zusammenhang mit **Fig. 1** erläuterten Anschlusszonen **42**, **43** gebildet, von denen eine **42** vom gleichen Leitungstyp wie die Driftsteuerzone **41** und eine **43** komplementär zu der Driftsteuerzone **41** dotiert ist. Die Drainelektrode **32** und die erste Anschlusselektrode **33** sind bei diesem Bauelement als gemeinsame Elektrode realisiert, die streifenförmig ausgebildet ist und die Driftzonen **14** und die komplementär zu den ersten Anschlusszonen **42** dotierten Anschlusszonen **43** kontaktiert.

[0115] Die erste Diode **61** kann auch als externe Diode (nicht dargestellt) zwischen der Drainelektrode

32 und der ersten Anschlusselektrode **34** realisiert sein.

[0116] Die zweite Diode **62** ist in dem Beispiel dadurch realisiert, dass die zweite Anschlusszone **44** der Driftsteuerzonen **41** als komplementär zu den Driftsteuerzonen **41** dotierte Halbleiterzonen realisiert ist. Die Sourceelektrode **31** und die zweite Anschlusselektrode **34** sind dabei elektrisch leitend miteinander verbunden und können entsprechend der in [Fig. 8B](#) dargestellten Drainelektrode **32** als gemeinsame streifenförmige Elektrode realisiert sein (nicht dargestellt).

[0117] Zur Reduktion eines Kontaktwiderstandes zwischen der zweiten Anschlusselektrode **34** und der zweiten Anschlusszone **44** kann optional eine höher dotierte Halbleiterzone **45** innerhalb der zweiten Anschlusszone **44** vorhanden sein, die durch die zweite Anschlusselektrode **34** kontaktiert ist.

[0118] Die Funktionsweise des in den [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) dargestellten Bauelements wird nachfolgend erläutert.

[0119] Der dargestellte n-Kanal-MOSFET leitet bei Anlegen eines geeigneten Ansteuerpotentials an die Gateelektrode **21**, durch das sich ein Inversionskanal in der Bodyzone **12** zwischen der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** ausbreitet, und bei Anlegen einer positiven Drain-Source-Spannung zwischen der Drainelektrode **32** und der Sourceelektrode **31**. Die erste Diode **61** ist während dieses Betriebszustandes in Flussrichtung gepolt, während die zweite Diode **62** in Sperrrichtung gepolt ist. Die zweite Diode **62** ist dabei so dimensioniert, dass deren Spannungsfestigkeit höher ist als die bei leitend angesteuertem Bauelement anliegende Drain-Source-Spannung. Bedingt durch die während des leitenden Betriebszustandes in Flussrichtung gepolte erste Diode **61** entspricht das elektrische Potential der Driftsteuerzone **41** dem Drainpotential abzüglich der Durchlassspannung der ersten Diode **61**. Dieses Potential der Driftsteuerzone **41** ist wegen des in der Driftzone **11** fließenden Laststroms und des dadurch in der Driftzone **11** erzeugten Bahnspannungsabfalls über weite Bereiche der Driftzone **11** größer als das elektrische Potential in der Driftzone **11**, wodurch der über dem Akkumulationsdielektrikum **51** anliegende Spannungsabfall die Ausbildung des Akkumulationskanals entlang des Akkumulationsdielektrikums **51** in der Driftzone **11** bewirkt.

[0120] Bei sperrend angesteuertem Bauelement, also bei einer hohen positiven Drain-Source-Spannung, jedoch nicht vorhandenem Inversionskanal, breitet sich in der Driftsteuerzone **11** eine Raumladungszone aus. Die Spannung über dem Akkumulationsdielektrikum **51** ist in bereits erläuterter Weise durch die geringe Dotierstoffmenge in den Driftsteu-

erzonen **41** in der zweiten lateralen Richtung y nach oben hin begrenzt. Die zweite Diode **62** ist auch während dieses Betriebszustandes in Sperrrichtung gepolt, wobei die sich bei sperrendem Bauelement in der Driftsteuerzone **41** ausbreitende, durch die Driftzone **11** gesteuerte Raumladungszone, die zweite Diode **62** vor einem Spannungsdurchbruch schützt. Vorzugsweise besitzen die zweite Diode **62** gegen die Driftsteuerzone **41** und die Bodyzone **12** gegen die Driftzone **11** eine ähnlich hohe Sperrfähigkeit, insbesondere wenn die zweite Diode **62** und die Bodyzone **12** während der gleichen Prozess-Schritte hergestellt worden sind.

[0121] Die zweite Diode **62**, über welche die Driftsteuerzone **41** an die Sourcezone bzw. Sourceelektrode **31** angeschlossen ist, ermöglicht bei dem in den [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) dargestellten Bauelement im Sperrbetriebsfall ein Abfließen thermisch generierter Ladungsträger aus der Driftsteuerzone **41**, wodurch ein Spannungsdurchbruch des Akkumulationsdielektrikums **51** in Folge akkumulierter thermischer Ladungsträger verhindert wird.

[0122] Eine zweite Funktion (d. h. Einsperren der Ladung, siehe unten) tritt hier nicht ein, da generierte Löcher immer über das p-Gebiet abfließen können. Wenn – wie im dargestellten Fall – das p-Gebiet direkt mit der Source verbunden ist, kommt es zu keiner Ladungsspeicherung. Wenn das p-Gebiet jedoch über eine externe Diode oder mit einem Kondensator und ggf. einer weiteren Diode zur Begrenzung der Spannung über dem Kondensator mit der Source verbunden ist, tritt der beschriebene Effekt auf.

[0123] Ein "Einsperren" der Ladung in der Driftsteuerzone **41** funktioniert in noch erläuterter Weise dann, wenn eine Verschaltung entsprechend der [Fig. 11](#) oder [Fig. 12](#) vorliegt. Die Dioden **61** und/oder **66** können dabei sowohl integriert oder extern eingebaut werden. Im unteren bzw. rechten Teil der Driftsteuerzone **41** muss lediglich die n⁺-dotierte Zone **42** vorhanden sein.

[0124] Die erste Diode **61** verhindert bei leitend angesteuertem Bauelement hierbei ein Abfließen der Löcher aus der Driftsteuerzone **41** an die Drainelektrode **32**.

[0125] Bezug nehmend auf [Fig. 9](#) kann auf diese erste Diode **61** auch verzichtet werden. Die Folge hiervon sind jedoch erhöhte Durchlassverluste, da keine akkumulierte Löcherladung in der Driftsteuerzone **41** auftreten kann, sondern lediglich der Bahnspannungsabfall in der Driftzone und eine entsprechend erhöhte Drainspannung für die Ausbildung eines Kanals genutzt werden kann.

[0126] Optional besteht die Möglichkeit, zwischen die Source-Elektrode **31** und die Anschlusselektrode

34 eine weitere Diode **65** zu schalten, die in **Fig. 9** gestrichelt dargestellt ist. Diese weitere Diode **65** kann – entsprechend der Diode **61** – als internes oder externes Bauelement realisiert werden und ermöglicht, dass bei sperrend angesteuertem Bauelement in der komplementär zu der Driftsteuerzone **41** dotierten zweiten Anschlusszone **44** p-Ladungsträger, d. h. Löcher, in solchen Bereichen des Akkumulationsdielektrikums **51** akkumuliert werden, die benachbart zu der Bodyzone **12** (deren Position gestrichelt dargestellt ist) liegen. Diese Löcher werden bei einer nachfolgenden leitenden Ansteuerung des Bauelements in der Driftsteuerzone **41** benötigt, um den Akkumulationskanal in der Driftzone **11** entlang des Akkumulationsdielektrikums **51** zu steuern. Bei einem solchen Einschalten werden diese Löcher aus dem nahe der Bodyzone **12** gelegenen Bereich der Driftsteuerzone abgezogen und in Richtung der Drainzone **14** bzw. der ersten Anschlusszone **42** der Driftsteuerzone verschoben. Die Löcherladung aus der als Speicherkapazität bei sperrend angesteuertem Bauelement funktionierenden zweiten Diode **62** werden bei nachfolgend leitend angesteuertem Bauelement in die durch die Driftzone **11**, das Akkumulationsdielektrikum **51** und die Driftsteuerzone **41** gebildete "Akkumulationskapazität" verschoben.

[0127] Der zuvor erläuterte Ladungsspeichereffekt kann bezug nehmend auf **Fig. 10** auch durch eine Kapazität **63** erreicht werden, die zwischen die Sourcelektrode **31** und die zweite Anschlusselektrode **33** geschaltet ist. Diese Kapazität, die in **Fig. 10** schematisch als Kondensator **63** dargestellt ist, kann auf beliebige Weise innerhalb oder außerhalb des Halbleiterkörpers realisiert werden.

[0128] Zur Begrenzung der Spannung über diesem Kondensator **63**, der über den Leckstrom im Sperrfall geladen wird, kann bezugnehmend auf **Fig. 11** eine Diode **66** parallel zu dem Kondensator **63** vorgesehen werden, deren Durchbruchspannung an die Spannungsfestigkeit des Kondensators **63** angepasst ist.

[0129] Sowohl bei dem Bauelement gemäß **Fig. 10** als auch bei dem Bauelement gemäß **Fig. 11** ist die erste Diode **61** zwischen dem drainseitigen Ende der Driftsteuerzone **41** und der Drainzone **14** bzw. Drainelektrode **32** optional vorhanden und daher in den Figuren gestrichelt dargestellt. Diese Diode **61** kann insbesondere – wie die Diode **66** – über Leitbahnen mit den Anschlusselektroden **33** bzw. **34** verbunden werden und vorzugsweise als Diodenstruktur im monokristallinen Halbleitermaterial oder als sog. "Poly-Diode" oberhalb des monokristallinen Halbleiterkörpers **100** angeordnet werden.

[0130] Bei einem weiteren, in **Fig. 12** dargestellten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, die externe Speicherkapazität **63** über eine weitere Diode **64** an

die Gateelektrode **21** anzuschließen. Die Anode dieser weiteren Diode **64** ist dabei an die Gateelektrode **21** und die Kathode ist an die zweite Anschlusselektrode **33** bzw. an den dieser zweiten Anschlusselektrode **33** zugewandten Anschluss der Kapazität **63** angeschlossen. Die weitere Diode **64** bewirkt, dass p-Ladungsträger aus dem Gate-Ansteuerkreis nachgeliefert werden. Selbst bei Vorhandensein der ersten Diode **61**, die ein Abfließen von Löchern aus der Driftsteuerzone **41** an die Drainelektrode **32** verhindert, gehen unvermeidlich p-Ladungsträger durch Rekombination oder über Leckströme verloren und müssen daher nachgeliefert werden. Die weitere Diode **64** bewirkt insbesondere, dass die Kapazität **63** beim ersten leitenden Ansteuern des MOSFET aus dem Gatekreis aufgeladen wird, sofern sie nicht bereits vorher durch einen thermisch in der Driftsteuerzone **41** generierten Sperrstrom aufgeladen wurde. Die Spannungsbegrenzungs-Diode **65** kann hierbei optional parallel zu dem Kondensator **63** geschaltet sein.

[0131] Bei den zuvor erläuterten Bauelementen, bei denen die Gateelektrode **21** oberhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers angeordnet ist, verläuft der Inversionskanal in der Bodyzone **12** unterhalb des Gatedielektrikums **22** im Bereich der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100**. Die effektive Kanalweite ist dabei in etwa bestimmt durch die gesamte Breite der Driftzone **11**, d. h. die Summe der Breiten b (**Fig. 1A**) der einzelnen zwischen zwei Driftsteuerzonen **41** liegenden Driftzonenabschnitte **11**. Bei leitend angesteuertem Bauelement konzentriert sich ein Stromfluss innerhalb der Driftzone **11** in den Akkumulationskanälen, die sich in der Driftzone **11** entlang des Akkumulationsdielektrikums **51** ausbilden. Die Abmessungen dieser Akkumulationszone sind in einer Richtung senkrecht zu dem Akkumulationsdielektrikum **51**, also in der zweiten lateralen Richtung y bei den zuvor erläuterten Bauelementen sehr gering), so dass bei dem erfindungsgemäßen Bauelement der gegenseitige Abstand zweier Driftsteuerzonen **14** bzw. die Breite b der einzelnen Driftzonenabschnitte **11** sehr gering gewählt und annähernd bis auf den zweifachen Wert der Abmessungen des Akkumulationskanals reduziert werden kann, ohne den Einschaltwiderstand des Bauelements wesentlich zu beeinflussen. Mit zunehmender Verringerung des Abstandes zweier Driftsteuerzonen **41**, d. h. mit einer zunehmenden Verringerung der Breite b eines Driftzonenabschnitts **11** verringert sich bei den zuvor erläuterten Bauelementen auch die Kanalweite des für den jeweiligen Driftzonenabschnitt **11** wirksamen Inversionskanals der Bodyzone **12**. Die Abmessungen des Akkumulationsdielektrikums in der zweiten lateralen Richtung liegen beispielsweise im Bereich von weniger als 50 nm.

[0132] Dieses Problem wird bei den nachfolgend anhand der **Fig. 13** bis **Fig. 15** erläuterten Bauelemen-

ten vermieden, bei denen sich die Gateelektrode **21** ausgehend von der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers in vertikaler Richtung in den Halbleiterkörper **100** hinein erstreckt. Die [Fig. 13A](#), [Fig. 14A](#) und [Fig. 15A](#) zeigen die Bauelemente dabei jeweils in Draufsicht auf die Vorderseite des Halbleiterkörpers **100**, in dem sie jeweils integriert sind, während die [Fig. 13B](#), [Fig. 14B](#), [Fig. 15B](#) die Bauelemente in einer ersten vertikalen Schnittebene und die [Fig. 13C](#), [Fig. 14C](#), [Fig. 15C](#) die Bauelemente in einer zweiten vertikalen Schnittebene zeigen.

[0133] Bei dem Bauelement gemäß [Fig. 13](#) ist die Sourcezone **13** innerhalb der Bodyzone **12** angeordnet und die Gateelektrode **21** erstreckt sich in vertikaler Richtung durch die Sourcezone **13**, die Bodyzone **12** bis in die Driftzone **11**. Die Gateelektrode **21** ist dabei in der ersten lateralen Richtung *x* in Verlängerung der Driftzone **11** und in der zweiten lateralen Richtung *y* jeweils beabstandet zu dem Akkumulationsdielektrikum **51** angeordnet. Bei leitender Ansteuerung des Bauelements verläuft ein Inversionskanal in vertikaler Richtung entlang des Gatedielektrikums **21** von der Sourcezone **13** durch die Bodyzone **12** zu der Driftzone **11**. Die Kanallänge dieses Inversionskanals ist hierbei bestimmt durch die Abmessungen der Bodyzone **12** in vertikaler Richtung *v* zwischen der Sourcezone **13** und der Driftzone **11**. Diese Kanallänge ist in den [Fig. 13B](#) und [Fig. 13C](#) mit **1** bezeichnet. [Fig. 13B](#) zeigt hierbei einen vertikalen Querschnitt durch den Halbleiterkörper **100** im Bereich der Gateelektrode **21**, während [Fig. 13C](#) einen Querschnitt durch den Halbleiterkörper **100** in einem Bereich zwischen der Gateelektrode **21** und dem Akkumulationsdielektrikum **51** zeigt.

[0134] Auf die Darstellung eines Querschnitts der Driftsteuerzone und deren Anschlusszonen **42**, **44** ist in [Fig. 13](#) verzichtet. Dieser Querschnitt entspricht dem anhand von [Fig. 4C](#) bereits erläuterten Querschnitt, wobei die Driftsteuerzone **41** in nicht näher dargestellter Weise entsprechend der Ausführungen zu den [Fig. 8](#) bis [Fig. 12](#) mit der Source- und Drainelektrode verschaltet sein kann oder entsprechend der Ausführungen zu [Fig. 1](#) nur an die Drainzone **14** angeschlossen sein kann.

[0135] Der Halbleiterkörper **100** des in [Fig. 13](#) dargestellten Bauelements kann in nicht näher dargestellter Weise entsprechend des Halbleiterkörpers in [Fig. 1](#) realisiert sein, bei dem eine Halbleiterschicht **104** unmittelbar auf ein Halbleitersubstrat **103** aufgebracht ist, während die Driftsteuerzone **41** durch eine weitere Isolationsschicht **52** gegenüber dem Halbleitersubstrat **103** isoliert ist. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das Bauelement gemäß [Fig. 13](#) entsprechend dem Bauelement in [Fig. 3](#) in einem SOI-Substrat zu realisieren, bei dem zwischen einem Halbleitersubstrat **103** und einer Halbleiterschicht **104** eine durchgehende Isolationsschicht **105** vorhanden ist.

[0136] [Fig. 14](#) zeigt eine Abwandlung des in [Fig. 13](#) dargestellten, als Leistungs-MOSFET ausgebildeten Halbleiterbauelements. Bei dem in [Fig. 14](#) dargestellten Bauelement ist eine Länge des Inversionskanals bestimmt durch den Abstand zwischen der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** in der ersten lateralen Richtung *x*. Die Gateelektrode **21** erstreckt sich bei diesem Bauelement in vertikaler Richtung *v* in den Halbleiterkörper hinein und ist so angeordnet, dass sie sich in der ersten lateralen Richtung *x* isoliert durch das Gatedielektrikum **22** von der Sourcezone **13** durch die Bodyzone **12** bis in die Driftzone **11** erstreckt. Bei leitend angesteuertem Bauelement verläuft der Inversionskanal, der eine Länge *l* aufweist, in der ersten lateralen Richtung *x* entlang des Gatedielektrikums **22**.

[0137] Die Sourcezone **13** ist Bezug nehmend auf die [Fig. 14B](#) und [Fig. 14C](#) in der Bodyzone **12** angeordnet und somit sowohl in der ersten lateralen Richtung *x* als auch in der vertikalen Richtung *v* durch die Bodyzone **13** von der Driftzone **11** getrennt. Wie in den [Fig. 14B](#) und [Fig. 14C](#) strichpunktiert dargestellt ist, besteht auch die Möglichkeit, die Sourcezone **13** und die Bodyzone **12** jeweils so zu realisieren, dass sie sich in vertikaler Richtung *v* von der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100** bis an ein unter der Halbleiterschicht **104** angeordnetes Halbleitersubstrat **103** oder an eine Isolationsschicht **105**, bei Verwendung eines SOI-Substrats, erstrecken.

[0138] Alternativ kann auch die Gateelektrode **21** analog zu einem Bauelement nach [Fig. 13](#) in vertikaler Richtung *v* tiefer reichen, als das Bodygebiet **12**, so dass sich im eingeschalteten Zustand ein Inversionskanal sowohl in der ersten lateralen Richtung *x*, als auch in vertikaler Richtung *v* ausbilden kann.

[0139] [Fig. 15](#) zeigt eine Abwandlung des in [Fig. 14](#) dargestellten Bauelements. Bei diesem Bauelement ist die Gateelektrode **21** in der ersten lateralen Richtung *x* in Verlängerung der Driftsteuerzone **41** und in der zweiten lateralen Richtung *y* benachbart zu der Bodyzone **12** angeordnet. Das Akkumulationsdielektrikum **51** und das Gatedielektrikum **22** werden bei diesem Bauelement durch eine gemeinsame Dielektrikumsschicht gebildet, die in der zweiten lateralen Richtung *y* die Driftzone **11** von der Driftsteuerzone **41** und die Bodyzone **12** sowie Abschnitte der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** von der Gateelektrode **21** trennt. In der ersten lateralen Richtung *x* ist die Gateelektrode **21** durch eine weitere Dielektrikumsschicht bzw. Isolationsschicht **24** von der Driftsteuerzone **41** getrennt.

[0140] Bezug nehmend auf die [Fig. 15B](#) und [Fig. 15C](#) ist der Halbleiterkörper **100** dieses Bauelements als SOI-Substrat mit einem Halbleitersubstrat **103**, einer Isolationsschicht **105** und einer Halbleiterschicht **104** realisiert. Bezug nehmend auf [Fig. 15B](#)

erstrecken sich die Body- und Sourcezonen **12**, **13** in vertikaler Richtung *v* des Halbleiterkörpers **100** bis an die Isolationsschicht **105**. Gleiches gilt für die Gateelektrode **21**, die sich in vertikaler Richtung *v* ebenfalls bis an die Isolationsschicht **105** erstreckt. Ein Inversionskanal bildet sich bei diesem Bauelement in der ersten lateralen Richtung *x* in der Bodyzone **12** zwischen der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** entlang des Gatedielektrikums **22** aus.

[0141] In nicht näher dargestellter Weise kann die Bodyzone **13** auch oberhalb der Isolationsschicht **105** enden und die Sourcezone **13** kann vollständig innerhalb der Bodyzone **12** angeordnet sein, um dadurch entsprechend dem Bauelement gemäß **Fig. 13** einen Leistungs-MOSFET mit einem sich in vertikaler Richtung *v* erstreckenden Inversionskanal zu erhalten.

[0142] Die Driftsteuerzone **41** des Bauelements gemäß **Fig. 15** kann entsprechend der Erläuterungen zu den **Fig. 8** bis **Fig. 12** verschaltet werden. Eine zweite Anschlusszone **44** der Driftsteuerzone **41** kann hierbei in der ersten lateralen Richtung *x* benachbart zu der weiteren Isolationsschicht **24** der Gateelektrode **21** in der Driftsteuerzone **41** angeordnet sein.

[0143] Die zweite Anschlusszone **44** kann sich in nicht näher dargestellter Weise in der vertikalen Richtung *v* über die gesamte Tiefe des Bodygebiets **12** erstrecken und/oder kann in dieser vertikalen Richtung bis zur Isolationsschicht **105** reichen.

[0144] Entsprechend der Ausführungen zu den **Fig. 1** bis **Fig. 3** besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, die Driftsteuerzone lediglich über die erste Anschlusselektrode **33** unter Zwischenschaltung oder ohne Zwischenschaltung einer Diode an das Drainpotential zu koppeln.

[0145] Die **Fig. 16** und **Fig. 17** zeigen weitere Ausführungsbeispiele eines auf einem SOI-Substrat basierenden lateralen Leistungs-MOSFET. Der Halbleiterkörper **100**, in dem der MOSFET integriert ist, weist hierbei jeweils ein Halbleitersubstrat **103**, eine auf dem Halbleitersubstrat **103** angeordnete Isolationsschicht **105** sowie eine oberhalb der Isolationsschicht **105** angeordnete Halbleiterschicht **104** auf, in der die aktiven Bauelementzonen des MOSFET integriert sind.

[0146] Bei diesen Bauelementen gemäß der **Fig. 16** und **Fig. 17** weist diese Isolationsschicht **105** eine Aussparung **106** auf, durch welche sich eine an die Bodyzone **12** angrenzende Verbindungszone **17** durch die Isolationsschicht **105** bis in das Halbleitersubstrat **103** erstreckt. Diese Verbindungszone ist vom gleichen Leitungstyp wie die Bodyzone **12**. Das Halbleitersubstrat **103** ist komplementär zu der Verbindungszone **17** dotiert.

[0147] Bei dem Bauelement gemäß **Fig. 16** sind in dem Halbleitersubstrat **103** komplementär zu dem Substrat dotierte Feldzonen **18A**, **18B**, **18C**, **18D** angeordnet, die in der ersten lateralen Richtung *x* beabstandet zueinander angeordnet sind und die sich unmittelbar an die Isolationsschicht **105** anschließen. In der zweiten lateralen Richtung *y* sind diese Feldzonen **18A–18D** in nicht näher dargestellter Weise streifenförmig ausgebildet. Die zu der Verbindungszone **17** nächstliegende Feldzone **18A** ist hierbei unmittelbar an die Verbindungszone **17** angeschlossen. Der laterale Abstand zweier benachbarter Feldzonen **18A–18D** vergrößert sich vorzugsweise mit zunehmendem Abstand zu der Verbindungszone **17**.

[0148] Die Feldzonen **18A–18D** erfüllen die Funktion von Feldringen, wie sie von Randabschlüssen bei Leistungshalbleiterbauelementen bekannt sind und beeinflussen durch die dielektrische Isolationsschicht **105** hindurch die Feldverteilung in der Driftzone **11** mit dem Ziel einer Reduktion der Spannungsbelastung der Isolationsschicht **105** bei einem auf einem gegebenen Potential liegenden Halbleitersubstrat **103**. Dieses Potential kann ein Massepotential bzw. Bezugspotential sein, kann jedoch auch dem Drainpotential entsprechen.

[0149] Dasselbe Ziel wird bei dem Bauelement gemäß **Fig. 17** durch eine komplementär zu dem Halbleitersubstrat **103** dotierte Feldzone **19** erreicht, die so realisiert ist, dass deren in vertikaler Richtung *v* betrachtete Dotierstoffdosis mit zunehmendem Abstand zu der Verbindungszone **17** abnimmt. Eine solche Zone wird auch als VLD-Zone (VLD = Variation of Lateral Doping) bezeichnet.

[0150] Bezug nehmend auf **Fig. 17** kann in der Isolationsschicht **105** unterhalb der Drainzone **14** eine Aussparung **106** vorgesehen werden, durch die eine Verbindungszone **28** von der Drainzone **14** bis an das Halbleitersubstrat **103** reicht. Im Bereich der Aussparung ist optional eine Halbleiterzone **27** vorhanden, die in der ersten lateralen Richtung bis unter die Isolationsschicht **105** reicht und die durch die Verbindungszone **28** kontaktiert ist. Optional können in dem Substrat im Bereich unterhalb der Drainzone **14** Feldringe **29A**, **29B** vorgesehen sein, deren Funktion der Funktion der Feldringe in **Fig. 16** entspricht. Die Verbindungszone **28**, die Halbleiterzone **27** in dem Substrat **27** und die Feldringe sind vorzugsweise vom gleichen Leitungstyp wie die Drainzone **14**. Vorzugsweise sind diese Zonen höher dotiert als die Driftzone **11**.

[0151] Bei den in den **Fig. 16** und **Fig. 17** dargestellten Bauelementen ist die Gateelektrode **21** als planare Elektrode oberhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers angeordnet. Selbstverständlich kann diese Gateelektrode in nicht näher dargestellter Weise auch als Grabenelektrode entsprechend der

Ausführungsbeispiele in den **Fig. 13** bis **Fig. 15** realisiert werden.

[0152] Des Weiteren ist bei den Bauelementen gemäß der **Fig. 16** und **Fig. 17** die Driftsteuerzone **41** über eine Diode, die durch den pn-Übergang zwischen der ersten Anschlusszone **42** und der komplementär zu dieser dotierten Halbleiterzone **43** gebildet ist, an die Drainelektrode **32** angeschlossen. Die Driftsteuerzone **41** ist außerdem über die zweite Anschlusselektrode **34** kontaktiert. Die Verschaltung der Driftsteuerzone **41** kann auf beliebige, anhand der **Fig. 8** bis **Fig. 12** bereits erläuterte Weise erfolgen. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, die Driftsteuerzone **41** lediglich an Drainpotential zu koppeln, wie dies für die Ausführungsbeispiele in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** erläutert wurde.

[0153] Bei den zuvor erläuterten Bauelementen, die nicht auf einem SOI-Substrat basieren, bei denen die Driftzone **11** also unmittelbar an ein darunter liegendes, beispielsweise komplementär zu der Driftzone **11** dotiertes Halbleitersubstrat **103** angrenzt, ist in erläuterter Weise eine Isolationsschicht **52** erforderlich, die die Driftsteuerzone **41** gegenüber dem Halbleitersubstrat **103** isoliert (vgl. beispielsweise **Fig. 1D**). Diese Bauelemente basieren auf einer Grundstruktur, die ein Halbleitersubstrat **103**, auf dem Halbleitersubstrat **103** angeordnete Driftzonen **11** und in lateraler Richtung benachbart zu den Driftzonen **11** angeordnete Driftsteuerzonen **41** aufweist, wobei die Driftsteuerzonen durch ein Akkumulationsdielektrikum **51** von den Driftzonen **11** und durch eine weitere Isolations- bzw. Dielektrikumsschicht **52** gegenüber dem Halbleitersubstrat **103** isoliert sind.

[0154] Ein mögliches Verfahren zur Herstellung einer solchen Bauelementgrundstruktur wird nachfolgend anhand von **Fig. 18** erläutert.

[0155] Bezug nehmend auf **Fig. 18A** bildet den Ausgangspunkt des Verfahrens die Bereitstellung eines Halbleitersubstrats **103**.

[0156] Bezug nehmend auf **Fig. 18B** wird auf einer der Seiten dieses Halbleitersubstrats **103** eine Isolationsschicht **52'** hergestellt. Diese Isolationsschicht **52'** ist beispielsweise eine Oxidschicht, die durch thermische Oxidation hergestellt werden kann, oder ein abgeschiedenes Oxid, wie beispielsweise TEOS (Tetraethylorthosilikat).

[0157] Die Isolationsschicht **52'** wird anschließend durch Entfernen einzelner Abschnitte der Isolationsschicht **52'** derart strukturiert, dass streifenförmige Isolationsschichten **52** entstehen, was im Ergebnis in den **Fig. 18B** und **Fig. 18C** dargestellt ist. **Fig. 18B** zeigt dabei einen Querschnitt durch die Anordnung mit dem Halbleitersubstrat **103** und der strukturierten Isolationsschicht, während **Fig. 18C** eine Drauf-

sicht zeigt. Die einzelnen streifenförmigen Isolationsschichten **52** sind dabei in einer lateralen Richtung, die der zweiten lateralen Richtung y des späteren Bauelements entspricht, beabstandet zueinander angeordnet. Die Breite der verbleibenden Isolationsschichten **52** in dieser zweiten lateralen Richtung y legt die Breite der späteren Driftsteuerzonen fest, während der gegenseitige Abstand zweier solcher Isolationsschichten **52** die Breite der späteren Driftzonen **11** definiert.

[0158] Bezug nehmend auf **Fig. 18E** wird anschließend mittels eines Epitaxieverfahrens eine Halbleiterschicht **104** auf dem Substrat **103** mit der strukturierten Isolationsschicht **52** abgeschieden, wobei die Isolationsschichten **52** hierbei epitaktisch überwachsen werden.

[0159] Je dicker die Halbleiterschicht **104** ausgeführt wird, desto niedriger ist der Einschaltwiderstand des fertigen Transistors. Die Dicke ist begrenzt durch die technischen Möglichkeiten der nachfolgenden Ätz- und Verfüllprozesse und deren Kosten. Typische Dicken liegen im Bereich von 2 μm bis 40 μm .

[0160] Bezug nehmend auf **Fig. 18F** werden anschließend unter Verwendung einer Ätzmaske **200** ausgehend von der Vorderseite **101** des aus dem Halbleitersubstrat **103** und der Halbleiterschicht **104** gebildeten Halbleiterkörpers **100** Gräben in den Halbleiterkörper **100** geätzt, die in der zweiten lateralen Richtung y beabstandet zueinander angeordnet sind und die derart positioniert sind, dass jeweils ein Graben im Bereich eines seitlichen Randes der Isolationsschichten **52** angeordnet ist. Das Ätzen erfolgt beispielsweise mittels eines Ätzmittels, welches die Halbleiterschicht **104** selektiv gegenüber dem Material der Isolationsschicht **52** ätzt, so dass die Isolationsschichten **52** beim Ätzen als Ätzstoppschichten dienen. Die Breite der Gräben **107** ist durch die maximale Spannungsbelastung zwischen der späteren Driftzone **11** und Driftsteuerzone **41** gegeben sowie durch das Verfahren zur Erzeugung der Dielektrikumsschicht. Wird die Dielektrikumsschicht durch thermische Oxidation des Halbleitermaterials hergestellt, so ist der Verbrauch an Halbleitermaterial bei der Grabenbreite zu berücksichtigen. Typische Grabenbreiten liegen zwischen etwa 20 nm und etwa 100 nm bei thermisch oxidierten Dielektrikumsschichten sowie zwischen etwa 30 nm und etwa 200 nm bei dielektrischer Verfüllung der Gräben.

[0161] In diesen Gräben **107** wird anschließend eine Dielektrikumsschicht hergestellt. Diese Dielektrikumsschicht ist beispielsweise eine Oxidschicht und kann vor oder nach Entfernen der Ätzmaske **200** durch eine thermische Oxidation freiliegender Bereiche des Halbleiterkörpers **100** oder durch Abscheidung einer Isolatorschicht beispielsweise in einem CVD-Prozess oder einer Kombination beider Varianten

ten erfolgen. Sofern die thermische Oxidation nach Entfernen der Ätzmaske **200** erfolgt, entsteht eine Oxidschicht auch oberhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100**, die dann – beispielsweise mittels eines anisotropen Ätzverfahrens – wieder zu entfernen ist.

[0162] [Fig. 18G](#) zeigt den Halbleiterkörper **100** nach Durchführung dieser Verfahrensschritte. Basierend auf dieser in [Fig. 18G](#) dargestellten Grundstruktur können die zuvor erläuterten Halbleiterbauelemente realisiert werden, indem mittels üblicher, hinlänglich bekannter Dotierverfahren, die beispielsweise Implantations- und/oder Diffusionsschritte umfassen, die Body-, Source- und Drainzonen **12**, **13**, **14** der MOSFET-Struktur sowie die Anschlusszonen **33**, **34** der Driftsteuerzonen **41** hergestellt werden.

[0163] Die Verwendung einer niedrigdotierten Driftsteuerzone **41** zur Steuerung eines Akkumulationskanals in einer Driftzone **11** eines Leistungshalbleiterbauelements ist nicht auf Leistungs-MOSFET beschränkt, sondern auf beliebige, eine Driftzone aufweisende Leistungshalbleiterbauelemente anwendbar. Der Einsatz einer solchen Driftsteuerzone ist insbesondere anwendbar auf IGBT. Solche IGBT unterscheiden sich von den bisher anhand der Figuren erläuterten Leistungs-MOSFET dadurch, dass die Drainzone **14**, die bei einem IGBT auch als Emitterzone bezeichnet wird, komplementär zu der Driftzone dotiert ist. Besondere Vorteile bietet die Verwendung einer niedrigdotierten Driftsteuerzone **41** zur Steuerung eines Akkumulationskanals in einer Driftzone **11** bei unipolaren Leistungshalbleitern.

[0164] Ein weiteres Anwendungsbeispiel für eine niedrigdotierte, benachbart zu einer Driftzone angeordnete Driftsteuerzone sind Leistungs-Schottky-Dioden. Derartige Schottky-Dioden unterscheiden sich von den bisher erläuterten Leistungs-MOSFET dadurch, dass anstelle der Bodyzone **12** eine Schottky-Metallzone vorhanden ist und das darüber hinaus keine Gateelektrode vorhanden ist.

[0165] [Fig. 19](#) zeigt in Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß [Fig. 3](#) ein Beispiel einer solchen Leistungs-Schottky-Diode. Das Bezugszeichen **71** bezeichnet hierbei die Schottky-Metallzone, die sich an die Driftzone **11** anschließt und die mit der Driftzone **11** einen Bauelementübergang **72** bildet, ausgehend von dem sich bei sperrendem Bauelement, eine Raumladungszone in der Driftzone **11** ausbreitet. Die Schottky-Metallzone **71** bildet bei diesem Bauelement eine Anodenzone, während die in der Driftzone **11** angeordnete hochdotierte Halbleiterzone **14**, die bei einem MOSFET dessen Drainzone bildet, eine Kathodenzone der Schottky-Diode bildet. Diese Schottky-Diode sperrt, wenn eine positive Spannung zwischen der Kathodenzone **14** und der Anodenzone **61** anliegt.

[0166] Bei den bisher erläuterten erfindungsgemäßen Leistungsbauelementen sind die Driftzone **11** und die Driftsteuerzone **41** in der zweiten lateralen Richtung y des Halbleiterkörpers **100** benachbart zueinander und durch das Akkumulationsdielektrikum **51** voneinander getrennt angeordnet. Eine Fläche des Akkumulationsdielektrikums **51**, entlang derer sich der Akkumulationskanal in der Driftzone **11** bei leitend angesteuertem Bauelement ausbreitet, verläuft hierbei senkrecht zu der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers.

[0167] Die [Fig. 20A](#) bis [Fig. 20D](#) zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen lateralen Leistungshalbleiterbauelements. Driftsteuerzonen **41** sind bei diesem Bauelement in einer vertikalen Richtung v eines Halbleiterkörpers **100** benachbart zu einer Driftzone **11** bzw. zu einzelnen Abschnitten dieser Driftzone **11** angeordnet. [Fig. 20A](#) zeigt dieses Halbleiterbauelement in Draufsicht auf eine Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100**, [Fig. 20B](#) zeigt dieses Bauelement in einem vertikalen Querschnitt J-J, [Fig. 20C](#) zeigt das Bauelement in einem weiteren vertikalen Querschnitt K-K und [Fig. 20D](#) zeigt das Bauelement in einer parallel zur Vorderseite **101** verlaufenden lateralen Schnittebene L-L.

[0168] Die einzelnen Driftsteuerzonen **41** sind durch ein Akkumulationsdielektrikum **51** gegenüber der Driftzone **11** isoliert und sind elektrisch an die Drainzone **14** bzw. die Drainelektrode **32** gekoppelt, was in den [Fig. 20B](#) und [Fig. 20C](#) schematisch durch eine die einzelnen Driftsteuerzonen **41** und die Drainelektrode **32** kontaktierende Leitungsverbindung dargestellt ist.

[0169] Zur Kontaktierung der Driftsteuerzonen **41** ist eine erste Anschlusselektrode **33** vorhanden, die sich ausgehend von der Vorderseite **101** in vertikaler Richtung in den Halbleiterkörper hinein erstreckt und die jeweils die Driftsteuerzonen **41** kontaktiert, die gegenüber der Driftzone **11** jedoch isoliert ist. [Fig. 20E](#) zeigt das Bauelement im Bereich dieses Anschlusskontakts **33** im Querschnitt. Der Anschlusskontakt **33** befindet sich dabei an dem der Drainzone **14** zugewandten Ende der Driftsteuerzonen **41**. In der zweiten lateralen Richtung y kann dieser Anschlusskontakt an einer beliebigen Position angeordnet sein. In [Fig. 20A](#) ist eine mögliche Position dieses Anschlusskontakts **33**, der beispielsweise einen quadratischen Querschnitt besitzt, eingezeichnet.

[0170] Der Anschlusskontakt **33** ist oberhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers mittels einer Anschlussverbindung **35** an die Drainelektrode **32** angeschlossen und oberhalb der Vorderseite mittels einer Isolationsschicht **56** zumindest gegenüber der Driftzone **11** isoliert. Das Bezugszeichen **55** in [Fig. 20E](#) bezeichnet eine vertikale Isolationsschicht, welche die Driftzone **11** innerhalb des Halbleiterkör-

pers **100** gegenüber der sich in den Halbleiterkörper **100** hineinerstreckenden Anschlusselektrode **33** isoliert.

[0171] Um die Driftsteuerzonen **41** an ihrem der Bodyzone **12** bzw. der Sourcezone **13** zugewandten Ende kontaktieren zu können ist eine zu der erläuterten ersten Anschlusselektrode **33** entsprechende zweite Anschlusselektrode **34** vorhanden, die sich am body- bzw. sourceseitigen Ende der Driftsteuerzonen **41** in vertikaler Richtung in den Halbleiterkörper **100** hineinerstreckt und die die Driftsteuerzonen **41** kontaktiert, gegenüber den Driftzonen **11** jedoch isoliert ist. Eine mögliche Position dieser zweiten Anschlusselektrode **34**, die optional vorhanden ist, ist in [Fig. 20A](#) ebenfalls gestrichelt eingezeichnet. In den Driftsteuerzonen sind in dem Beispiel zweite Anschlusszonen **44** vorhanden, die komplementär zu den Driftsteuerzonen **41** dotiert sind und die durch die zweite Anschlusselektrode kontaktiert sind.

[0172] Die Driftsteuerzonen **41** können auf eine beliebige, anhand der [Fig. 8](#) bis [Fig. 12](#) erläuterten Weise an die Drainelektrode **32** und die Sourceelektrode **31** angeschlossen werden. Um die Driftsteuerzonen **41** beispielsweise über eine Diode an die Drainelektrode **32** anzuschließen, können in den Driftsteuerzonen **41** im Bereich des Anschlusskontakts **35** Anschlusszonen **43** vorgesehen sein, die komplementär zu den übrigen Bereichen der Driftsteuerzone **41** dotiert sind. Solche Anschlusszonen sind in [Fig. 20E](#) dargestellt. Insbesondere kann zwischen die Anschlusszone **43** und die Driftsteuerzone **41** eine hochdotierte Zone eingebracht werden, die komplementär zur Anschlusszone **43** dotiert ist, und bei Anliegen einer sperrenden Drainspannung den Abfluss akkumulierter Löcher aus der Driftsteuerzone zur Anschlusselektrode **33** hin verhindern kann. Entsprechend können zum Anschließen der Driftsteuerzonen **41** an die Sourceelektrode **31** in den Driftsteuerzonen **41** im Bereich des weiteren Anschlusskontakts **37** komplementär zu der Driftsteuerzone **41** dotierte Anschlusszonen **44** vorgesehen sein.

[0173] Bei dem in [Fig. 20](#) dargestellten Bauelement weist die Bodyzone **12** komplementär zu der Driftzone **11** dotierte Abschnitte **18** auf, die sich in der ersten lateralen Richtung x in Richtung der Drainzone **14** erstrecken. Durch diese Gestaltung der Bodyzonen **18** sind die sperrenden pn-Übergänge von Driftzonen **11** und Driftsteuerzonen **41** in der ersten vertikalen Richtung x übereinander und somit der Verlauf der elektrischen Feldstärke und der Raumladungszonen in diesen beiden Halbleiterbereichen praktisch gleich. Dadurch reduziert sich die statische Spannungsbelastung über dem Akkumulationsdielektrikum **51** im Sperrbetrieb.

[0174] Die Gateelektrode **21** des in [Fig. 20](#) dargestellten MOSFET ist als planare Elektrode oberhalb

der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers angeordnet. Die Sourcezone **13** ist vollständig von der Bodyzone **12** umgeben, wobei sich bei leitend angesteuertem Bauelement unterhalb der Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers **100** ein Inversionskanal in der ersten lateralen Richtung x zwischen der Sourcezone **13** und der Driftzone **11** ausbildet. Die Flächen des Akkumulationsdielektrikums **51** zwischen den Driftsteuerzonen **41** und der Driftzone **11** verlaufen im dargestellten Beispiel parallel zur Vorderseite **101**, so dass sich Akkumulationskanäle in den Driftzonen **11** bei leitend angesteuertem Bauelement ebenfalls parallel zur Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers ausbilden.

[0175] Die [Fig. 21A](#) bis [Fig. 21C](#) zeigen eine Abwandlung des in [Fig. 20](#) dargestellten Bauelements. Bei diesem Bauelement ist die Gateelektrode **21** als Trench-Elektrode realisiert, die sich ausgehend von der Vorderseite **101** in vertikaler Richtung in den Halbleiterkörper **100** hineinerstreckt. [Fig. 21A](#) zeigt eine Draufsicht auf die Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Darstellung von Source-, Drain- und Gateelektroden verzichtet ist. [Fig. 21B](#) zeigt einen durch die Gateelektrode **21** gehenden vertikalen Querschnitt des Bauelements. [Fig. 21C](#) zeigt einen vertikalen Querschnitt des Bauelements in einer Ebene, die in der zweiten lateralen Richtung y beabstandet zu der Gateelektrode **21** liegt.

[0176] Die Gateelektrode **21** des Bauelements ist derart angeordnet, dass sie sich umgeben von dem Gatedielektrikum **22** in der ersten lateralen Richtung x von der Sourcezone **13** durch die Bodyzone **12** bis in die Driftzone **11** erstreckt. Bei leitend angesteuertem Bauelement bildet sich hierbei ein Inversionskanal in der Bodyzone **12** entlang der Seitenflächen der Gateelektrode **21** in der ersten lateralen Richtung aus.

[0177] Die Driftsteuerzonen **41** sind in nicht näher dargestellter Weise entsprechend der Driftsteuerzonen **41** des Bauelements in [Fig. 20](#) über die erste Anschlusselektrode **33** ([Fig. 21A](#)) an die Drainelektrode **32** und über die optional vorhandene zweite Anschlusselektrode **34** ([Fig. 21A](#)) an die Sourceelektrode **31** anschließbar.

[0178] Die Gatestruktur kann auch entsprechend der Ausführungen zu [Fig. 14](#), einschließlich der dort angegebenen Alternativen ausgeführt sein.

[0179] Die [Fig. 22A](#) bis [Fig. 22D](#) zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel eines lateralen Leistungs-MOSFET, bei dem Driftsteuerzonen **41** in vertikaler Richtung v eines Halbleiterkörpers **100** benachbart zu Abschnitten einer Driftzone **11** angeordnet sind. [Fig. 22A](#) zeigt dabei eine Draufsicht auf die Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers, die [Fig. 22B](#) und [Fig. 22C](#) zeigen vertikale Querschnitte des Halbleiterkörpers in zwei in der zweiten lateralen Richtung

y beabstandet zueinander angeordneten Schnittebenen O-O und P-P. [Fig. 22D](#) zeigt einen lateralen Querschnitt durch den Halbleiterkörper in einer in den [Fig. 22B](#) und [Fig. 22C](#) dargestellten Schnittebene Q-Q.

[0180] Die Gateelektrode **21** weist bei diesem Bauelement mehrere Elektrodenabschnitte auf, die in vertikaler Richtung v des Halbleiterkörpers **100** beabstandet zueinander angeordnet sind. Die einzelnen Gateelektrodenabschnitte **21** sind in der ersten lateralen Richtung x bei diesem Bauelement jeweils benachbart zu den Driftsteuerzonen **41** angeordnet und durch eine Isolationsschicht **24** gegenüber diesen Driftsteuerzonen **41** isoliert. Die Bodyzone **12** weist mehrere Bodyzonenabschnitte auf, von denen jeweils einer in der ersten lateralen Richtung x anschließend an einen Abschnitt der Driftzone **11** und in vertikaler Richtung v benachbart zu mindestens einem Abschnitt der Gateelektrode **21** angeordnet ist. Das zwischen einem Gateelektrodenabschnitt **21** und einem Bodyzonenabschnitt **12** angeordnet Gatedielektrikum **22** und das Akkumulationsdielektrikum **51**, das zwischen der zu dem Gateelektrodenabschnitt **21** benachbarten Driftsteuerzone **41** und der anschließend an den Bodyzonenabschnitt **12** angeordneten Driftzone **11** ausgebildet ist, ist bei diesem Bauelement durch eine gemeinsame Dielektrikumschicht gebildet.

[0181] An die Bodyzonenabschnitte **12** schließen sich in der ersten lateralen Richtung x jeweils Abschnitte der Sourcezone **13** an, die durch eine Sourceelektrode **31** kontaktiert sind, die sich ausgehend von der Vorderseite **101** in vertikaler Richtung in den Halbleiterkörper **100** hineinerstreckt.

[0182] Die einzelnen Gateelektrodenabschnitte **21**, die einzelnen Bodyzonenabschnitte **12** sowie die einzelnen Sourcezonenabschnitte **13** sind bei diesem Bauelement entsprechend der Driftsteuerzonen **41** und der Driftzonen **11** in der zweiten lateralen Richtung y streifenförmig ausgebildet.

[0183] Entsprechend der Sourcezone **13** weist die Drainzone **14** bei diesem Bauelement ebenfalls mehrere Abschnitte auf, wobei sich jeweils ein Drainzonenabschnitt **14** an einen Driftzonenabschnitt **11** anschließt. Die einzelnen Drainzonenabschnitte **14** sind durch eine Drainelektrode **32** kontaktiert, die sich ausgehend von der Vorderseite **101** in vertikaler Richtung in den Halbleiterkörper **100** hineinerstreckt. Die einzelnen Drainzonenabschnitte **14** sind entsprechend der Sourcezonenabschnitte **13** in der zweiten vertikalen Richtung y streifenförmig, und damit langgestreckt ausgebildet.

[0184] Die Driftsteuerzonen **41** sind bei diesem Bauelement in der ersten lateralen Richtung x durch vertikale Isolationsschichten **57** gegenüber der Drainelek-

trode **32** bzw. gegenüber einer Halbleiterzone **45**, die zwischen diese Isolationsschicht **57** und der Drainelektrode **32** angeordnet ist, isoliert.

[0185] Die Driftsteuerzonen **41** sind in nicht näher dargestellter Weise entsprechend der Driftsteuerzonen **41** des Bauelements in [Fig. 20](#) über die erste Anschlusselektrode **33** ([Fig. 21A](#)) an die Drainelektrode **32** und über die optional vorhandene zweite Anschlusselektrode **34** ([Fig. 21A](#)) an die Sourceelektrode **31** anschließbar. Eine mögliche Position der ersten und zweiten Anschlusselektroden **33**, **34** ist in [Fig. 22A](#) dargestellt. Bezug nehmend auf [Fig. 22A](#) können innerhalb der einzelnen Driftsteuerzonen **41** komplementär zu der Driftsteuerzone **41** dotierte Anschlusszonen **44** vorhanden sein, die durch die Anschlusselektrode **34** kontaktiert sind. Auf diese Weise kann eine Diode zum Anschließen der Driftsteuerzone **41** an die Sourceelektrode **31** bzw. die Sourcezone **13** realisiert werden.

[0186] Das Vorsehen von Driftsteuerzonen **41**, die in vertikaler Richtung eines Halbleiterkörpers jeweils benachbart zu Driftzonenabschnitten **11** angeordnet sind, ist selbstverständlich nicht auf die in den [Fig. 20](#) bis [Fig. 22](#) erläuterten Leistungs-MOSFET beschränkt, sondern solche Driftsteuerzonen **41** können bei beliebigen, eine Driftzone aufweisenden Leistungsbaulementen, insbesondere Schottky-Dioden, vorgesehen werden. Schottky-Dioden unterscheiden sich von den zuvor erläuterten MOSFET dadurch, dass keine Gateelektroden vorhanden sind und das anstelle der Body- und Sourcezonen eine Schottky-Metallzone vorgesehen ist, die sich an die Driftzone anschließt.

[0187] Bei den anhand der [Fig. 20](#) bis [Fig. 22](#) erläuterten lateralen Leistungsbaulementen sind stapelartige Bauelementstrukturen vorhanden, bei denen in vertikaler Richtung v des Halbleiterkörpers **100** aufeinanderfolgend eine Halbleiterschicht als Driftzone **11**, eine Dielektrikumsschicht als Akkumulationsdielektrikum **51** und eine weitere Halbleiterschicht als Driftsteuerzone **41** und auf dieser Driftsteuerzone eine weitere Dielektrikumsschicht als weiteres Akkumulationsdielektrikum **51** vorhanden sind. Diese Struktur kann sich in vertikaler Richtung mehrfach wiederholen, um in vertikaler Richtung des Halbleiterkörpers jeweils abwechselnd mehrere Driftzonen **11** und mehrere Driftsteuerzonen **41** zu realisieren, die jeweils durch ein Akkumulationsdielektrikum **51** voneinander getrennt sind. Die Halbleiterschichten, die die einzelnen Driftzonen **11** bzw. die einzelnen Driftzonenabschnitte und die einzelnen Driftsteuerzonen **41** bilden, können dabei in vertikaler Richtung jeweils gleiche Abmessungen besitzen und jeweils gleiche Dotierungskonzentrationen aufweisen.

[0188] Schichtanordnungen, bei denen abwechselnd eine Halbleiterschicht und eine Dielektrikums-

schicht vorhanden ist, lassen sich auf unterschiedliche Weise erzeugen:

Ein mögliches Verfahren zur Herstellung eines solchen Schichtstapels besteht darin, in einer Halbleiterschicht in unterschiedlichen Tiefen vergrabene Isolationsschichten herzustellen. Hierzu werden Sauerstoffionen über eine Oberfläche in die Halbleiterschicht implantiert. An diese Sauerstoffimplantation schließt sich ein Temperaturschritt an, der in den Bereichen, in die Sauerstoff eingebracht wurde, die Entstehung eines Halbleiteroxids bewirkt, welches eine Isolationsschicht bildet. Die Implantationsenergie, mit der die Sauerstoffionen in den Halbleiterkörper implantiert werden, bestimmt die Eindringtiefe der Sauerstoffionen und damit die Position der Isolationsschicht in vertikaler Richtung der Halbleiterschicht. Durch Anwendung unterschiedlicher Implantationsenergien lassen sich durch dieses Verfahren mehrere Isolationsschichten erzeugen, die in der Bestrahlungsrichtung beabstandet zueinander angeordnet sind.

[0189] Mittels dieses Verfahrens lassen sich auch Isolationsschichten erzeugen, die senkrecht zur Oberfläche der Halbleiterschicht verlaufen. Hierzu erfolgt die Sauerstoffimplantation maskiert unter Verwendung einer Maske, wobei die Maske die Position und die Abmessungen der Isolationsschicht in lateraler Richtung der Halbleiterschicht und die angewendete Implantationsenergie die Position und die Abmessungen dieser Isolationsschicht in vertikaler Richtung der Halbleiterschicht bestimmen.

[0190] Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Schichtstapels, der abwechselnd eine Halbleiterschicht und eine Dielektrikumsschicht aufweist, sieht zunächst die Herstellung eines Halbleiterschichtstapels vor, der abwechselnd eine Siliziumschicht und eine Silizium-Germanium-Schicht aufweist. Ein solcher Halbleiterschichtstapel kann durch epitaktische Abschaltung in bekannter Weise hergestellt werden. Die Abmessungen der Silizium-Germanium-Schichten in vertikaler Richtung des entstehenden Schichtstapels, d. h. senkrecht zu den einzelnen Schichten, sind dabei geringer als die Abmessungen der einzelnen Siliziumschichten. In diesen Schichtstapeln werden anschließend ausgehend von der Vorderseite Gräben erzeugt, über welche durch ein Ätzmittel selektiv Bereiche der Silizium-Germanium-Schichten ausgehend von den Gräben weggeätzt werden, so dass Hohlräume zwischen jeweils zwei in vertikaler Richtung jeweils benachbarten Siliziumschichten entstehen. In diesen Hohlräumen wird anschließend ein Halbleiteroxid erzeugt, indem bei geeigneten Oxidationstemperaturen ein oxidierendes Gas über den zuvor erzeugten Graben in die Hohlräume des Schichtstapels eingebracht wird.

[0191] Ein weiteres Verfahren zur Erzeugung eines Schichtstapels, der abwechselnd Halbleiterschichten

und Isolationsschichten aufweist, besteht darin, das anhand der [Fig. 18A](#) bis [Fig. 18E](#) erläuterte Verfahren, bei dem Isolationsschichten epitaktisch mit einer Halbleiterschicht überwachsen werden, mehrfach durchzuführen, d. h. auf eine aufgewachsene Epitaxieschicht erneut eine strukturierte Isolationsschicht und auf diese erneut eine Epitaxieschicht aufzuwachsen.

[0192] Ein Schichtstapel, der abwechselnd Halbleiterschichten und Isolationsschichten aufweist, kann außerdem durch Anwendung des sogenannten SmartCut-Verfahrens hergestellt werden. Bei einem SmartCut-Verfahren ist grundsätzlich vorgesehen, von einer Halbleiterschicht eine dünne Halbleiterschicht dadurch "abzusprengen", dass Wasserstoffionen in eine gegebene Tiefe implantiert und anschließend ein Temperaturschritt durchgeführt wird. Dieses SmartCut-Verfahren lässt sich zur Herstellung eines Halbleiter-Isolator-Schichtstapels verwenden, indem mittels eines Waferbonding-Verfahrens eine Isolationsschicht aufweisende Halbleiterschicht derart auf eine weitere, an der Oberfläche oxidierte Halbleiterschicht aufgebracht wird, dass die Isolationsschicht zwischen diesen beiden Halbleiterschichten angeordnet ist. Mittels des SmartCut-Verfahrens wird die aufgebondete Halbleiterschicht dann derart abgesprengt, dass auf der Trägerschicht die Isolationsschicht und eine dünne Schicht der aufgebondeten Halbleiterschicht verbleibt. Auf diese dünne Halbleiterschicht, die anschließend oxidiert wird, wird dann erneut eine mit einer Isolationsschicht versehene Halbleiterschicht aufgebondet und die aufgebondete Schicht wird erneut mittels des SmartCut-Verfahrens abgesprengt. Diese Verfahrensschritte können mehrfach durchgeführt werden, um einen Halbleiter-Isolator-Schichtstapel herzustellen.

[0193] Ein weiteres mögliches Verfahren zur Herstellung vergrabener Oxidschichten besteht darin, in eine Halbleiterschicht Gräben zu ätzen und die Halbleiterschicht anschließend in einer Wasserstoffatmosphäre aufzuheizen. Durch diesen Temperaturschritt entstehen aus den Gräben abgeschlossene Hohlräume in der Halbleiterschicht, die anschließend oxidiert werden. Die Positionierung der einzelnen Hohlräume ausgehend von einer Oberfläche der Halbleiterschicht wird hierbei durch die Tiefe, der in die Halbleiterschicht geätzten Gräben und die Wahl des Ätzprozesses, der die Seitenwandgeometrie bestimmt, vorgegeben. So werden beispielsweise beim sogenannten "Boschprozess" anisotrope und isotrope, die Seitenwand passivierende Phasen bei der Grabenätzung abwechselnd durchgeführt, was zu einer regelmäßigen Struktur der Grabenwand mit Ausbuchtungen, den sogenannten "Scallops" führt. Durch geeignete Wahl des Verhältnisses der Breiten der mit isotroper Ausbuchtungen anisotrop und damit schmaler geätzten Bereichen lässt sich das Bilden von Kammern begünstigen. Die Oxidation des Halbleitermate-

rials in den Hohlräumen mit dem Ziel, eine Isolationschicht in dem Hohlraum herzustellen, erfordert die Herstellung eines weiteren Grabens, durch welchen die Hohlräume geöffnet werden.

[0194] Ein zu lösendes Problem bei der Herstellung der anhand der **Fig. 20** bis **Fig. 22** erläuterten Bauelemente, bei denen die Driftsteuerzonen **41** und die Driftzonen **11** in vertikaler Richtung übereinander liegend angeordnet sind, besteht darin, eine Anschlusselektrode, wie beispielsweise die zuvor erläuterten Anschlusselektroden **33**, **34** der Driftsteuerzone **41** oder die die Drainelektrode **32** des Bauelements gemäß **Fig. 22** herzustellen, die sich ausgehend von der Vorderseite **101** in den Halbleiterkörper hineinstrecken, und die nur jede zweite Halbleiterschicht des Schichtstapels, d. h. entweder nur jede Driftzone **11** oder nur jede Driftsteuerzone **41** kontaktiert. Ein Verfahren, welches dieses Problem löst wird nachfolgend anhand der **Fig. 23A** bis **Fig. 23F** für die Herstellung einer nur die Driftzonen **11** kontaktierenden Drainelektrode **32** erläutert. Das Verfahren ist dabei entsprechend auf die Herstellung der ersten und zweiten Anschlusselektroden **33**, **34** der Bauelemente der **Fig. 20** bis **Fig. 22** anwendbar.

[0195] **Fig. 23A** zeigt den Halbleiterkörper **100** zu Beginn des Verfahrens, in dem in vertikaler Richtung v die Driftzonen **11** und die Driftsteuerzonen **41** übereinanderliegend und jeweils getrennt durch ein Akkumulationsdielektrikum **51** angeordnet sind. Erste Halbleiterschichten, die die späteren Driftzonen **11** des Bauelements bilden, sind dabei mit dem Bezugszeichen **111** bezeichnet, und zweite Halbleiterschichten, die die späteren Driftsteuerzonen **41** des Bauelements bilden, sind dabei mit dem Bezugszeichen **141** bezeichnet. In den ersten Halbleiterschichten **111** sind in vertikaler Richtung v des Halbleiterkörpers **100** übereinander vertikale Isolationsschichten **57** angeordnet, die sich in vertikaler Richtung jeweils zwischen zwei Akkumulationsdielektrikumsschichten **51** erstrecken.

[0196] Bezug nehmend auf **Fig. 23B** wird in diese Anordnung anschließend ausgehend von der Vorderseite **101**, auf die in dem Beispiel ebenfalls eine Isolationsschicht aufgebracht ist, ein Graben **117** erzeugt, der sich in vertikaler Richtung v ausgehend von der Vorderseite **101** in den Halbleiterkörper hinein erstreckt und der oberhalb oder auf der in vertikaler Richtung ausgehend von der Vorderseite untersten Dielektrikumsschicht **51'** des Schichtstapels endet. Die Herstellung des Grabens erfolgt in der ersten lateralen Richtung x beabstandet zu den Isolationbereichen **57** außerhalb des Bereichs der ersten Halbleiterschichten, die die späteren Driftzonen **11** bilden.

[0197] Die Herstellung des Grabens kann mittels eines Ätzverfahrens unter Verwendung einer die latera-

le Position und die lateralen Abmessungen des Grabens definierenden Ätzmaske erfolgen.

[0198] Bezug nehmend auf **Fig. 23C** werden anschließend mittels eines isotropen Ätzverfahrens ausgehend von Seitenwänden des Grabens **117** die zwischen jeweils zwei Dielektrikumsschichten **51** liegenden Halbleiterschichten **111**, **141** in der ersten lateralen Richtung teilweise entfernt. Bei den Halbleiterschichten, die abschnittsweise die späteren Driftzonen **11** bilden, funktionieren die vertikalen Isolationbereiche **57** als Ätzstopp, so dass im Bereich dieser Halbleiterschichten das Halbleitermaterial ausgehend von dem Graben **117** nur bis zu diesen Isolationbereichen **57** entfernt wird. Das Ätzverfahren wird dabei so lange durchgeführt, bis im Bereich der zweiten Halbleiterschichten **141**, die die späteren Driftsteuerzonen **41** bilden, das Halbleitermaterial in der ersten lateralen Richtung x bis hinter die in den ersten Halbleiterschichten **111** angeordneten Isolationbereiche **57** entfernt wurde. Im Bereich der der Isolationbereiche **57** gegenüberliegenden Seitenwand **117'** des Grabens **117** werden die Halbleiterschichten während dieses isotropen Ätzverfahrens gleichermaßen entfernt.

[0199] Ergebnis dieses isotropen Ätzverfahrens ist, dass die Halbleiterschichten, die die späteren Driftzonen **11** bilden, in der ersten lateralen Richtung x auf einer Seite des ursprünglichen Grabens **117** weiter in Richtung der Aussparung ragen, als die Halbleiterschichten, die die späteren Driftsteuerzonen **41** bilden. Ausgehend von der durch das isotrope Ätzverfahren hergestellten Aussparung **118** sind die Driftsteuerzonen **41** in der ersten lateralen Richtung x somit gegenüber den Driftzonen **11** zurückgesetzt.

[0200] Während weiterer Verfahrensschritte, deren Ergebnis in **Fig. 23D** dargestellt ist, werden innerhalb der durch den isotropen Ätzprozess hergestellten Aussparung **118** Isolationsschichten **58**, **59** auf freiliegenden Bereichen der Halbleiterschichten erzeugt. Dies sind auf einer Seite des Grabens nur die zweiten Halbleiterschichten **141**, die die Driftsteuerzonen **41** bilden. Die neu erzeugten Isolationsschichten sind in diesem Bereich mit dem Bezugszeichen **58** bezeichnet. Auf der gegenüberliegenden Seite der Aussparung und an nicht dargestellten, in der zweiten lateralen Richtung y beabstandet zueinander angeordneten Seitenwänden, werden die vertikalen Isolationsschichten an freiliegenden Bereichen der ersten und zweiten Halbleiterschichten **111**, **141** hergestellt und sind in **Fig. 23D** mit dem Bezugszeichen **59** bezeichnet.

[0201] **Fig. 23E** zeigt die Anordnung nach weiteren Verfahrensschritten, bei denen ausgehend von der Vorderseite **101** eine weitere Aussparung **119** in den Schichtstapel geätzt wird, die derart positioniert ist, dass deren eine Seitenfläche in der ersten lateralen

Richtung zwischen den ursprünglich in den ersten Halbleiterschichten **111** vorhandenen ersten vertikalen Isolationsbereichen **57** und den später an den freiliegenden Seiten der zweiten Halbleiterschichten **141** erzeugten zweiten vertikalen Isolationsbereichen **58** angeordnet ist. Die ersten vertikalen Isolationsbereiche **57** werden hierbei entfernt, wodurch die ersten Halbleiterschichten **111** in der weiteren Aussparung **119** frei liegen, während die zweiten Halbleiterschichten in der Aussparung **119** durch die zweiten Isolationsbereiche überdeckt sind.

[0202] Auf der den ursprünglichen ersten Isolationsbereichen **57** gegenüberliegenden Seite der neu erzeugten Aussparung **119** liegt die Seitenwand dieser Aussparung innerhalb der zweiten Isolationsbereiche **58**, so dass in diesem Bereich lediglich in der ersten lateralen Richtung *x* verlaufende Stege der Dielektrikumsschichten **51**, jedoch kein Halbleitermaterial und auch keine der vertikalen Isolationsschichten **59** entfernt wird. Gleiches gilt an den nicht dargestellten in der zweiten lateralen Richtung *y* gegenüberliegenden Seiten der Aussparung **119**.

[0203] Den Abschluss des Verfahrens bildet Bezug nehmend auf **Fig. 23F** das Abscheiden einer Elektroden-schicht in der Aussparung **119**, wodurch eine Anschlusselektrode **32** entsteht. Diese Elektrode **32** bildet in dem Beispiel die Drainelektrode **32** und kontaktiert die nach Entfernen der Isolationsbereiche **57** an den Seitenwänden der Aussparung freiliegenden ersten Halbleiterschichten **111**, die dort die Driftzonen **11** bilden. Gegenüber den zweiten Halbleiterschichten **141**, die in Bereichen benachbart zu den Driftzonen **11** die Driftsteuerzonen **41** bilden, ist die Elektrode **32** durch die zweiten Isolationsbereiche **58** isoliert.

[0204] In nicht näher dargestellter Weise kann vor Abscheiden der Elektroden-schicht zur Herstellung der Elektrode **32** ein Implantationsverfahren durchgeführt werden, bei dem Dotierstoffatome in die freiliegenden Bereiche der Driftzonen **11** implantiert werden, um dadurch hochdotierte Anschlusszonen zu erzeugen. Die Implantation erfolgt hierbei unter einem Winkel schräg gegenüber der Senkrechten.

[0205] Das zuvor anhand der **Fig. 23A** bis **Fig. 23F** erläuterte Verfahren zur Herstellung einer nur jede zweite der Halbleiterschichten kontaktierenden Anschlusselektrode kann in entsprechender Weise auch zur Herstellung der die Driftsteuerzonen **41** kontaktierenden Anschlusselektroden (**36**, **37** in den **Fig. 20** bis **Fig. 22**) verwendet oder zur Herstellung der Sourcelektrode **31** verwendet werden.

[0206] Die Driftsteuerzonen **41** der bislang erläuterten Leistungshalbleiterbauelemente sind jeweils in Stromflussrichtung des Bauelements langgestreckt in der Driftzone **11** ausgebildet. Diese Stromflussrichtung entspricht bei einem MOSFET der Richtung zwi-

schen der Bodyzone **12** und der Drainzone **14** und stimmt bei den bislang erläuterten Ausführungsbeispielen mit der ersten lateralen Richtung *x* des Halbleiterkörpers **100** überein. In einer Richtung quer zu dieser Stromflussrichtung verlaufen die Driftsteuerzonen bei den Bauelementen gemäß der **Fig. 1** bis **Fig. 17** und **Fig. 19** jeweils senkrecht zur Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers und bei den Ausführungsbeispielen der **Fig. 20** bis **Fig. 22** jeweils parallel zur Vorderseite **101** des Halbleiterkörpers. Bei den Bauelementen gemäß der **Fig. 20** bis **Fig. 22** können sich die Driftsteuerzonen in der zweiten lateralen Richtung *y* bis zu einem Rand des Halbleiterkörpers bzw. einem Randabschluss des Halbleiterkörpers erstrecken.

[0207] Bezug nehmend auf die nachfolgend erläuterten **Fig. 24** bis **Fig. 31** sind auch Kombinationen der bislang erläuterten Geometrien der Driftsteuerzonen **41** anwendbar. Die **Fig. 24** bis **Fig. 31** zeigen in perspektivischer Darstellung jeweils einen Abschnitt der Driftzonen **11** und Driftsteuerzonen **41** eines Leistungshalbleiterbauelements.

[0208] Bezug nehmend auf die **Fig. 24A** und **Fig. 24B** können die Driftsteuerzonen **41** streifenförmig ausgebildet und in der Driftzone **11** umgeben von dem Akkumulationsdielektrikum **51** angeordnet sein. Akkumulationskanäle können sich bei diesem Bauelement in der Driftzone **11** sowohl in vertikaler Richtung oberhalb und unterhalb der Driftsteuerzonen **41**, als auch in lateraler Richtung benachbart zu den Driftsteuerzonen **41** ausbilden.

[0209] Der Halbleiterkörper **100** kann in bekannter Weise ein Halbleitersubstrat **103** und eine auf das Halbleitersubstrat aufgebrachte Halbleiterschicht **104** umfassen, wobei das Substrat **103** und die Halbleiterschicht **104** komplementär zueinander dotiert sein können oder vom gleichen Leitungstyp sein können. Eine Grunddotierung dieser Halbleiterschicht **104** kann hierbei der Dotierung der Driftzone **11** entsprechen.

[0210] Bezug nehmend auf **Fig. 25** kann optional eine Isolationsschicht **105** zwischen dem Halbleitersubstrat **103** und der Halbleiterschicht **104** angeordnet sein, die damit die Driftzone **100** gegenüber dem Halbleitersubstrat **103** isoliert.

[0211] Bei den Bauelementen gemäß der **Fig. 24** und **Fig. 25** ist die ausgehend von der Vorderseite **101** unterste Driftsteuerzone **41** beabstandet zu dem Halbleitersubstrat **103** angeordnet. Eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 24**, bei der die unterste Driftsteuerzone **41** bis an das Halbleitersubstrat **103** reicht, ist in **Fig. 26** dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zwischen der untersten dieser Driftsteuerzonen **41** und dem Halbleitersubstrat

103 eine Isolationsschicht vorhanden, die diese Driftsteuerzone gegen das Halbleitersubstrat **103** isoliert.

[0212] **Fig. 27** zeigt eine Abwandlung der in **Fig. 26** dargestellten Anordnung. Hierbei sind die Driftzonen **11** streifenförmig ausgebildet und in der Driftsteuerzone **41** angeordnet. Zwischen der Driftsteuerzone **41** und den Driftzonen **11** ist entsprechend das Akkumulationsdielektrikum **51** vorhanden. Wenigstens zwischen der Driftsteuerzone **41** und dem Halbleitersubstrat **103** ist hierbei eine Isolationsschicht **52** angeordnet, während eine unterste der Driftzonen **11** sich unmittelbar an das Halbleitersubstrat **103** anschließt. Das Halbleitersubstrat **103** kann dabei vom gleichen Leitungstyp oder von einem zu der untersten Driftzone **11** komplementären Leitungstyp sein. Optional kann hierbei eine weitere Isolationsschicht zwischen der untersten Driftzone **11** und dem Halbleitersubstrat **103** vorgesehen werden (nicht dargestellt).

[0213] Bei den zuvor erläuterten streifenförmigen Ausgestaltungen der Driftsteuerzonen **41** oder der Driftzonen **11** sind die Abmessungen dieser Zonen **41**, **11** in der zweiten lateralen Richtung *y* größer als in vertikaler Richtung, woraus eine streifenförmige Geometrie dieser Bauelementzonen resultiert. Alternativ kann die streifenförmige Ausgestaltung auch dadurch erreicht werden, dass die Abmessungen der Zonen **41**, **11** in der vertikalen Richtung größer sind als in der zweiten lateralen Richtung *y*.

[0214] Die **Fig. 28A** und **Fig. 28B** zeigen eine Abwandlung des in **Fig. 25** dargestellten Bauelements, wobei die Driftsteuerzonen **41** hierbei "balkenförmig" realisiert sind, d. h. in einer durch die vertikale Richtung *v* und die zweite laterale Richtung *y* gebildeten Schnittebene einen wenigstens annähernd quadratischen Querschnitt besitzen. In der ersten lateralen Richtung *x* sind diese Driftsteuerzonen entsprechend langgestreckt ausgebildet.

[0215] Eine in **Fig. 28A** dargestellte Isolationsschicht **105** zwischen dem Halbleitersubstrat **103** und der Halbleiterschicht **104** bzw. der Driftzone **11** ist optional vorhanden. Das Halbleitersubstrat **103** kann vom gleichen Leitungstyp wie die Driftzone **11** oder komplementär zu dieser Driftzone **11** dotiert sein.

[0216] Die **Fig. 29A**, **Fig. 29B** zeigen eine Abwandlung der Anordnung gemäß **Fig. 28**, wobei die Driftzonen **11** hierbei eine balkenförmige Geometrie aufweisen und getrennt durch das Akkumulationsdielektrikum **51** sowohl in vertikaler als auch lateraler Richtung von der Driftsteuerzone **41** umgeben sind. Die Driftsteuerzone **41** ist hierbei durch die weitere Isolationsschicht **52** gegenüber dem Halbleitersubstrat **103** isoliert. Das Halbleitersubstrat kann hierbei von einem zu der Driftsteuerzone **41** gleichen Leitungstyp oder komplementären Leitungstyp sein.

[0217] Bei der Anordnung gemäß der **Fig. 30** ist die Driftsteuerzone **41** in der ersten lateralen Richtung *x* langgestreckt ausgebildet und weist eine derartige Geometrie auf, dass das Akkumulationsdielektrikum **51** in der vertikalen Richtung *v* eine mäanderartige Geometrie aufweist. Die Driftsteuerzone **41** ist hierbei getrennt durch das Akkumulationsdielektrikum **51** vollständig von der Driftzone **11** umgeben. Die Driftzone **11** und die Driftsteuerzone **41** sind in der Halbleiterschicht **104** angeordnet, die oberhalb des Halbleitersubstrat **103** angeordnet ist und die optional mittels einer Isolationsschicht **105** gegenüber dem Halbleitersubstrat **103** isoliert ist.

[0218] **Fig. 31** zeigt eine Abwandlung der Anordnung gemäß **Fig. 30**, bei der die Driftzone **11** von der Driftsteuerzone **41** umgeben ist und bei der die Driftzone **11** eine solche Geometrie aufweist, dass das zwischen der Driftzone **11** und der Driftsteuerzone **41** angeordnete Akkumulationsdielektrikum **51** in vertikaler Richtung *v* eine mäanderartige Geometrie aufweist.

[0219] Eine solche mäanderartige Geometrie des Akkumulationsdielektrikums ist insofern vorteilhaft, da bei einem gegebenen Volumen des zur Realisierung der Driftzone **11** und der Driftsteuerzone **41** benötigten Halbleitermaterials eine große Fläche des Akkumulationsdielektrikums **51** und damit eine große Breite des sich bei leitend angesteuertem Bauelement ausbildenden Akkumulationskanals realisierbar ist.

Bezugszeichenliste

11	Driftzone
12	Bodyzone
13	Sourcezone
14	Drainzone
15	Inversionskanal
16	Akkumulationskanal
21	Gateelektrode
22	Gatedielektrikum
23, 24	Isolationsschichten
31	Sourceelektrode
32	Drainelektrode
33, 34	Anschlusselektroden
35	Anschlussverbindung
41	Driftsteuerzone
42–44	Anschlusszonen
51	Akkumulationsdielektrikum
52–59	Isolationsschichten
61, 62	Dioden
63	Kapazität
64, 65, 66	Dioden
71	Schottky-Metall
72	Schottky-Übergang
100	Halbleiterkörper
101	Vorderseite des Halbleiterkörpers
102	Rückseite des Halbleiterkörpers

103	Halbleitersubstrat
104	Halbleiterschicht
105	Isolationsschicht
106	Aussparung der Isolationsschicht
	105
107	Aussparung
111	Halbleiterschicht, spätere Driftzone 11
117–119	Aussparungen, Gräben
117'	Seitenwand
141	Halbleiterschicht, spätere Driftsteuerzone 41
200	Ätzmaske
17	Verbindungszone
19	Dotierte Halbleiterzone
26	Verbindungszone
27	Halbleiterzone
28	Verbindungszone
29A, 29B	Feldzonen

Patentansprüche

1. Halbleiterbauelement, das aufweist:

- einen Halbleiterkörper (**100**) mit einer ersten lateralen Richtung (x),
- eine erste Bauelementzone (**12; 71**) und eine zweite Bauelementzone (**14**), die in der ersten lateralen Richtung (x) des Halbleiterkörpers (**100**) beabstandet zu der ersten Bauelementzone (**12**) angeordnet ist,
- wenigstens eine Driftzone (**11**), die zwischen der ersten und zweiten Bauelementzone (**12, 14**) angeordnet ist, wobei die erste Bauelementzone (**12; 71**) mit der Driftzone einen Bauelementübergang bildet, ausgehend von dem sich bei Anlegen einer Sperrspannung zwischen der Driftzone (**11**) und der ersten Bauelementzone (**12**) eine Raumladungszone in der Driftzone (**11**) ausbreitet,
- eine Driftsteuerzone (**41**) aus einem Halbleitermaterial, die benachbart zu der wenigstens einen Driftzone (**11**) in dem Halbleiterkörper (**104**) angeordnet ist und die an die zweite Bauelementzone (**14**) gekoppelt ist,
- ein Akkumulationsdielektrikum (**51**), das zwischen der wenigstens einen Driftzone (**11**) und der wenigstens einen Driftsteuerzone (**41**) angeordnet ist,
- wobei eine Dotierungskonzentration der Driftsteuerzone (**41**) so gering ist, dass sich bei sperrend angesteuertem Bauelement eine Raumladungszone in der Driftsteuerzone ausbreitet und dass die Feldstärke eines im Zusammenhang mit der Raumladungszone stehenden elektrischen Feldes unterhalb der Durchbruchfeldstärke des Halbleitermaterials der Driftsteuerzone liegt.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, bei dem der Halbleiterkörper (**100**) eine senkrecht zu der ersten lateralen Richtung (x) verlaufende zweite laterale Richtung (y) aufweist und bei dem die wenigstens eine Driftsteuerzone (**41**) wenigstens abschnittsweise in der zweiten lateralen Richtung (y) getrennt durch

das Akkumulationsdielektrikum (**51**) benachbart zu der Driftzone (**11**) angeordnet ist.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2, das mehrere in der zweiten lateralen Richtung (y) beabstandet zueinander angeordnete Driftzonen (**11**) und mehrere in der zweiten lateralen Richtung beabstandet zueinander angeordnete Driftsteuerzonen (**41**) aufweist.

4. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, bei dem der Halbleiterkörper (**100**) eine vertikale Richtung (v) aufweist und bei dem die wenigstens eine Driftsteuerzone (**41**) wenigstens abschnittsweise in der vertikalen Richtung (v) benachbart zu der Driftzone (**11**) angeordnet ist.

5. Halbleiterbauelement nach Anspruch 4, das mehrere in der vertikalen Richtung (v) beabstandet zueinander angeordnete Driftzonen (**11**) und mehrere in der vertikalen Richtung (v) beabstandet zueinander angeordnete Driftsteuerzonen (**41**) aufweist.

6. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Halbleiterkörper (**100**) ein Halbleitersubstrat (**103**) und eine auf dem Halbleitersubstrat (**103**) angeordnete Halbleiterschicht (**104**) aufweist, wobei die wenigstens eine Driftzone (**11**) und die wenigstens eine Driftsteuerzone (**41**) in der Halbleiterschicht (**104**) angeordnet sind.

7. Halbleiterbauelement nach Anspruch 6, bei dem die Driftzone (**11**) an das Halbleitersubstrat (**103**) angrenzt und bei dem eine Isolationsschicht (**52**) zwischen der Driftsteuerzone (**41**) und dem Halbleitersubstrat (**103**) angeordnet ist.

8. Halbleiterbauelement nach Anspruch 6, bei dem eine Isolationsschicht (**105**) zwischen dem Halbleitersubstrat (**103**) und der Driftzone (**11**) und der Driftsteuerzone (**41**) angeordnet ist.

9. Halbleiterbauelement nach Anspruch 8, bei dem das Halbleitersubstrat (**103**) eine Grunddotierung eines Leitungstyps aufweist und bei dem das Halbleitersubstrat (**103**) anschließend an die Isolationsschicht (**105**) wenigstens eine Halbleiterzone (**18A–18D; 19**) aufweist, die von einem zum Leitungstyp der Grunddotierung komplementären Leitungstyp ist.

10. Halbleiterbauelement nach Anspruch 7, bei dem das Halbleitersubstrat (**103**) eine Grunddotierung eines Leitungstyps aufweist und bei dem das Halbleitersubstrat (**103**) wenigstens eine Halbleiterzone (**18A–18D; 19**) aufweist, die von einem zum Leitungstyp der Grunddotierung komplementären Leitungstyp ist.

11. Halbleiterbauelement nach Anspruch 9 oder 10, bei dem die komplementär zu der Grunddotierung dotierte Halbleiterzone (**18A–18D**; **19**) über eine Verbindungszone (**17**) an die erste Bauelementzone (**12**) angeschlossen ist.

12. Halbleiterbauelement nach Anspruch 11, das mehrere komplementär zu der Grunddotierung des Halbleitersubstrats dotierte Halbleiterzonen (**18A–18D**) aufweist, die in der ersten lateralen Richtung beabstandet zueinander angeordnet sind und von denen eine an die Verbindungszone (**17**) angeschlossen ist.

13. Halbleiterbauelement nach Anspruch 11, bei dem eine Dotierungsdosis der komplementär zu der Grunddotierung des Halbleitersubstrats (**103**) dotierten Halbleiterzone (**19**) in der ersten lateralen Richtung (x) abnimmt.

14. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Driftsteuerzone (**41**) über ein Gleichrichterelement (**61**) an die zweite Bauelementzone (**14**) gekoppelt ist.

15. Halbleiterbauelement nach Anspruch 14, bei dem das Gleichrichterelement (**61**) eine Diode ist.

16. Halbleiterbauelement nach Anspruch 15, bei dem die Diode durch einen pn-Übergang zwischen der Driftsteuerzone (**41**) und einer komplementär zu der Driftsteuerzone (**41**) dotierten Anschlusszone (**43**) oder durch einen pn-Übergang zwischen einer sich an die Driftsteuerzone (**41**) anschließenden, höher als diese dotierten Halbleiterzone (**42**) und einer komplementär zu der Driftsteuerzone (**41**) dotierten Anschlusszone (**43**) gebildet ist.

17. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Driftsteuerzone (**41**) elektrisch an die erste Bauelementzone (**12**) gekoppelt ist.

18. Halbleiterbauelement nach Anspruch 17, bei dem die Driftsteuerzone über ein Gleichrichterelement (**62**) an die erste Bauelementzone (**12**) gekoppelt ist.

19. Halbleiterbauelement nach Anspruch 18, bei dem das Gleichrichterelement (**62**) eine Diode ist.

20. Halbleiterbauelement nach Anspruch 19, bei dem die Diode (**62**) durch einen pn-Übergang zwischen der Driftsteuerzone (**41**) und einer komplementär zu der Driftsteuerzone (**41**) dotierten Anschlusszone (**44**) gebildet ist.

21. Halbleiterbauelement nach Anspruch 16 und 20, bei dem die Anschlusszonen (**43**, **44**) in der ers-

ten lateralen Richtung beabstandet zueinander in der Driftsteuerzone (**41**) angeordnet sind.

22. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 17 bis 21, bei dem ein kapazitives Bauelement zwischen die Driftsteuerzone (**41**) und die erste Bauelementzone (**12**) geschaltet ist.

23. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem die erste Dielektrikumsschicht (**51**) abschnittsweise als Tunneldielektrikum (**53**) ausgebildet ist.

24. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, das als MOS-Transistor ausgebildet ist bei dem die erste Bauelementzone (**12**) eine Bodyzone und die zweite Bauelementzone (**14**) eine Drainzone bildet und das folgende weitere Merkmale aufweist:

- eine Sourcezone (**12**) die durch die Bodyzone (**12**) von der Driftzone (**11**) getrennt ist,
- eine Gateelektrode (**21**), die mittels eines Gate-dielektrikums gegenüber dem Halbleiterkörper (**100**) isoliert ist und die sich benachbart zu der Bodyzone (**12**) von der Sourcezone (**13**) bis zu der Driftzone (**11**) erstreckt.

25. Halbleiterbauelement nach Anspruch 24, das als MOSFET ausgebildet ist, bei dem die Drainzone (**14**) vom gleichen Leitungstyp wie die Driftzone (**11**) ist.

26. Halbleiterbauelement nach Anspruch 24, das als IGBT ausgebildet ist, bei dem die Drainzone (**14**) komplementär zu der Driftzone (**11**) dotiert ist.

27. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 24 bis 26, bei dem die Gateelektrode (**21**) oberhalb der Vorderseite (**101**) des Halbleiterkörpers (**100**) angeordnet ist.

28. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 24 bis 26, bei dem die Gateelektrode (**21**) in einem Graben des Halbleiterkörpers (**100**) angeordnet ist.

29. Halbleiterbauelement nach Anspruch 27, bei dem sich die Gateelektrode (**21**) in der ersten lateralen Richtung des Halbleiterkörpers (**100**) von der Sourcezone (**13**) bis zu der Driftzone (**11**) erstreckt.

30. Halbleiterbauelement nach Anspruch 29, bei dem die Gateelektrode (**21**) in der ersten lateralen Richtung benachbart zu der wenigstens einen Driftsteuerzone (**41**) angeordnet ist.

31. Halbleiterbauelement nach Anspruch 28, bei dem sich die Gateelektrode (**23**) in der vertikalen Richtung des Halbleiterkörpers (**100**) von der Sourcezone (**13**) bis zu der Driftzone (**11**) erstreckt.

32. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 23, das als Schottky-Diode ausgebildet ist, bei der die erste Bauelementzone (**12**) eine Anodenzone und die zweite Bauelementzone (**14**) eine Kathodenzone bildet.

33. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Driftsteuerzone (**41**) komplementär zu der Driftzone (**11**) dotiert ist.

34. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Driftsteuerzone (**41**) vom gleichen Leitungstyp wie die Driftzone (**11**) ist.

35. Halbleiterbauelement nach Anspruch 34, bei dem ein Dotierungsprofil der Driftsteuerzone (**41**) in der ersten lateralen Richtung wenigstens annäherungsweise einem Dotierungsprofil der Driftzone (**11**) entspricht.

36. Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Driftsteuerzone (**41**) eine dotierte, undotierte oder intrinsisch dotierte Halbleiterzone ist.

Es folgen 30 Blatt Zeichnungen

FIG 1D

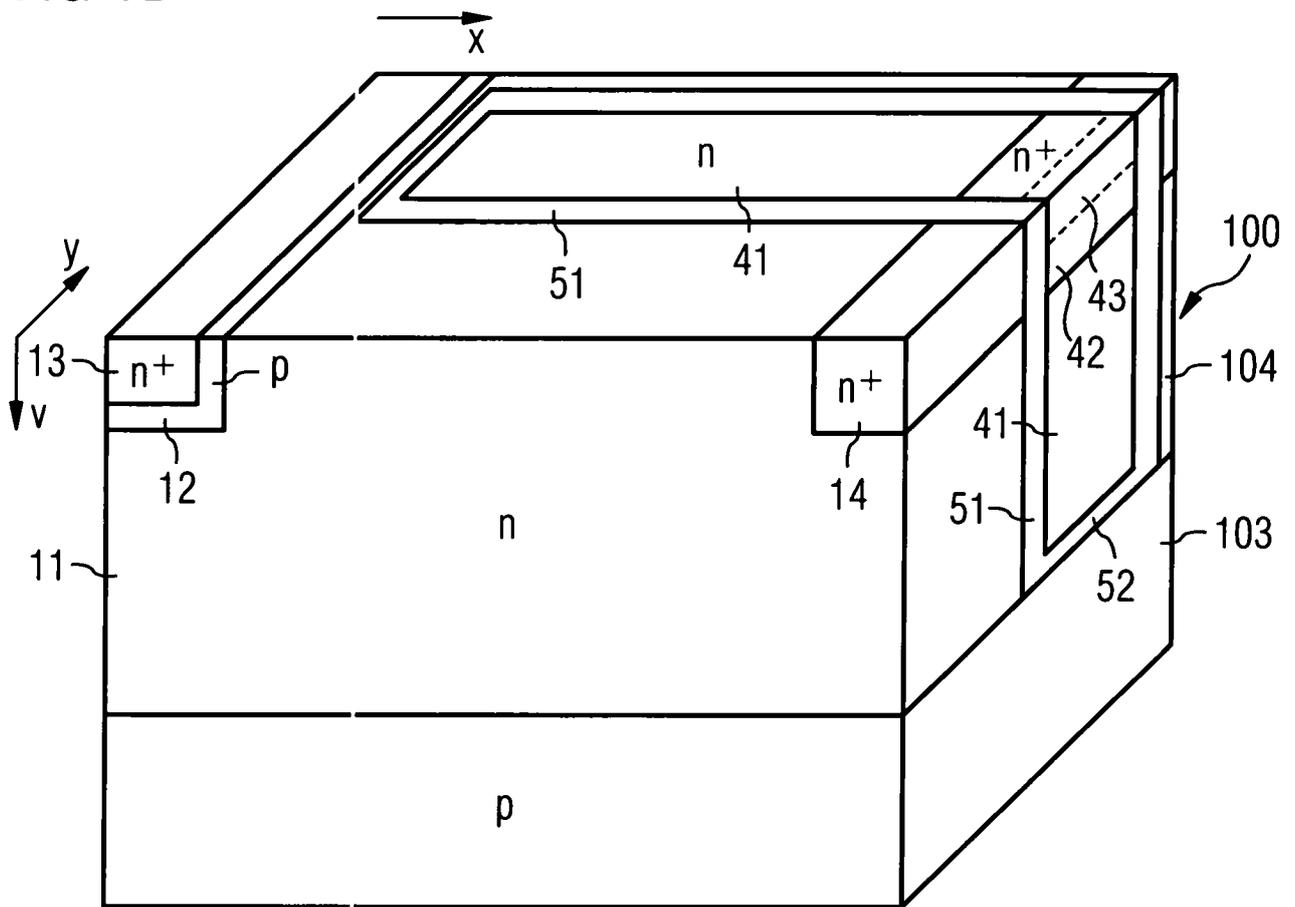


FIG 2

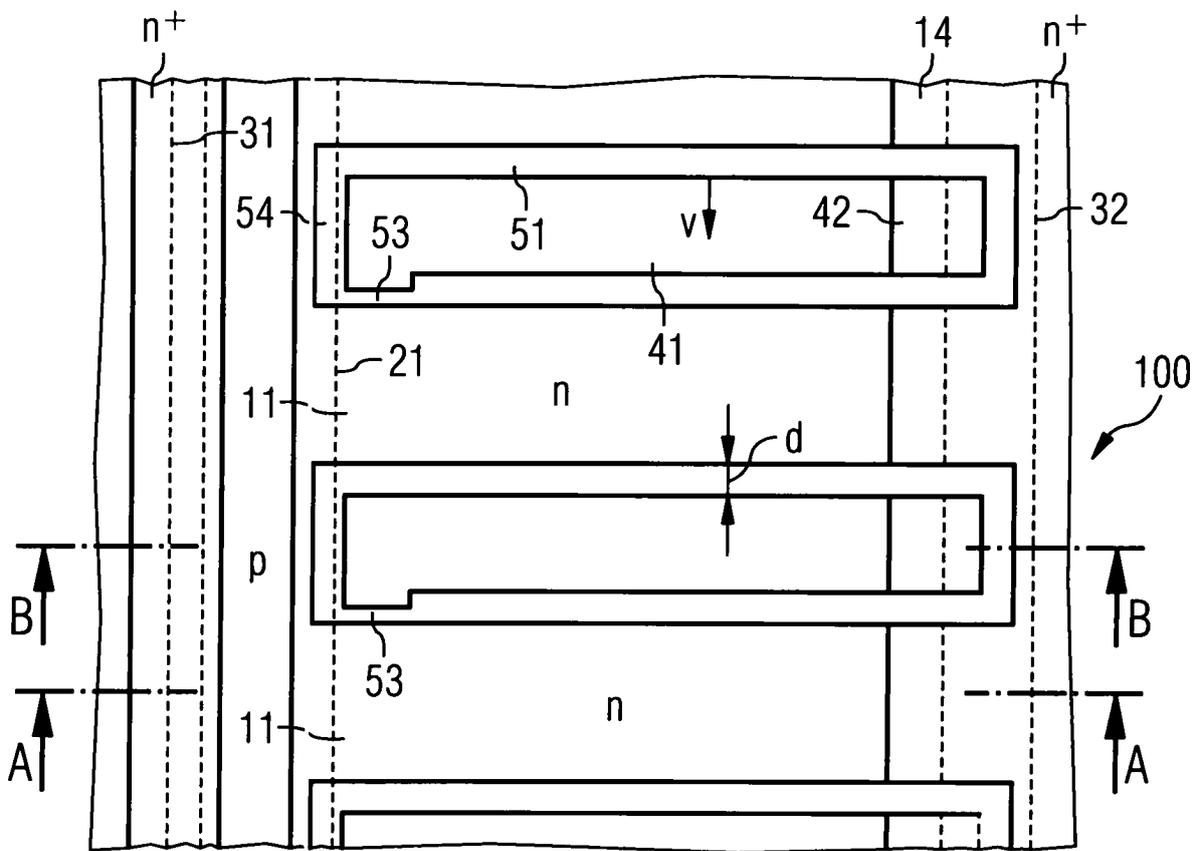


FIG 4A

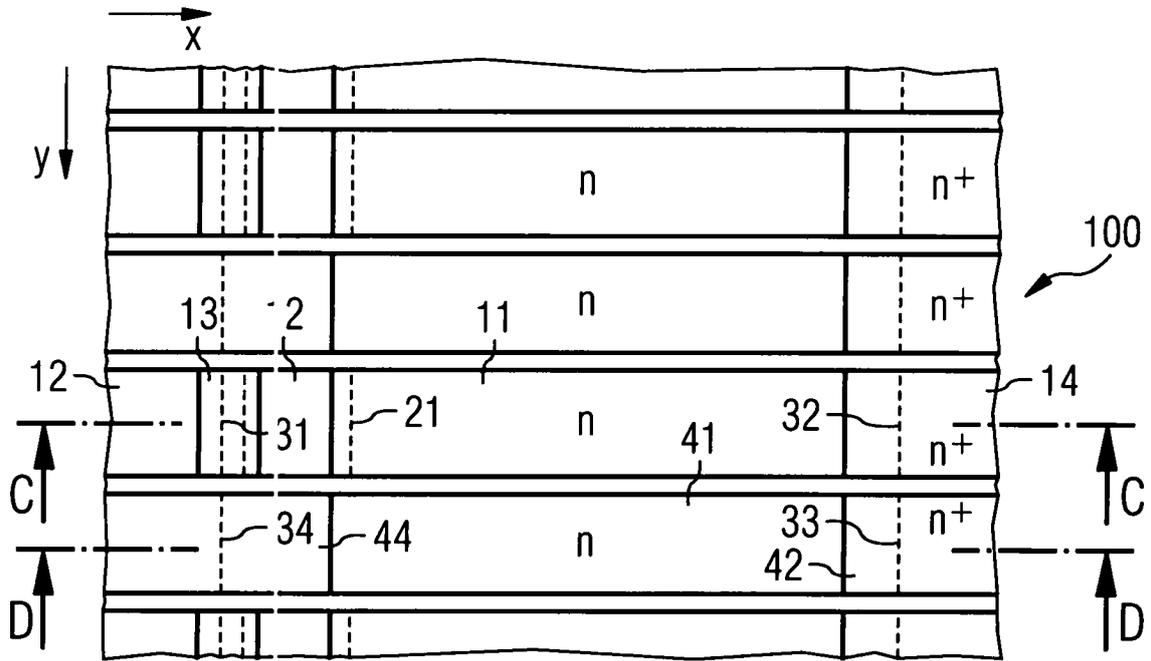


FIG 4B

C-C

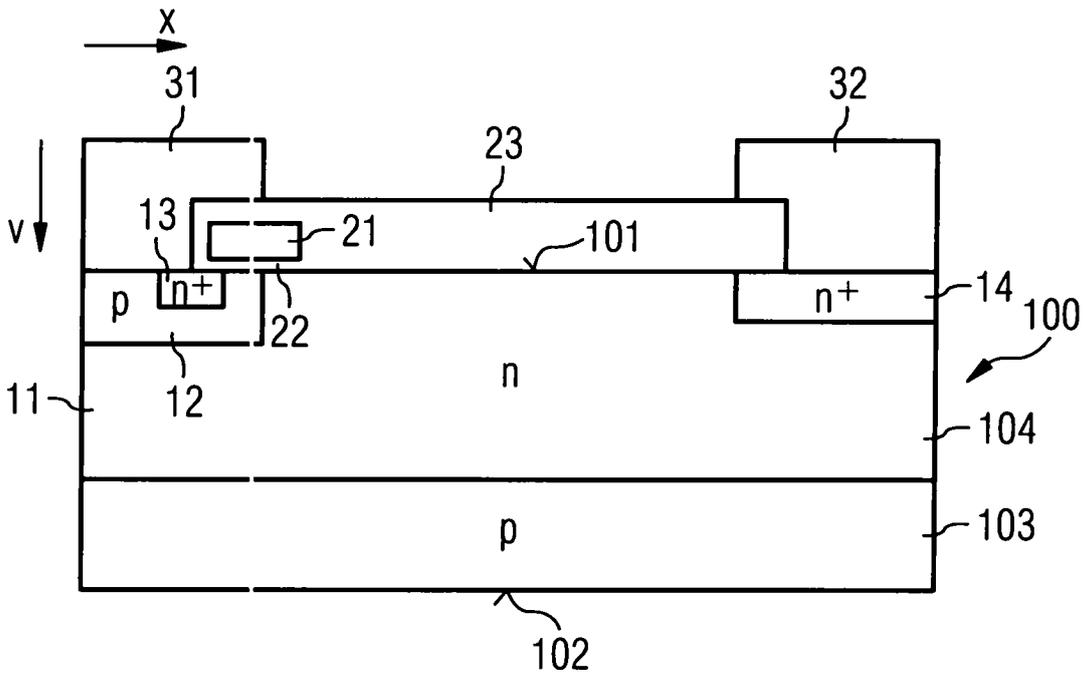


FIG 4C

D-D

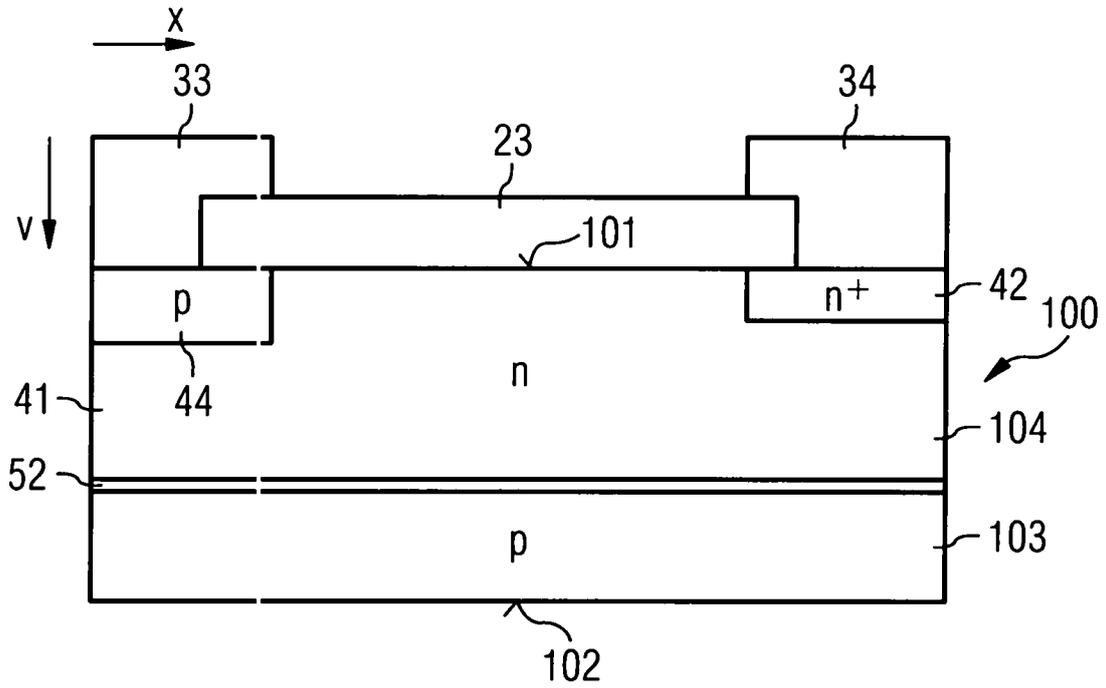


FIG 4D

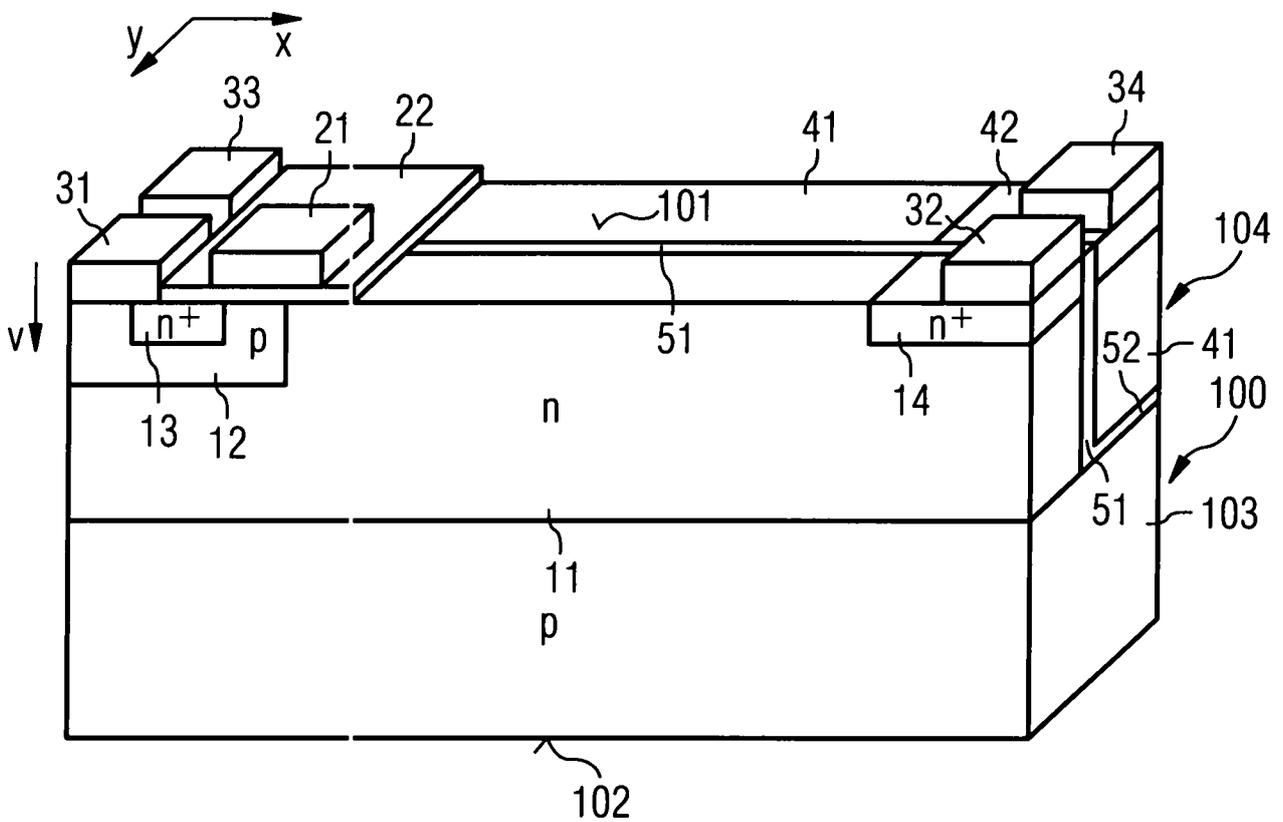


FIG 5

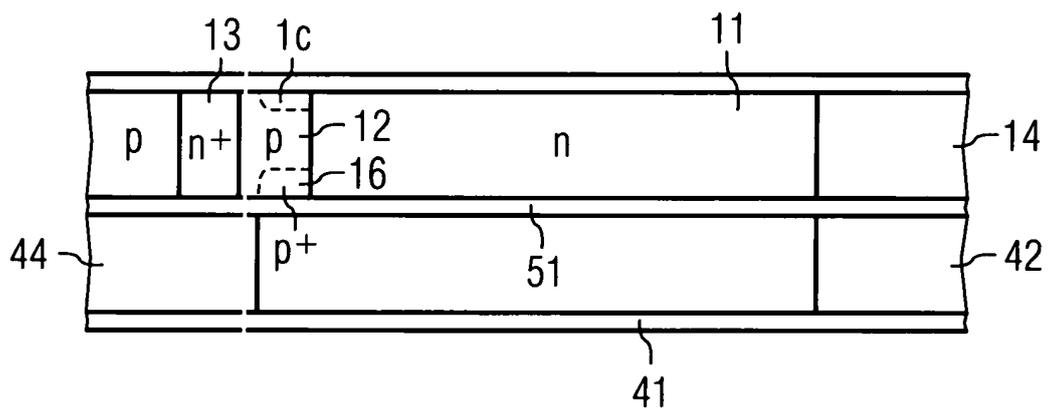


FIG 9

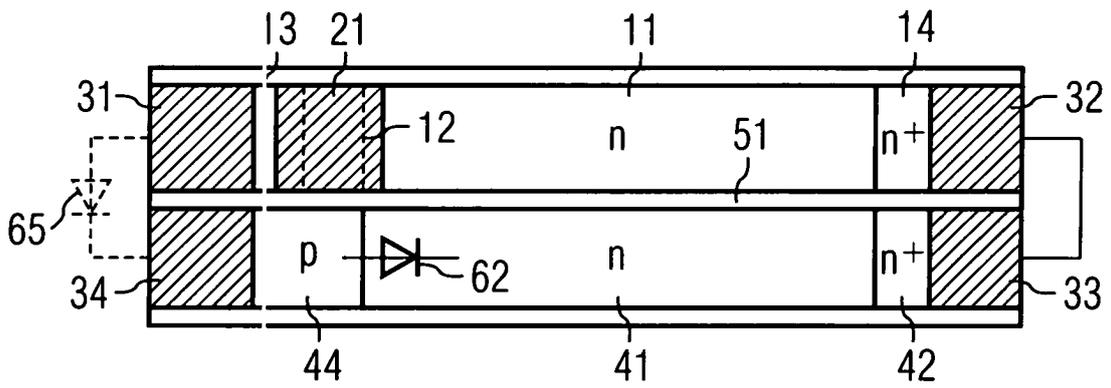


FIG 10

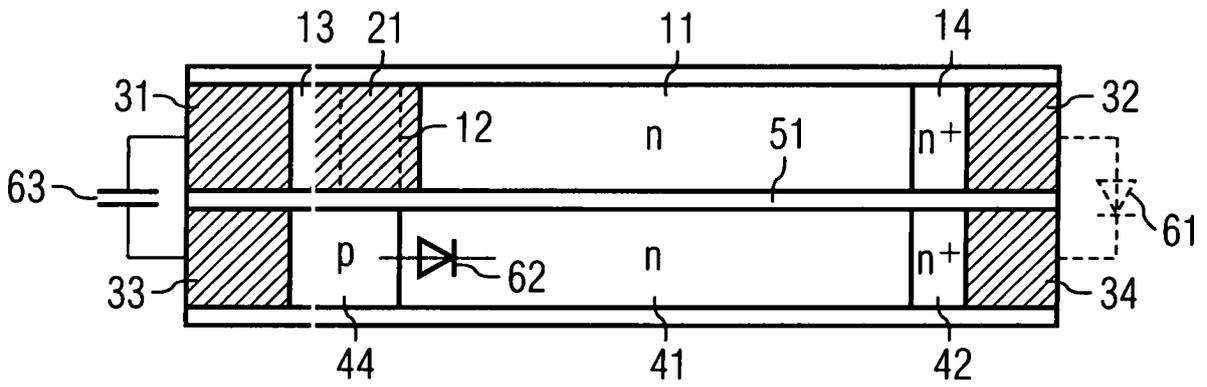


FIG 11

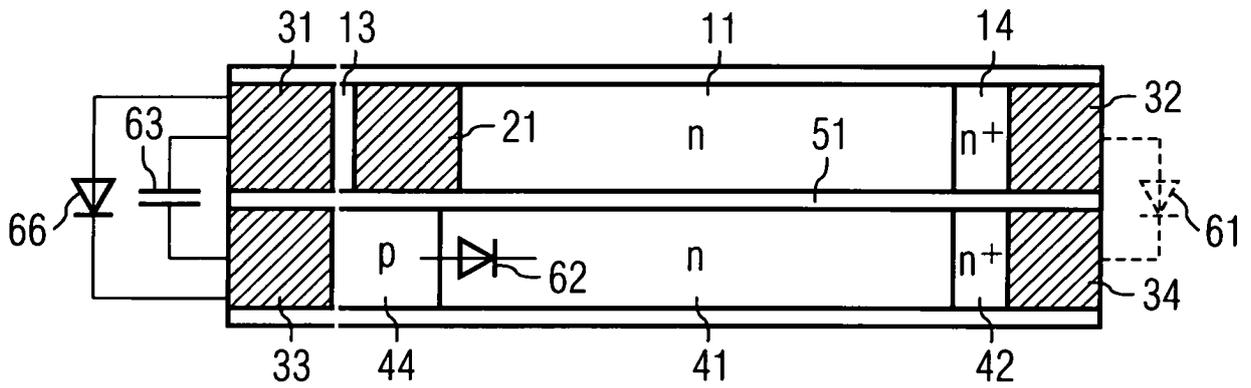


FIG 12

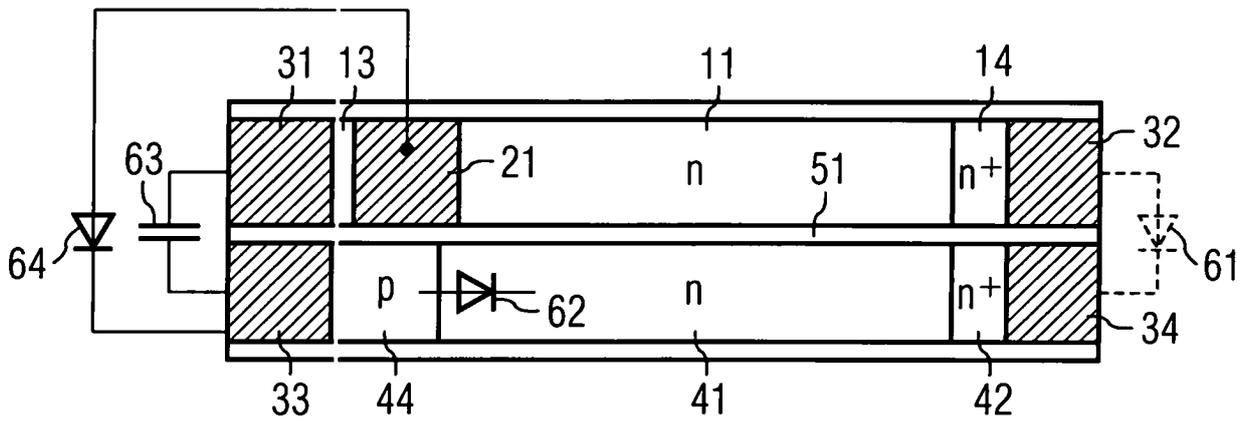


FIG 14A

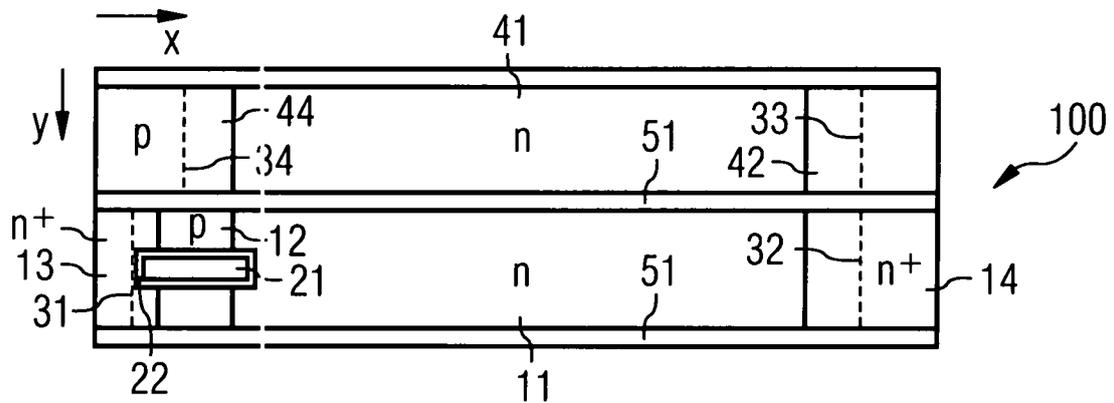


FIG 14B

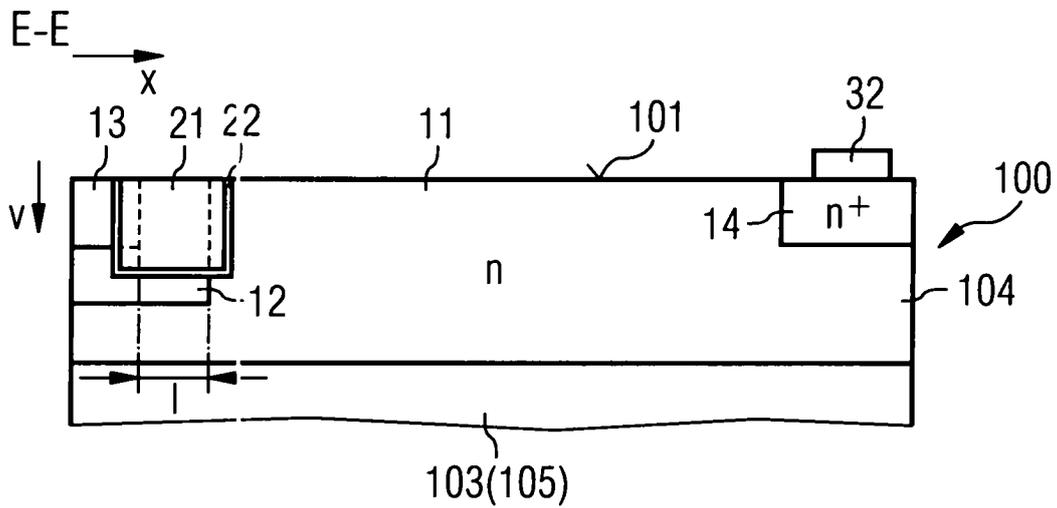


FIG 14C

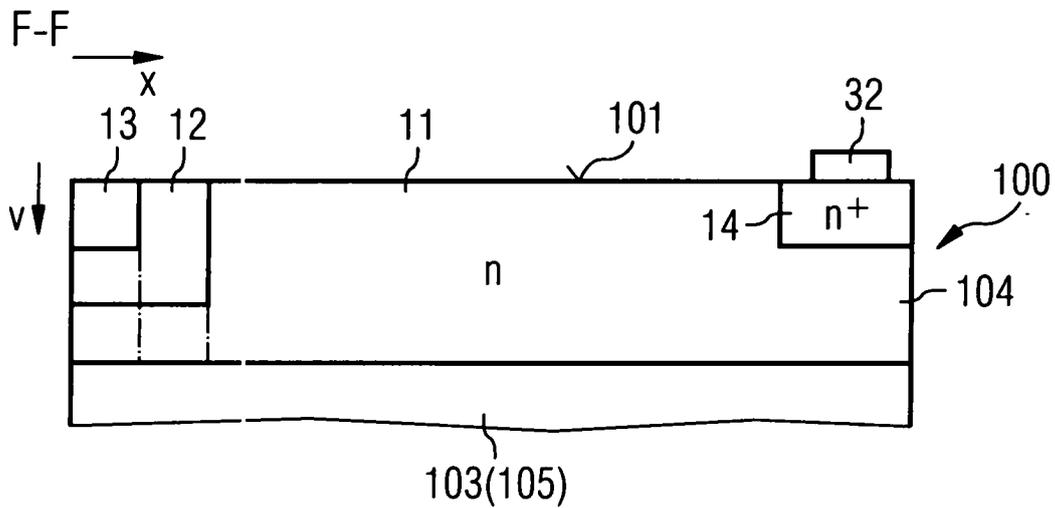


FIG 15A

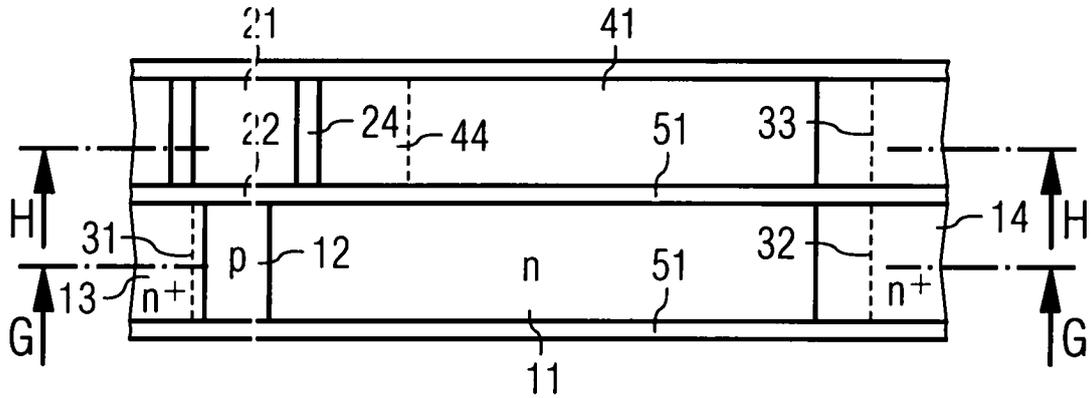


FIG 15B

G-G

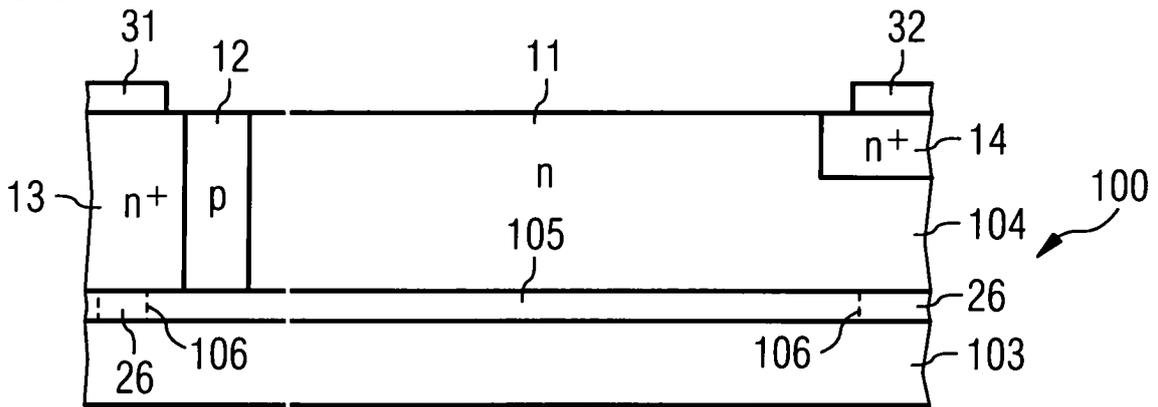


FIG 15C

H-H

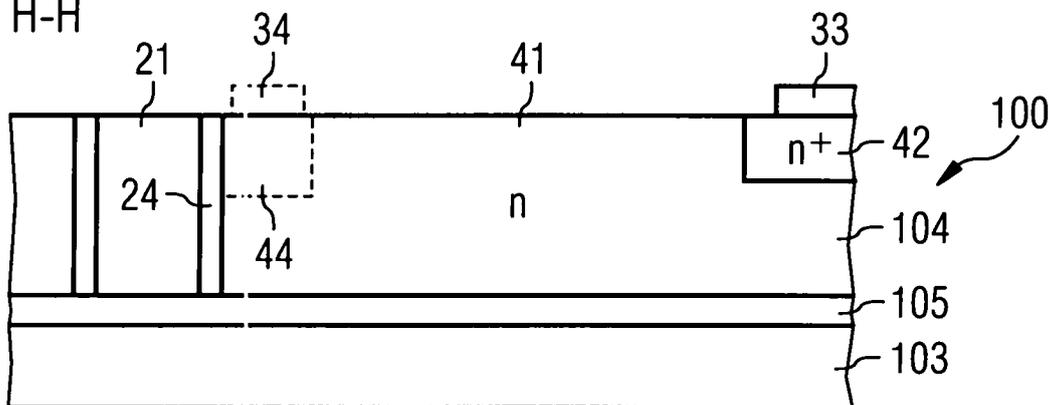


FIG 18A

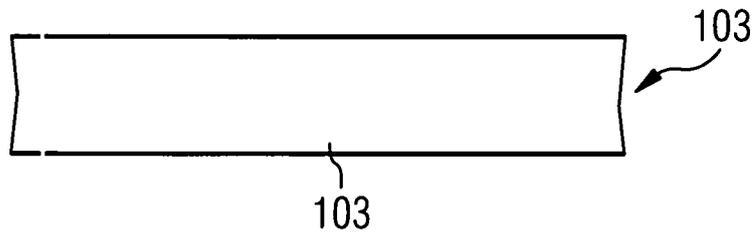


FIG 18B

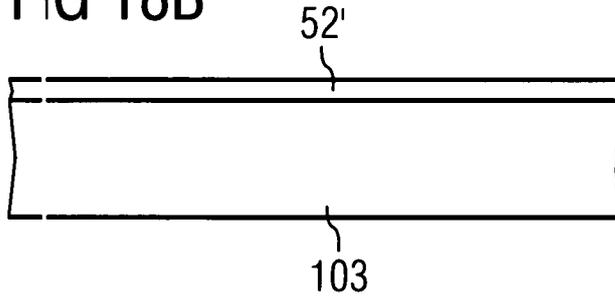


FIG 18C

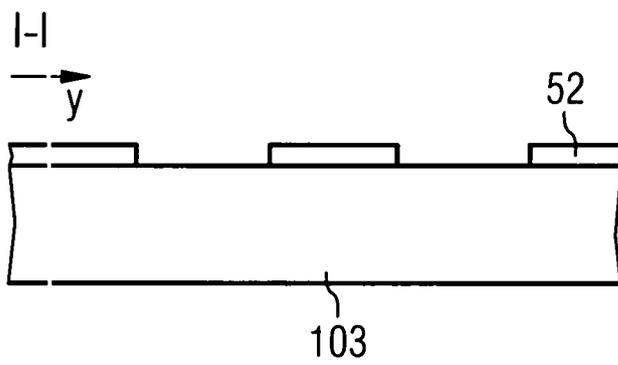


FIG 18D

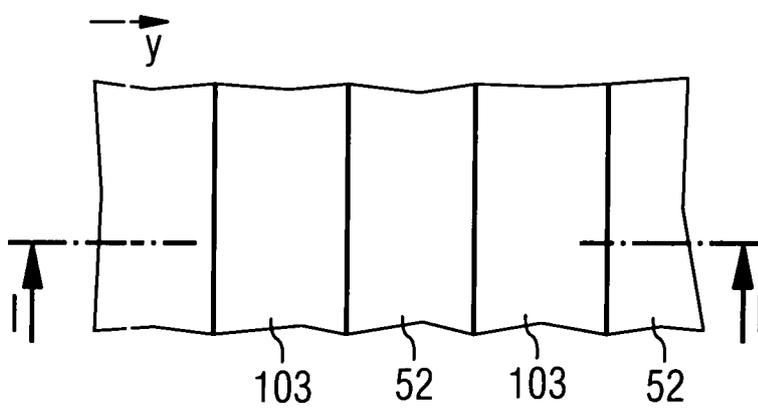


FIG 18E

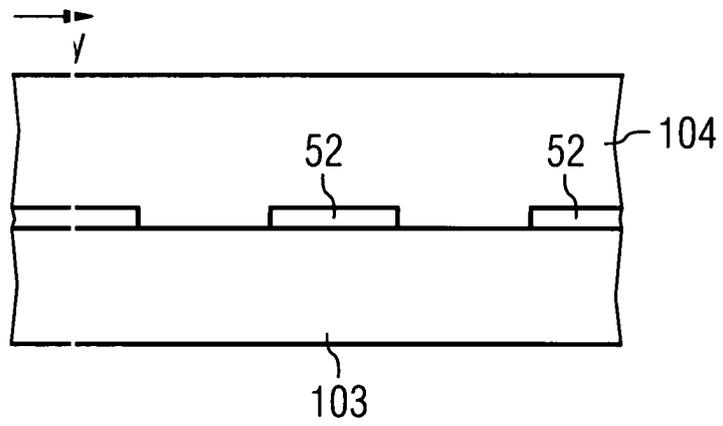


FIG 18F

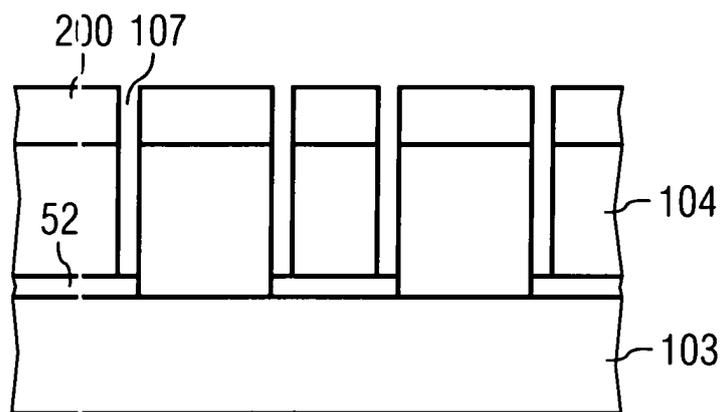


FIG 18G

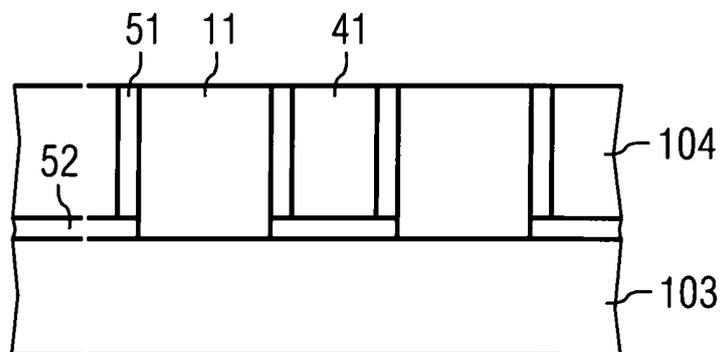


FIG 19

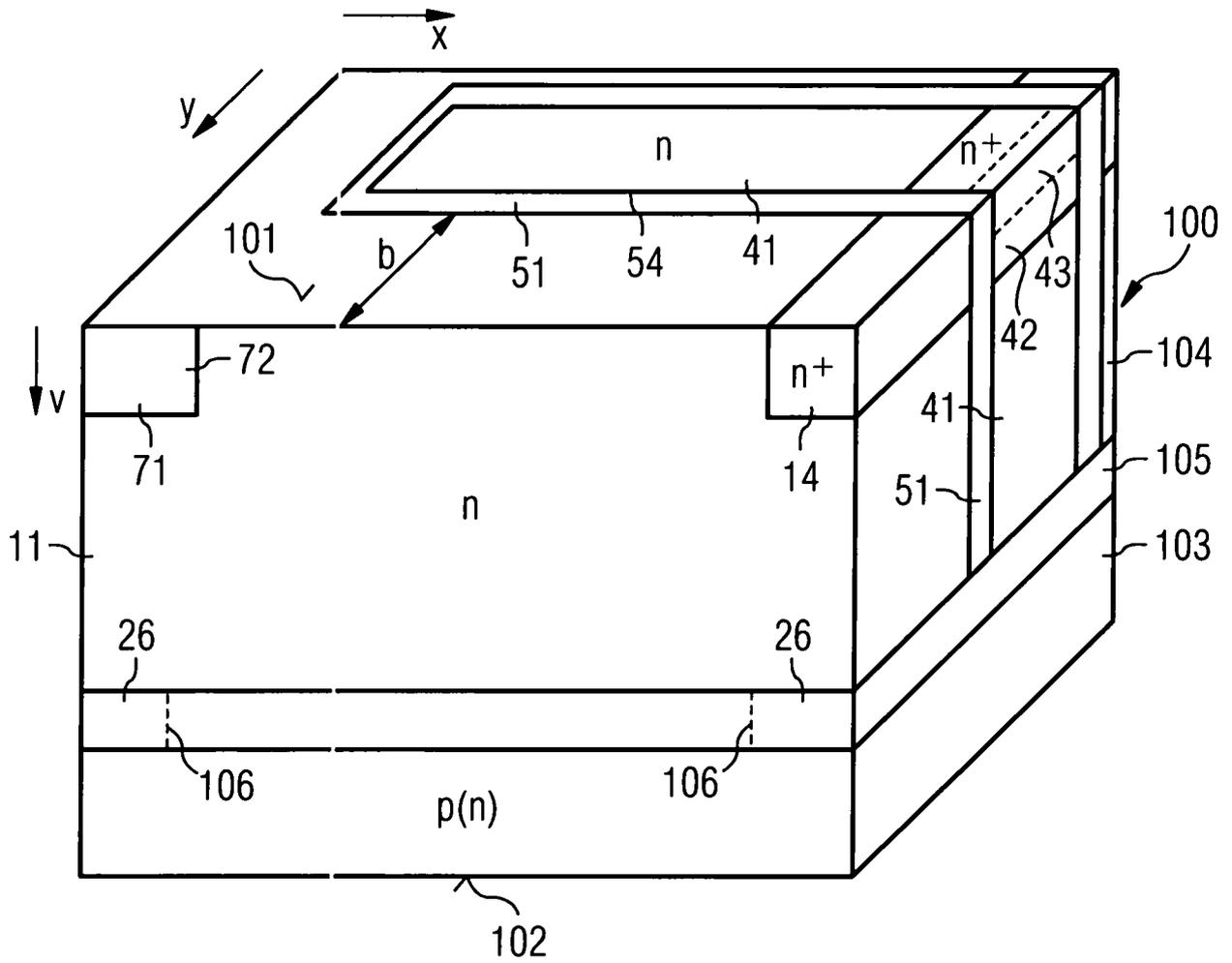


FIG 20D

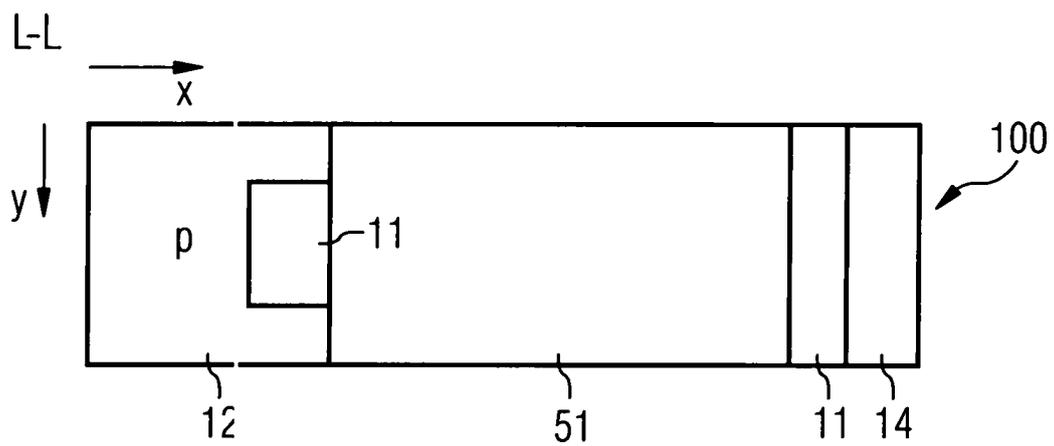


FIG 20E

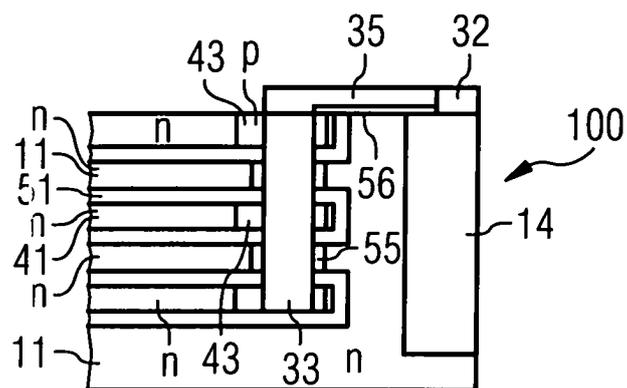


FIG 21A

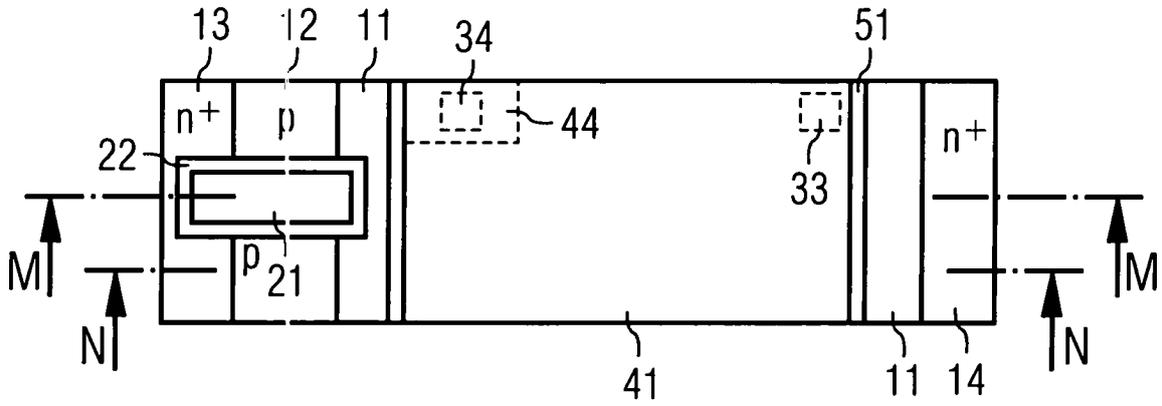


FIG 21B

M-M

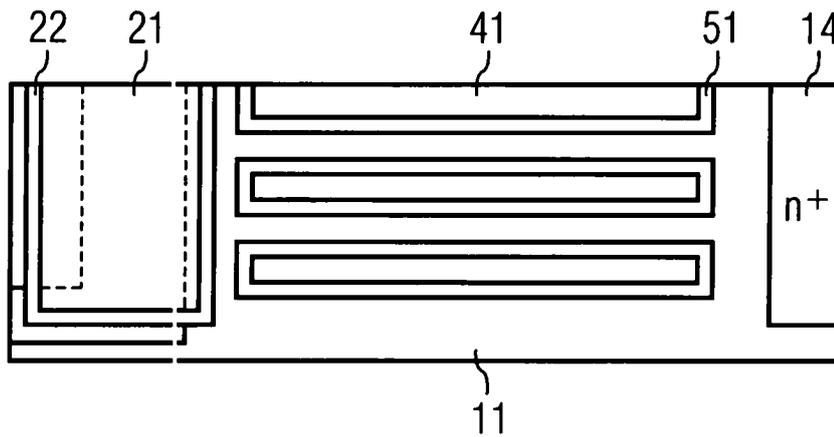


FIG 21C

N-N

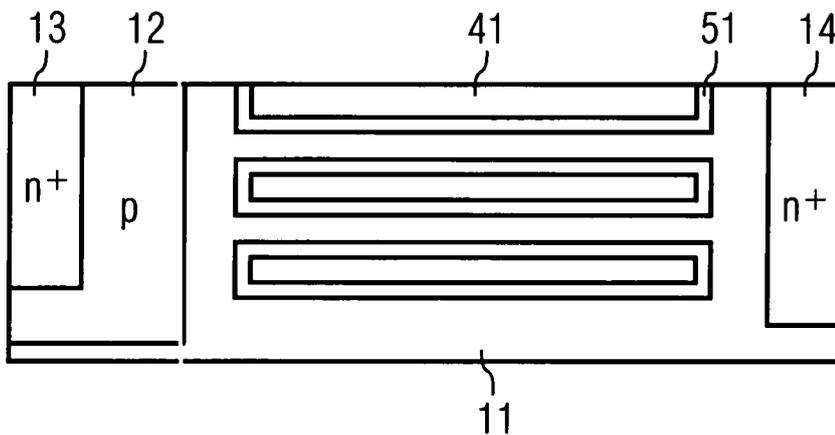


FIG 22A

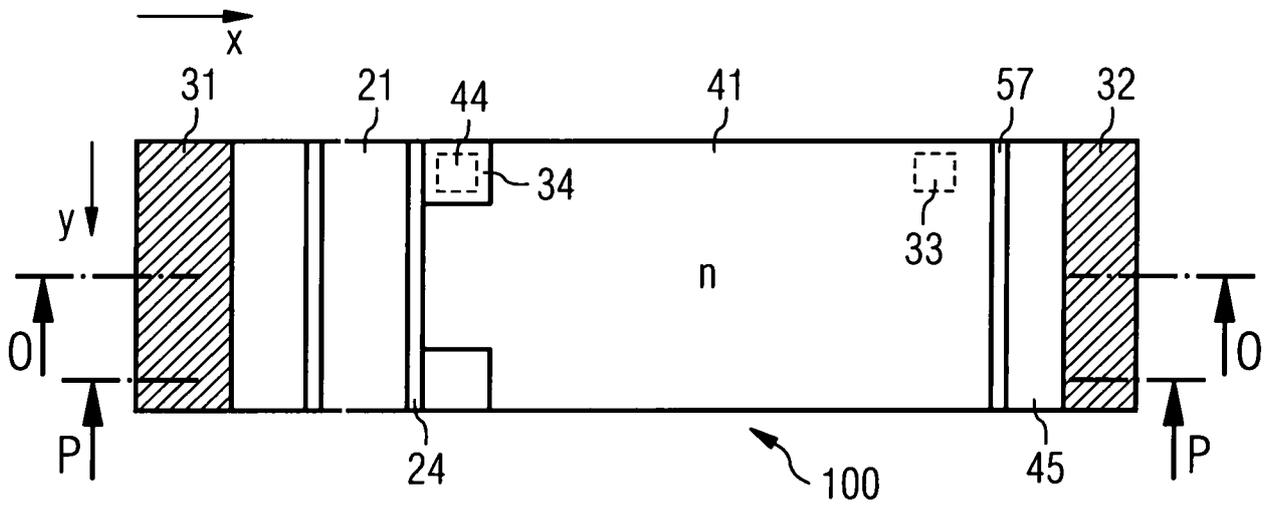


FIG 22B

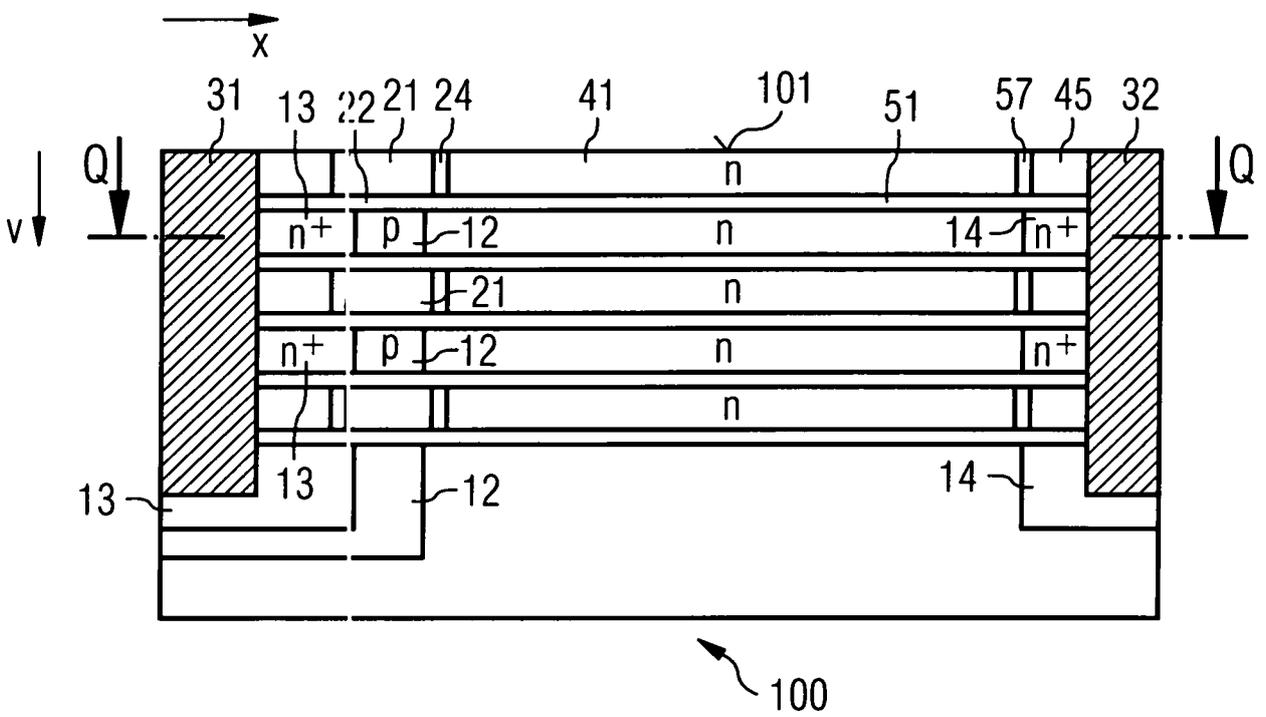


FIG 22C

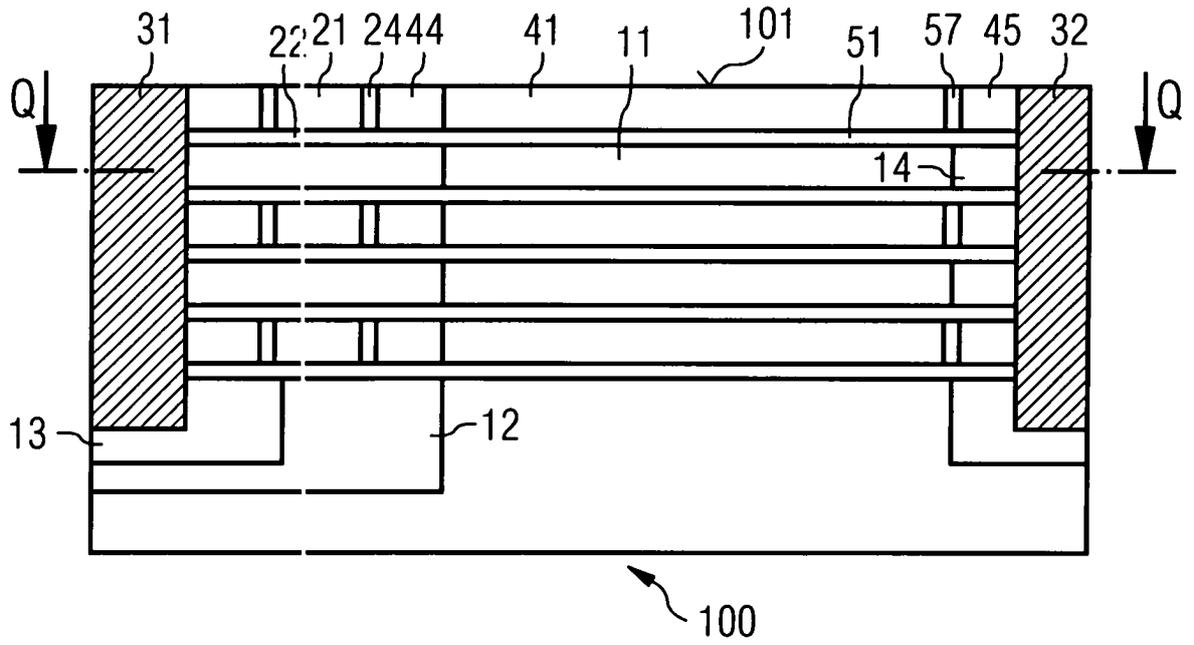


FIG 22D

Q-Q

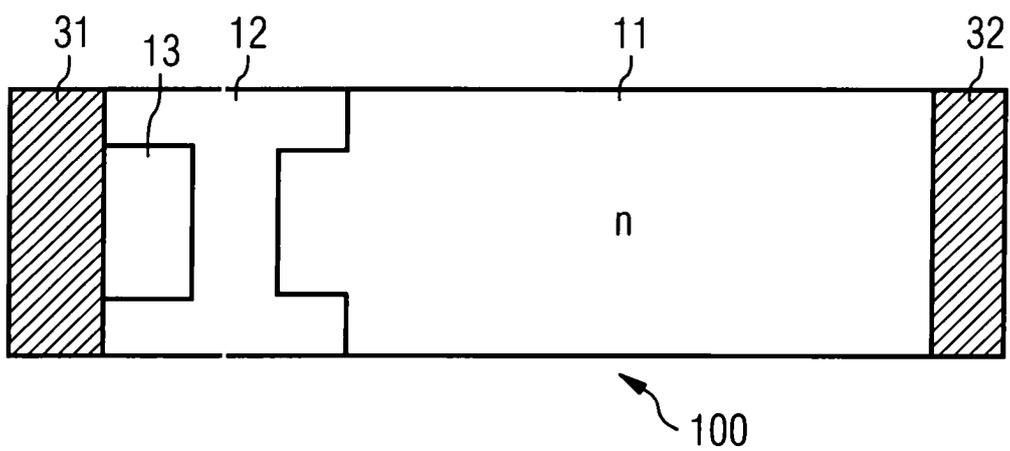


FIG 23A

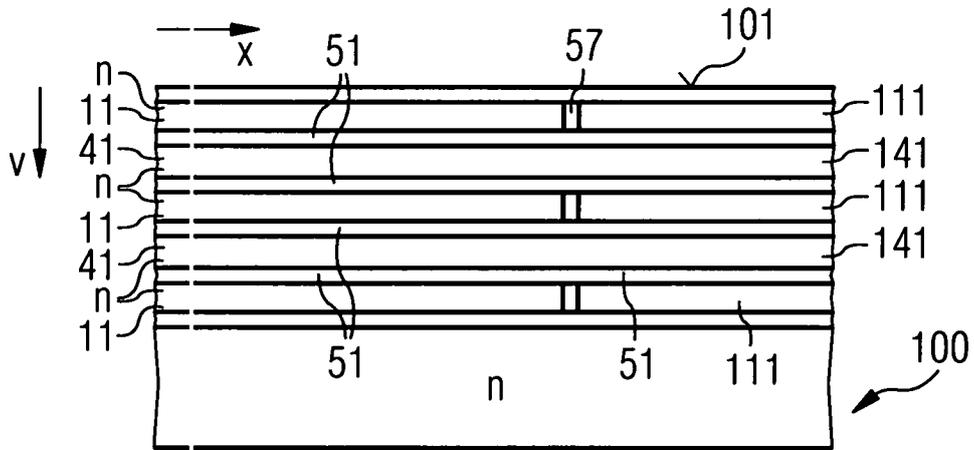


FIG 23B

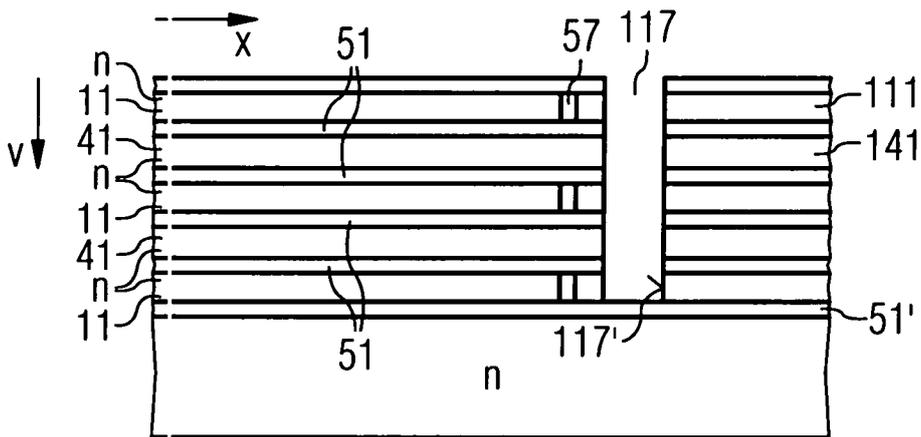


FIG 23C

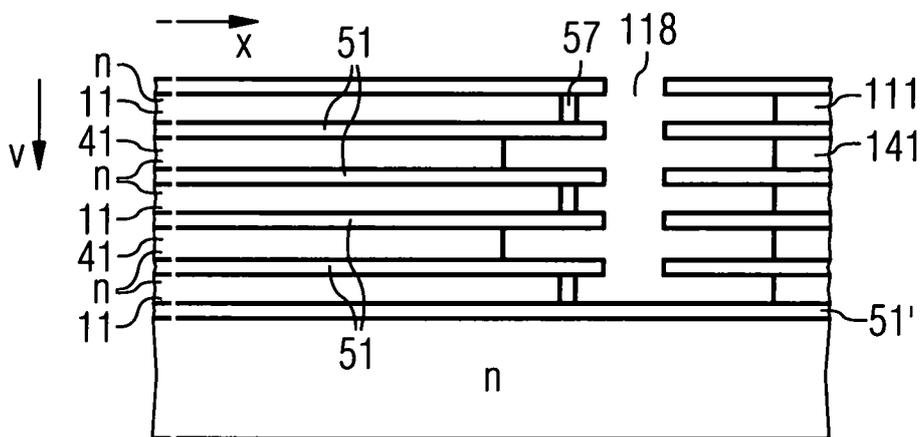


FIG 23D

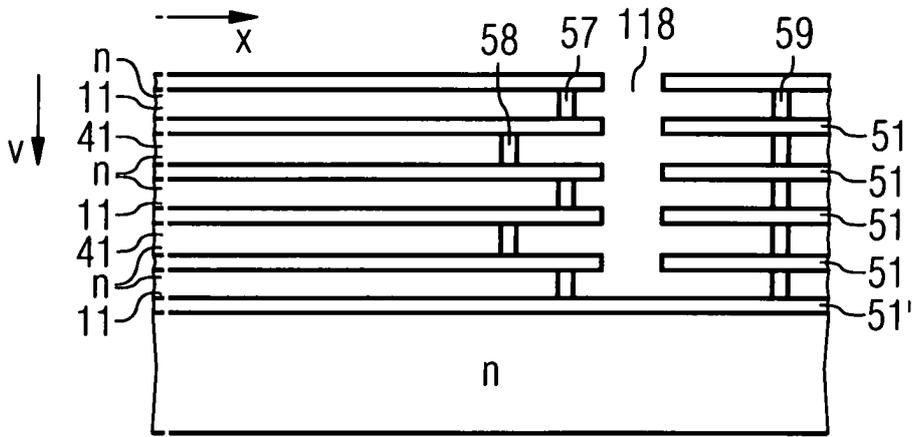


FIG 23E

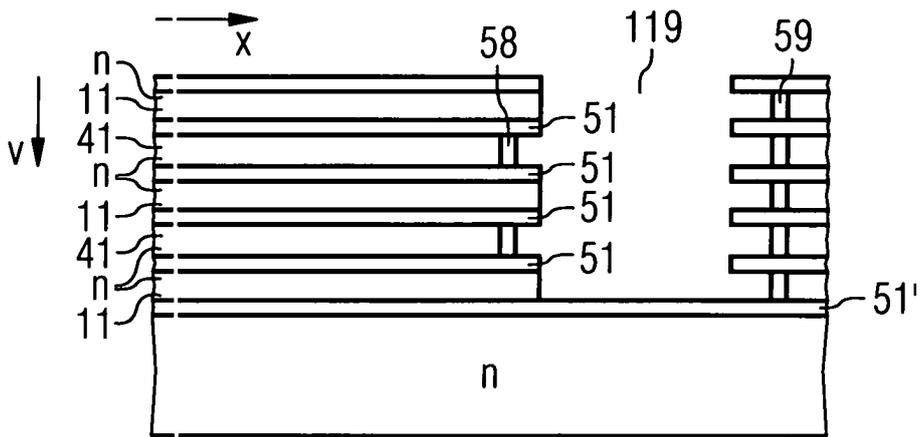


FIG 23F

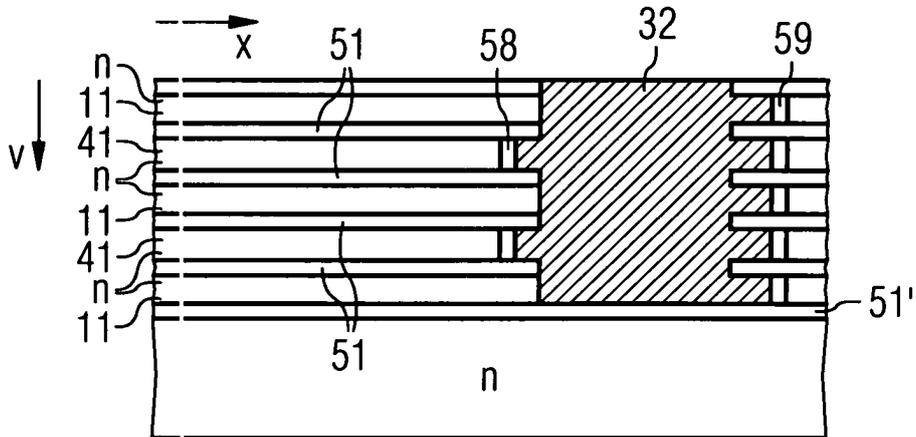


FIG 24A

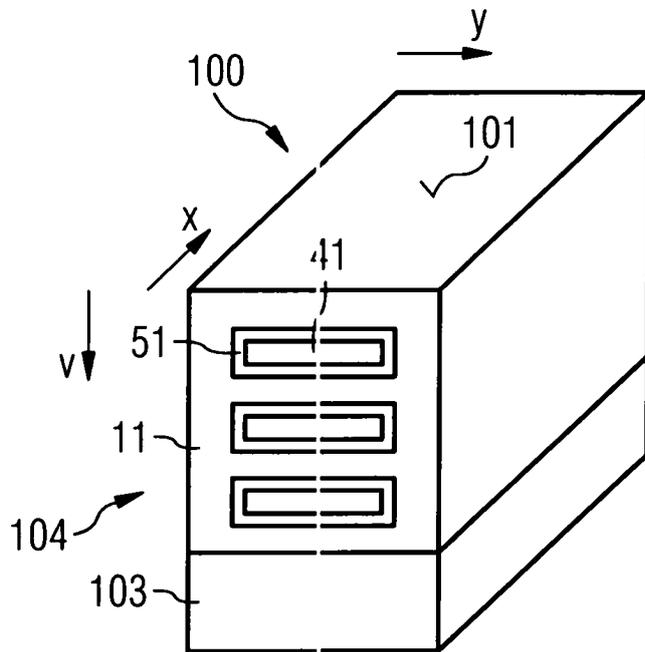


FIG 24B

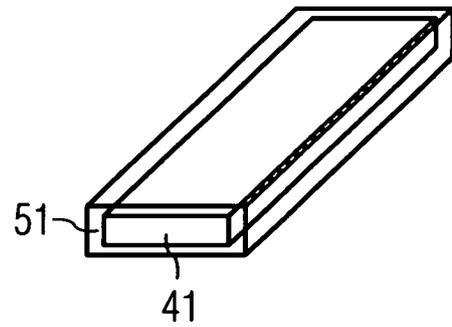


FIG 25

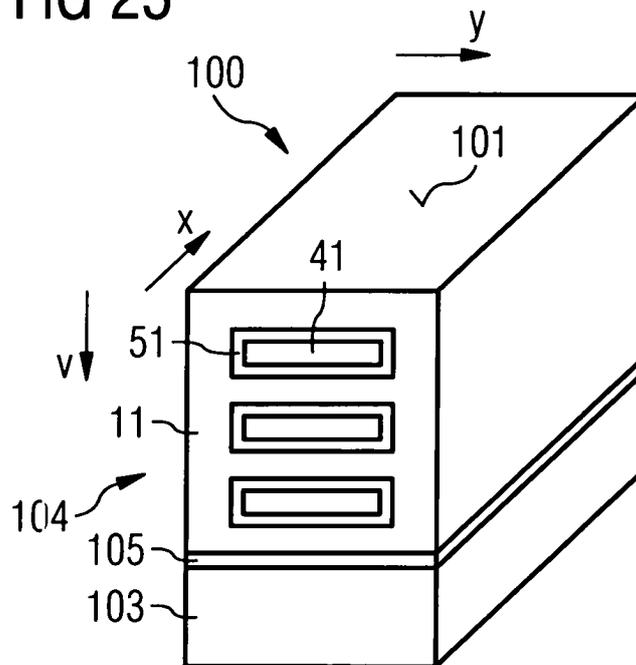


FIG 26

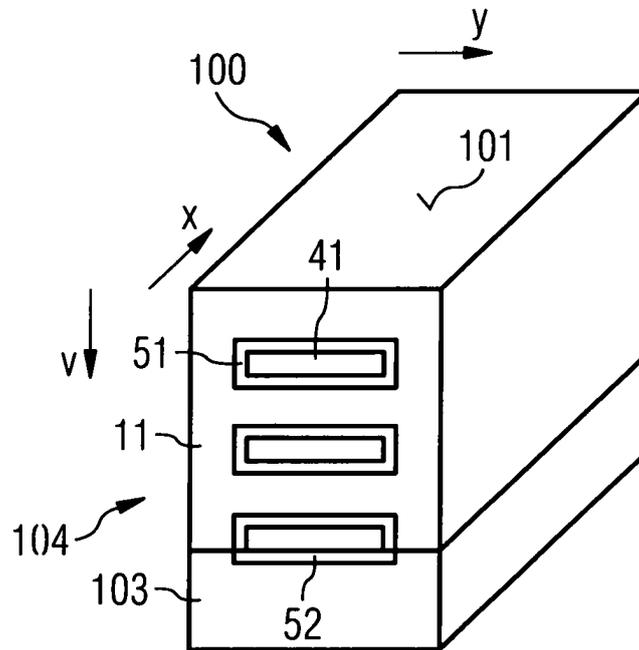


FIG 27

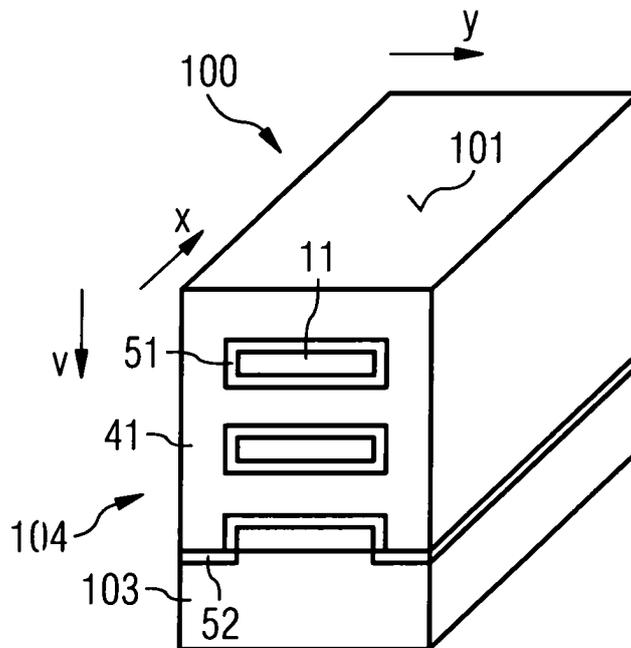


FIG 28A

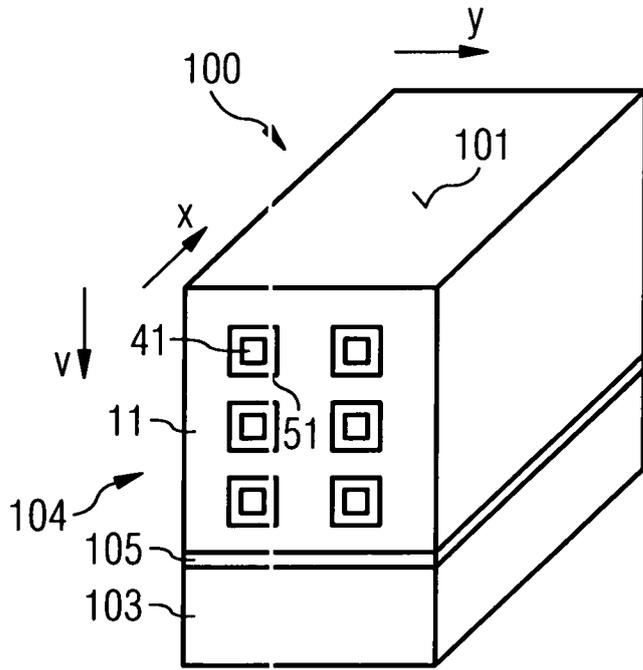


FIG 28B

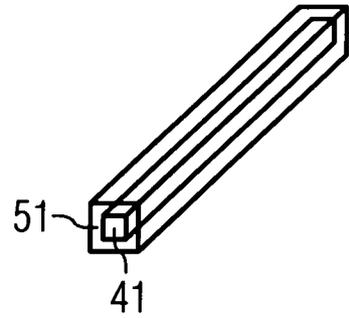


FIG 29A

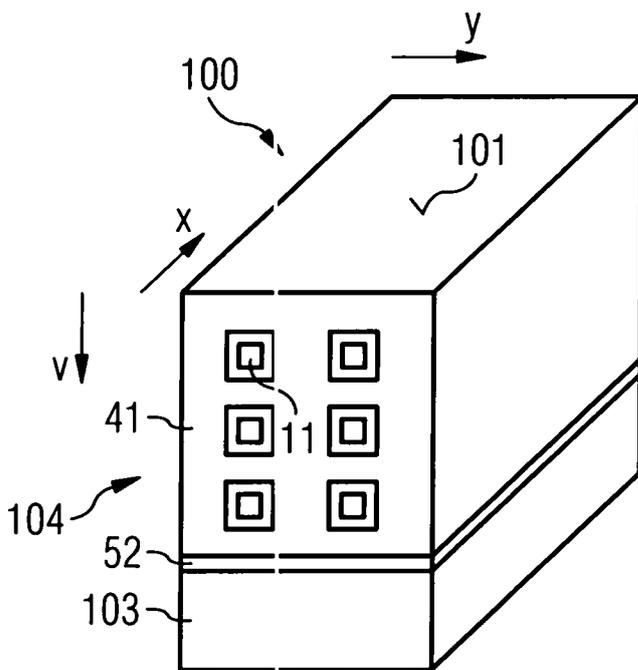


FIG 29B

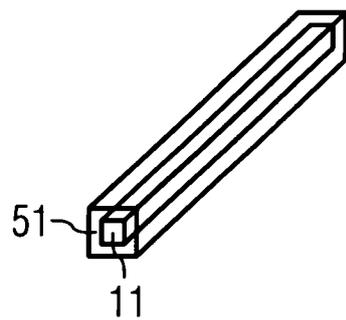


FIG 30

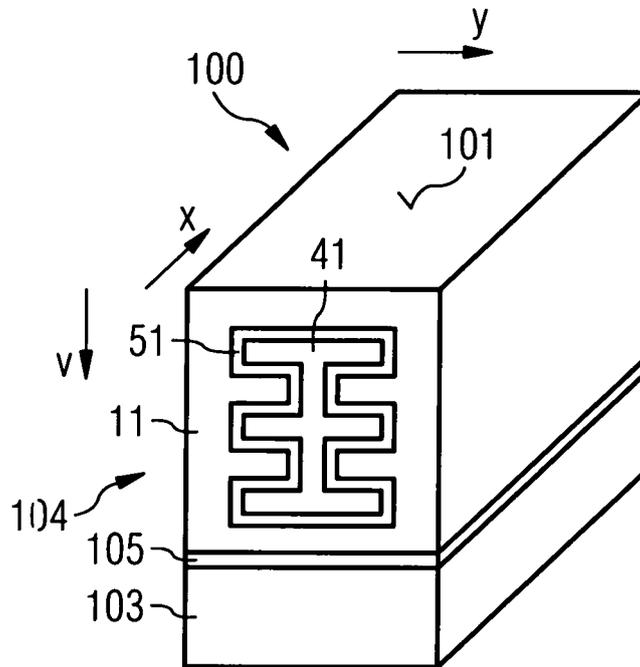


FIG 31

