

РСТ

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюроМЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ СИСТЕМЕ

WO 9607206A1

(51) Международная классификация изобретения: H01L 27/02	A1	(11) Номер международной публикации: WO 96/07206 (43) Дата международной публикации: 7 марта 1996 (07.03.96)
---	----	---

(21) Номер международной заявки: PCT/RU94/00200

(22) Дата международной подачи: 26 августа 1994 (26.08.94)

(71)(72) Заявитель и изобретатель: ЕВСЕЕВ Юрий Алексеевич [RU/RU]; 111397 Москва, ул. Братская, д. 19, корп. 1, кв. 90 (RU) [EVSEEV, Jury Alexeevich, Moscow (RU)].

(72) Изобретатели: РАЧИНСКИЙ Любомир Ярославович; 330093 Запорожье, ул. Звенигородская, д. 8, кв. 104 (UA) [RACHINSKY, Ljubomir Yaroslavovich, Zaporozhie (UA)]. ТЕТЕРЬОВА Наталья Алексеевна; 330065 Запорожье, ул. Рельефная, д. 4, кв. 22 (UA) [TETERVOVA, Natalya Alexeevna, Zaporozhie (UA)]. СЕЛЕНИНОВ Казимир Леович; 200039 Таллинн, ул. Ляэнемере, д. 37, кв. 18 (EE) [SELENI-NOV, Kazimir Leovich, Tallinn (EE)]. ДЕРМЕНЖИ Евгений Пантелеевич; 143952 Московская обл., Реутов, Садовый проезд, д. 1, кв. 49 (RU) [DERMEN-ZHI, Evgeny Panteleevich, Reutov (RU)]. ДРУЯНОВА Ева Ионовна; 330015 Запорожье, ул. Винтера, д.

34, кв. 2 (UA) [DRUYANOVA, Eva Ionovna, Zaporozhie (UA)]. НАСЕКАН Ольга Семёновна; 330093 Запорожье, ул. Рустави, д. 3, кв. 42 (UA) [NASEKAN, Olga Semenovna, Rustavi (UA)]. РЫБАК Роман Иосифович; 330035 Запорожье, пр. Ленина, д. 190, кв. 22 (UA) [RYBAK, Roman Iosifovich, Zaporozhie (UA)].

(74) Агент: ГАВРИЛОВА Елена Аркадьевна; 103062 Москва, Подсосенский пер., д. 14, корп. 1, кв. 1, Патентно-правовая фирма "Искон" (RU) [GAVRILOVA, Elena Arkadievna, Moscow (RU)].

(81) Указанные государства: CN, JP, KR, европейский патент (DE, FR, GB).

Опубликована

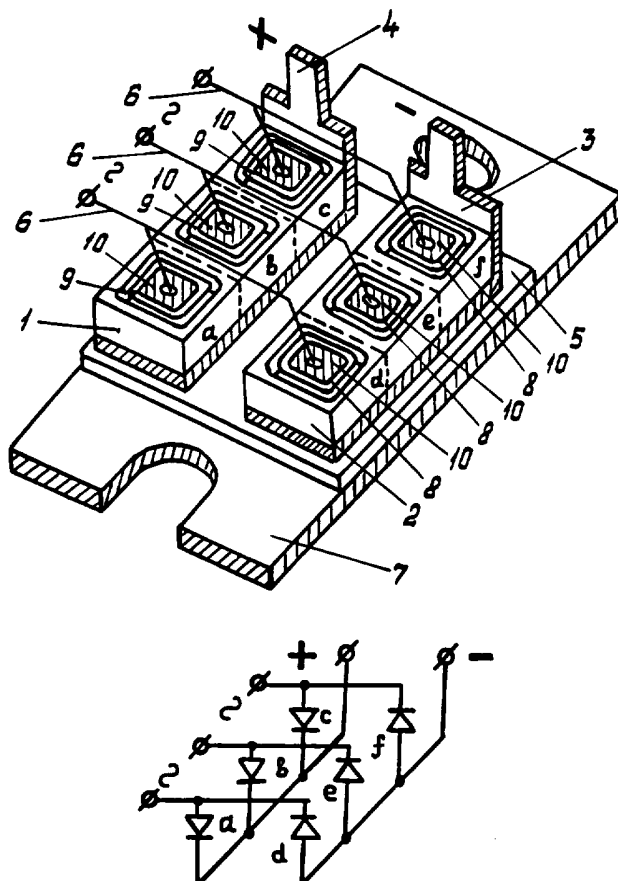
С отчетом о международном поиске.

(54) Title: SEMICONDUCTOR RECTIFIER MODULE

(54) Название изобретения: ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

(57) Abstract

The proposed semiconductor rectifier module comprises rectifier elements each of which is enclosed around its side surface by a layer of semiconductor material of type 1 conductivity; this layer is separated from material of type 2 conductivity by a closed spacing groove which cuts across the base p-n junction and is formed from the side opposite to the plane of the substrate. The anode and cathode groups of elements are arranged on a common insulating substrate on which are provided (in the form of metal strips) contacts with the common points of the two groups. The top contacts are connected in pairs, i.e. one from the cathode group, one from the anode group of elements, which can be either diodes or thyristors controlled from the anode and take the form of a multiple-layered structure in which alternate layers have different types of conductivity, or simistors (triacs), optothyristors or optosimistors controlled from the cathode. In the former case, the outer surface of the groove is situated (for example) at the boundary of the side layer and the base material. The groove can be offset from the periphery. Diode elements can be assembled as individual (hybrid) elements, or as two monocrystalline blocks for the anode and cathode groups and insulated by a layer of air, or as an integrated circuit with a common p-type side layer and two longitudinal spacing grooves whose outer sections are situated at the boundary between the common p-type side layer and the base material. The p-type layer can have a central insulating n-type layer and the integrated circuit crystal can have an upper and a lower groove, the bottoms of which are within the n-type layer.



Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано при выпрямлении переменного тока.

В основу изобретения положено конструктивное решение малогабаритного полупроводникового выпрямительного модуля, пригодного для работы с высокими токами и напряжениями, а также упрощения технологии создания подобных модулей.

Изобретение заключается в том, что каждый полупроводниковый выпрямительный элемент по боковой поверхности окружен слоем полупроводникового материала первого типа проводимости (боковой слой), причем от материала второго типа проводимости вышеуказанный слой первого типа проводимости отделен замкнутой разделительной канавкой, пересекающей базовый р-п переход. Канавка выполнена со стороны противоположающей плоскости основания. Изобретение позволяет разместить анодную и катодную группы элементов на общем изолирующем основании, на котором в виде металлических полос выполнены контакты к общим точкам анодной и катодной группы. Верхние контакты объединены попарно от одного катодного и одного анодного элементов.

В качестве выпрямительного элемента могут быть использованы диод, тиристор, симистор (триак), оптодиристор и оптосимистор.

В случае диода наружная поверхность канавки расположена на границе бокового, например, дырочного слоя и исходного материала. Канавка может быть смещена от периферии, но в этом случае уменьшается полезная площадь прибора. Диодные элементы могут монтироваться в виде отдельных (гибридных) элементов, в виде двух монокристаллических блоков для анодной и катодной групп, изолированных воздушным промежутком, или в виде интегральной схемы. В последнем случае анодная и катодная группы выполнены в одном кристалле с общим боковым слоем р-типа, причем кристалл выполнен с двумя продольными разделительными канавками, наружные части которых расположены на границе общего бокового слоя р-типа и исходного материала. В другом варианте боковой слой р-типа выполнен с центральным изолирующим слоем п-типа, причем кристалл выполнен с верхней и нижней продольными разделительными канавками, дно которых расположено в центральном изолирующем слое п-типа. В качестве управляемого полупроводникового выпрямительного элемента может быть использован тиристор, управляемый со стороны анода или тиристор, управляемый со стороны катода. Причем в качестве тиристора, управляемого со стороны анода, может быть использована многослойная структура с чередующимся типом проводимости.

В качестве полупроводникового выпрямительного элемента могут быть также использованы оптодиристор, симистор, оптосимистор.

В изобретении оговариваются размеры обязательного элемента модуля - разделительной канавки, обеспечивающие максимальное напряжение пробоя блокирующих р-п переходов.

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри-Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Малагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

Область техники

Изобретение относится к области электротехники и может
5 быть использовано при выпрямлении переменного тока.

Предшествующий уровень техники

В настоящее время для выпрямления переменного тока преимущественно используют либо диодные, либо тиристорные гибридные или интегральные выпрямительные мосты. Собычно (см. патент США
10 N 3654527, HCIL 3/00, 1972) диодные мосты представляют собой основание, преимущественно выполненное из металла и выполняющее функцию теплоотвода, на котором посредством прокладки из диэлектрического теплопроводного материала, в качестве которого используют преимущественно различные виды керамики или крем-
15 нийорганические соединения, установлены две металлические пластины, выполняющие функции тоководов. На каждой металлической пластине установлено не менее одного диода, причем включение диодов (на разных пластинах) выполнено встречно-параллельным. Изоляция диодных элементов как в отдельности, так и в групповом исполнении (гибридном или интегральном) осуществляется с помощью канавок по верхним и нижним плоскостям, что затрудняет монтаж выпрямительных модулей. При этом не определены оптимальные с точки зрения пробивных напряжений формы канавки. При гибридном исполнении модулей изоляцию между отдельными элементами
20 осуществляют посредством воздушных зазоров, что приводит к значительному увеличению размеров модулей, а также к уменьшению механической прочности.

В случае анодных мостов диоды анодной группы монтируются катодами на одну пластину, а диоды катодной группы - анодами
30 на другую пластину, контактные поверхности которых расположены в одной плоскости. В случае тиристорных управляемых модулей (заявки EP N 0015053 HCIL 23/00, 1980 или патент США N 4313128 HCIL 23/00, 1982) в силу того, что области управления расположены со стороны катода, тиристорные элементы ориентированы
35 анодными поверхностями к пластинам. Поскольку выпрямляемый ток должен быть подведен к катоду одной группы тириستоров и к аноду другой группы тиристоров, то при вышеуказанном способе монтажа тиристорных элементов подвод выпрямляемого тока и съем выпрямленного тока к тиристорам анодной группы затруднен и требу-

2

ет разработки специальных конструкций тсководов и токссъемни-
ков, что усложняет конструкцию, уменьшает ее надежность, уве-
личивает массу и габариты конструкции. Изоляция между стдель-
ными тиристорными элементами осуществляется обычно посредст-
вом воздушных зазоров, что увеличивает габариты устройства и
уменьшает надежность работы устройства из-за возможных попа-
даний между элементами проводящих сред, в частности, воды.

Ресьма перспективным с точки зрения весов и габаритов бы-
ли бы тиристорные модули, монтаж тиристорев анодной группы которых
осуществлялся бы катодами на общую пластину, а катодной груп-
пы - анодами на общую пластину, аналогично диодному выпрями-
тельному мосту (патент США № 3654527). В этом случае можно ис-
пользовать решения заявки Японии № 63-61786 HClL 29/74. Сдна-
ко для анодной группы необходимо использовать тиристорные эле-
менты, которые должны монтироваться катодом на основание. При
этом возникает проблема управления таким тиристорным элемен-
том, а также надежной изоляции р-п переходов. Сдним из вариан-
тов является тиристор, управляемый со стороны анода, причем
под управляющим электродом выполняется участок с электронным
типом проводимости (патент Великобритании № I 185667 HClL
23/00, 1970). Наличие пятого слоя приводит к проблеме неуправ-
ляемого включения при коммутации (эффект, аналогичный эффекту
 dv/dt) ком в триаках. Другим вариантом является перевер-
нутая р-п-р-п структура с управляющим электродом, расположен-
ным на нижней плоскости структуры, что усложняет сборку, при-
водит к снижению напряжения переключения из-за того, что пере-
вернутое полсжение р-п-р-п структуры не позволяет создавать
необходимый запас электрической прочности на поверхности за
счет специальных утолщений защитных покрытий. Эту проблему не
решают р-п-р-п структуры с канавкой и изолирующим р-слоем (за-
явка Японии № 63-61786 HClL 29/74, 21/316). Здесь так же, как
в случае патента США № 4313128, не определены оптимальные раз-
меры канавки.

В случае реверсивных выпрямительных мостов необходимо ис-
пользовать двунаправленные тиристоры - триаки или симисторы
(патент Великобритании № I185667 HClL 23/00). Сднако у этих
приборов имеют место различные токи управления для прямой и
обратной полярности, причем ток управления в обратном направле-
нии может существенно превышать ток управления обычного тирис-

3

тора.

Весьма перспективным, с точки зрения применения в выпрямительных схемах, являются оптотиристорные пары, где в качестве приемника излучения используется фототиристор, а в качестве источника света - полупроводниковый диод-излучатель. В этом случае реализуется электрическая развязка (изоляция) между цепями управления и основной цепью. Существует достаточное количество решений по фототиристору, управляемому со стороны катода (заявка ФРТ № 3951916 НС14 31/10). Однако для второй группы фототиристоров, управляемых со стороны анода, информация отсутствует, на наш взгляд, из-за того, что управление со стороны анода требует большей мощности.

Для схем реверсивных выпрямителей с изолированным входом в качестве выпрямительных элементов следует применять оптосимисторы, представляющие собой оптоэлектронную пару, где в качестве фотоприемника используется фотосимистор - двунаправленный переключатель, управляемый светом со стороны одной плоскости (К.А.Евсеев, А.Н.Думаневич. Новые типы симметричных тиристоров. Доклады Всемирного Электротехнического конгресса, секция 5А, доклад 42, Москва, 1977), а в качестве источника излучения - полупроводниковый диод-излучатель. Для фотосимистора проблема малой мощности управления при сохранении динамических характеристик стоит еще более остро, чем для фототиристора.

Раскрытие изобретения

В основу изобретения положено решение задачи малогабаритного полупроводникового выпрямительного модуля, пригодного для работы с высокими токами и напряжениями, а также упрощения технологии создания подобных модулей.

Поставленная задача решается за счет того, что в полупроводниковом выпрямительном модуле, содержащем металлическое основание, на котором размещена диэлектрическая теплопроводная прокладка с установленными на ней через два токосъема катодами и анодами, выпрямительные элементы катодной и анодной групп, выполненные в виде многослойной полупроводниковой структуры с чередующимся типом проводимости, один из слоев которой является исходным, и дополнительные токосъемы, выпрямительные элементы катодной и анодной групп модуля содержат вертикальный сквозной полупроводниковый слой, охватывающий исходный слой много-

4

слоистой полупроводниковой структуры, с выполненными на его наружной поверхности разделительными замкнутыми канавками, граничащими либо с верхним блокирующим р-п переходом при наличии верхнего и нижнего блокирующих переходов, либо с исходным полупроводниковым слоем, причем вертикальный сквозной полупроводниковый слой и исходный слой многослойной полупроводниковой структуры выполнены из материала с разным типом проводимости. Такое решение позволяет разместить анодную и катодную группы элементов на общем изолирующем основании, на котором в виде металлических полос выполнены контакты к общим точкам анодной и катодной групп. Верхние контакты осуществляются попарно (один катодный и один анодный элемент).

В качестве выпрямительного элемента катодной и анодной групп могут быть использованы диод, тиристор, симистор (триак), оптотиристор и оптосимистор. При этом используются тиристоры, управляемые со стороны катода, причем управляющий электрод тиристора анодной группы установлен на отдельной, изолированной от основания металлической площадке. Кроме того, в качестве выпрямительных элементов катодной группы могут быть использованы тиристоры, управляемые со стороны катода, а в качестве выпрямительных элементов анодной группы могут быть использованы тиристоры, управляемые со стороны анода, расположенного на р-эмиттере, причем катод расположен на п-эмиттере, а управляющий электрод - частично на р-эмиттере и частично по периферии на замкнутой области п-типа, выходящей за пределы управляющего электрода и выполненной в области р-эмиттера.

В качестве выпрямительных элементов катодной группы модуля могут быть использованы фототиристоры, управляемые со стороны катода, а в качестве выпрямительных элементов анодной группы - фототиристоры, управляемые со стороны анода, установленные катодом через токосъемы на диэлектрической прокладке и имеющие фотосокно на области р-эмиттера, являющейся анодом.

В случае использования в качестве выпрямительного элемента симистора (триака) с двумя основными и управляющим электродами под ним располагают области п- и р-типа, а разделительную канавку выполняют между контактами управляющего и основного электродов.

В случае использования в качестве выпрямительного элемента фототиристора - переключателя переменного тока, управляемого

5

светом с одной плоскости, его выполняют с зашунтированными крайними р-п переходами и перекрытием проекций крайних слоев п-типа на одну из главных плоскостей модуля в области центрально расположенного фотокна, сформированного в верхнем основном электроде, причем в области фотокна выполняют области как п-, так и р-типа, а в области проекции фотокна на нижнюю плоскость выполняют выступ п-типа.

При этом над каждым фототиристором установлен один источник света, а в качестве источника использован светодиод. Причем анодная и катодная группы выпрямительных элементов могут быть изолированы либо воздушным промежутком, либо кремнийорганическим компаундом.

Анодная и катодная группы выпрямительных элементов могут быть выполнены в виде единой многослойной полупроводниковой структуры с общим вертикальным сквозным слоем р-типа, причем единая многослойная полупроводниковая структура выполнена с двумя продольными нижними канавками, наружные части которых расположены на границе вертикального сквозного слоя р-типа и исходного слоя п-типа.

Анодная и катодная группы выпрямительных элементов могут быть выполнены в виде единой многослойной полупроводниковой структуры с общим вертикальным сквозным слоем р-типа, который выполнен с центральным изолирующим слоем п-типа, причем единая многослойная полупроводниковая структура выполнена с верхней и нижней продольными разделительными канавками, дно которых расположено в центральном изолирующем слое п-типа, а тиристоры, управляемые со стороны анода, имеют разрывы п-эмиттера, образующие область п-типа таким образом, что проекция управляющего электрода приходится на эту область, причем внутри и снаружи этой области выполнена область р-типа, отделяющая область п-типа от остального п-эмиттера, причем область п-типа выполнена с разрывами, а протяженность элементов области п-типа между разрывами составляет $(1-10) W_p$, где W_p - ширина области р-базы.

В области фотокна фототиристоров анодной группы в объеме области р-эмиттера выполнено не менее одной кольцевой области, разрыв которой ориентирован радиально относительно оси симметрии фотокна, причем кольцевая область выполнена в виде области п-типа проводимости, или в виде канавки, при этом глубина

6

кольцевой области составляет не менее величины слоя объемного заряда, возникающего в области р-эмиттера при максимальном обратном напряжении, а в области п-эмиттера под областью фотокна выполнена кольцевая область р-типа проводимости с разрывами, ориентированными радиально относительно оси симметрии кольцевой области.

В случае использования симистора (триака) разделительная канавка граничит с областью по меньшей мере одного типа проводимости, не покрытой металлизацией, при этом область, не покрытой металлизацией, является областью, выполненная либо из полупроводника п-типа проводимости, либо из полупроводника как р-, так и п-типа проводимости, а глубина разделительной канавки лежит в пределах от 0,1 до 0,5 глубины залегания крайнего со стороны области управления эмиттерного перехода; ширина разделительной канавки превышает ширину слоя объемного заряда крайнего эмиттерного перехода при максимальном обратном напряжении на управляющем электроде, причем часть канавки, приходящаяся на область п-типа, и часть канавки, приходящаяся на область р-типа, превышают ширину слоя объемного заряда в соответствующей области при упомянутом напряжении.

В случае использования фототиристора в области п-типа, находящейся на нижней плоскости под фотокном между осью симметрии и границей выступа п-типа на нижней плоскости выполнена область р-типа, причем область р-типа имеет форму или круга, или овала, или части кольца, ось симметрии которых совпадает с осью симметрии области управления, а выступ п-типа на верхней плоскости в области фотокна снабжен выемкой, ось симметрии которой совпадает с осью симметрии области управления, причем наиболее удаленная точка выемки расположена между осью симметрии области управления и границей фотокна, при этом между областью р-типа на нижней плоскости и областью р-типа под основными контактами выполнен канал р-типа, соединяющий эти области.

Кроме того, в выступе п-типа на верхней плоскости выполнены концентрично расположенные круговая область и кольцевая область р-типа, оси симметрии которых совпадают с осью симметрии фотокна.

Причем во всех вариантах исполнения выпрямительных элементов ширина разделительной канавки структуры не превышает

7

1,5 W_n , глубина канавки h ограничена пределами $x_j + \Delta x_{ск} < h < x_j + 0,5 W_n$, где W_n - толщина области

п-базы, x_j - глубина залегания р-п перехода, образованного базовыми областями, $\Delta x_{ск}$ - протяженность компенсированного

5 слоя в области п-базы, при этом дополнительно на внутренней стенке разделительной канавки выполнен уступ, причем ширина ступенки уступа не менее 1,5 W_{03} , глубина уступа не менее

$x_j + \Delta x_{ск}$, где W_{03} - ширина области объемного заряда в области п-базы при максимальном напряжении, а ступен-
10 ка уступа выполнена под углом 1-20° относительно р-п перехода, образованного базовыми областями, и пересекает этот р-п переход.

Браткое описание чертежей

Изобретение иллюстрировано чертежами. На фиг. 1 представ-
15 лен трехфазный диодный мостовой выпрямитель, анодная и катод-
ная группа которого смонтирована на металлических пластинах. На фиг. 2 и 3 представлены разрезы катодной и анодной групп. На фиг. 4 показана интегральная схема трехфазного мостового
20 диодного выпрямителя, выполненная в одном монокристалле. При-
соединение верхних контактов не показано, оно такое же, как на фиг. 1. Разрез по плоскости, перпендикулярной изолирующим
продольным канавкам, для двух вариантов изоляции между анод-
ной и катодной группами выполнен на фиг. 5 и 6. На фиг. 7
представлен трехфазный тиристорный мостовой выпрямитель, ти-
35 ристоры анодной группы которого имеют области управления,
выведенные на нижнюю плоскость кристалла. Разрез анодной и
катодной групп представлен на рис. 8 и 9. Поперечный разрез
выпрямителя, выполненный по основным контактам, дается на
рис. 10.

30 Сднокристалльное исполнение тиристорного выпрямителя при-
ведено на фиг. 11. Поперечный разрез выпрямителя для двух
вариантов межгрупповой изоляции показан на фиг. 13. На фиг.
14 представлен трехфазный мостовой тиристорный выпрямитель,
тиристоры анодной группы которого имеют управляющий электрод,
35 присоединенный со стороны анодной плоскости. Разрезы анодной
и катодной групп показаны на фиг. 15 и 16. На фиг. 17 приве-
ден разрез и вид сверху тиристора анодной группы. Сднокри-
сталльное исполнение тиристорного выпрямителя, тиристоры
анодной группы которого имеют управляющий электрод, располо-

женный со стороны анодной плоскости, реализуется аналогично предыдущему варианту (фиг. 11, 12, 13). На фиг. 18 показан оптотиристорный трехфазный мостовой выпрямитель (диоды - излучатели не изображены). Разрезы анодной и катодной групп
5 представлены на фиг. 19 и 20. На фиг. 21 и 22 дается разрез и вид сверху фототиристора, управляемого со стороны анода. Разрез и вид снизу фототиристора, управляемого со стороны анода с улучшенными динамическими характеристиками, приведен на фиг. 23 и 24. Сднокристалльное исполнение трехфазного
10 оптотиристорного мостового выпрямителя аналогично фиг. 11, 12, 13.

На фиг. 25 представлен фрагмент области управления триака с канавкой, частично заходящей в п-область эмиттера и п-область управляющего электрода. На рис. 26 канавка выпол-
15 нена в области р-п переходов в области между металлизацией основного электрода и электрода управления. Вид сверху, разрез и вид снизу фрагмента области управления фотосимистора с улучшенными динамическими характеристиками для трех вариантов изображены на фиг. 27 - 35. На фиг. 36 и 37 изображе-
20 но распределение слоя объемного заряда в тиристоре при прямом и обратном напряжении для неглубокой канавки. То же, но для глубокой канавки показано на фиг. 38, 39. Распределение слоя объемного заряда при наличии уступа в канавке дается на фиг. 40 (прямое напряжение) и на фиг. 41 (обратное
25 напряжение).

Лучший вариант осуществления изобретения

Изобретение позволяет реализовать выпрямительные модули, в которых в качестве полупроводниковых выпрямительных эле-
30 ментов могут быть использованы диоды, тиристоры, триаки (симисторы), фототиристоры, фотосимисторы, оптотиристоры и оптосимисторы. При этом возможны несколько вариантов продукции, производимой на основе изобретения. Это двухэлементные модули встречно-включенных элементов с одной общей точкой, трехэлементные однонаправленные модули с общей точкой, одно-
35 фазные выпрямительные мосты, трехфазные выпрямительные мосты, многофазные выпрямительные мосты, многоэлементные однонаправленные сборки с общей точкой и др.

В качестве примера лучшего варианта осуществления изобретения выбран трехфазный мостовой выпрямитель; это, с одной

сторны, достаточно широко применяемый вариант мостового выпрямителя, а с другой стороны – достаточно общий пример, из которого легко получить варианты однофазного мостового выпрямителя, модуля из двух встречно-включенных элементов с общей точкой, сборки из нескольких однонаправленных элементов с общей точкой и др.

Диодный модуль трехфазного мостового выпрямителя (фиг.1) содержит анодную I (3 диода) и катодную II (3 диода) группы, которые смонтированы на металлических пластинах 3 и 4, выполняющих функции токосъемников. При этом катоды анодной группы и аноды катодной группы контактируют соответственно с пластинами 4 и 3. В случае интегрального исполнения анодная и катодная группы выполнены в отдельных кристаллах. Изоляция групп от металлического основания 7 осуществляется с помощью изолирующей прокладки 5. Соединение между диодами осуществляется с помощью проводников 6, являющихся одновременно контактами трехфазной цепи переменного тока. Контакт к верхней плоскости полупроводниковых кристаллов осуществляется с помощью металлического слоя 10, который контактирует в случае катодной группы с полупроводником п-типа 8 и в случае анодной группы – с полупроводником р-типа 9. В случае гибридного исполнения анодная группа состоит из трех диодов а, в, с, соединенных встык. Соответственно, катодная группа состоит из элементов d, e, f. Возможность реализации группы в одном кристалле (интегральная схема), а также возможность соединения встык элементов внутри группы (гибридная схема) обеспечивается за счет того, что каждый выпрямительный элемент с боков окружен слоем р-типа, который в комбинации с канавкой, достигающей исходного материала п-типа, обеспечивает изоляцию высоковольтных переходов. Систему изоляции поясняют фиг. 2 и 3. На фиг. 2 изображен разрез катодной группы, которая реализована в исходном полупроводнике п-типа II (база диодов). Р-слой 10 является одновременно эмиттером диодов (нижняя горизонтальная часть) и элементом изоляции р-п перехода 12 (вертикальная часть).

Полупроводниковый кристалл, в котором выполнены диодные элементы, монтируется на общее металлическое основание 13. Контактные контакты 14 осуществляются к каждому элементу. На фиг. 3 изображен разрез анодной группы диодов, которая реализована

в исходном полупроводнике п-типа 16 (база диодов). Р-слой 17 является одновременно эмиттером диодов (верхняя и горизонтальная часть) и элементом изоляции базы от соседнего элемента (вертикальная часть), причем изоляция осуществляется с помощью р-п перехода 18. Контакты к полупроводниковому кристаллу осуществляются с помощью общего основания и верхней металлизации 19.

Межгрупповая изоляция на фиг. 1 осуществляется за счет того, что, с одной стороны, группы диодов монтируются на изолирующей подложке 5 (фиг. 1), а с другой стороны - между группами диодов имеется воздушный промежуток. Для уменьшения расстояния между группами этот промежуток заполняется изолирующим материалом, например, кремнийорганическим компаундом.

В случае гибридного варианта кристаллы на фиг. 2 и 3 разделяются на три фрагмента, как показывают штрихпунктирные линии, и каждый фрагмент монтируется встык на общее основание. Модуль на фиг. 1 состоит из двух групп диодов, которые изолированы друг от друга. Тем не менее, возможно реализовать мостовой выпрямитель в одном монокристалле. На фиг. 4 представлен монокристалл трехфазного мостового выпрямителя 20, который монтируется на металлические токоотводящие шины 21 и 22, прикрепленные к изолированным пластинам 23 и 24, находящимся на теплоотводе 25. Катодная группа диодов контактирует с общей пластиной 21, каждый диодный элемент катодной группы на верхней плоскости имеет металлизацию 24, нанесенную на область п-типа 26, выходящую на верхнюю плоскость диодных элементов. Анодная группа диодов контактирует с общей пластиной 22, каждый диодный элемент группы на верхней плоскости имеет металлизацию 28, нанесенную на область р-типа 27. Система верхних контактов аналогична фиг. 1. Верхние пластины, связывающие металлизацию групп 24 и 28, показаны штриховыми линиями. Внутригрупповая изоляция осуществляется канавками, окружающими по периметру диодные элементы на верхней плоскости. Дно канавки располагается в исходном материале п-типа. Межгрупповая изоляция осуществляется двумя способами. На фиг. 5, представляющей собой поперечный разрез кристалла, изображенного на фиг. 4, она осуществляется либо с помощью двух канавок, расположенных на нижней плоскости и пересекающих весь кристалл (фиг. 4), и верхних канавок, являющихся фрагментами внутригрупповой изоляции, либо с помощью од-

11

ной верхней и одной нижней канавки, как показано на фиг.5 штриховыми линиями. Разрез кристалла, изображенный на фиг.5, представляет собой комбинацию двух диодных структур, выполненных на основе исходного материала п-типа, являющегося базой 29, и сильнолегированного р-слоя 30, образующего с базой 29 р-п переход 31. Диодные структуры имеют контакты 32 и 33. На фиг.6 представлен другой вариант осуществления межгрупповой изоляции анодной и катодной групп диодов, выполненных в исходном полупроводнике п-типа 34. Сильнолегированный слой р-типа 35 создает на границе с р-слоем 34 р-п переход 36. Диодные элементы снабжены верхними контактами 37 и нижними контактами 38. Изоляция между диодными элементами на фиг.6 (межгрупповая изоляция) осуществляется с помощью центрального изолирующего слоя п-типа, окруженного со всех сторон слоями п-типа, и верхней и нижней изолирующей канавок, пересекающих весь кристалл, дно которых расположено в центральном изолирующем слое п-типа.

Тиристорный модуль трехфазного мостового управляемого выпрямителя изображен на фиг. 7. Основу его составляют два полупроводниковых кристалла, в которых выполнена катодная группа тиристоров 39 и анодная группа тиристоров 40. Кристаллы смонтированы на общих металлических пластинах 41 и 42, являющихся токоотводами выпрямителя. Ст теплоотвода 45 эти пластины отделены изолирующей пластиной 43. Соединения между тиристорами осуществляются с помощью проводников 44, являющихся одновременно контактами к трехфазной сети переменного тока. На верхней плоскости тиристоров анодной группы находится р-слой 46. Область управления тиристоров катодной группы 47 имеет р-тип проводимости. Остальная часть поверхности тиристорных элементов катодной группы в основном имеет п-тип проводимости 52. Тиристоры катодной группы имеют металлизацию области управления 49 и основного контакта 48. На изолирующей пластине помимо токоотводящих пластин 41 и 42 размещены металлические пластины 50, контактирующие с областями управления тиристоров анодной группы. К пластинам 50 и областям металлизации 49 присоединены управляющие выводы 51. Конструкцию анодной группы раскрывает фиг.8, на которой представлено ее продольное сечение. Анодная группа реализована в исходном кристалле п-типа, образующем п-базу 53. Ниже ее расположена р-база 54 и п-эмиттер 55. Слой

12

52, 53, 55 образуют р-п переходы 54 и 59. На верхнюю плоскость структуры выходят слои р-типа 56, образующие со слоем 52 р-п переход 57. Общим контактом является пластина 58. На верхних слоях р-типа 56 находятся контакты 60. На фиг. 9 представлено продольное сечение катодной группы тиристоров, которая реализована в исходном полупроводнике п-типа, образующем п-базу 61. Под ней расположен р-эмиттер 62, граница этих областей является р-п переходом 63. Над п-базой 61 находится р-база 64 и над ней - п-эмиттер 65. Эти три области образуют р-п переходы 66 и 67. Кристалл с тиристорными элементами размещен на общей токоотводящей пластине 68. На верхних п-эмиттерах 65 размещены верхние контакты 69. Поперечный разрез мостового выпрямителя, изображенного на фиг. 7, представлен на фиг. 10. Левая часть является разрезом катодной группы тиристоров, правая часть - анодной группы тиристоров, которые реализованы на основе исходного полупроводника п-типа 71, с образующего п-базу тиристора. Снизу и с боков п-база 71 охватывается слоем р-типа 72, сверху она граничит с р-базой 73. р-эмиттер катодной группы 74 и р-эмиттер анодной группы 73 имеют верхнюю металлизацию 76. На нижней плоскости размещаются основные токоотводы 77 и 78 и токоотвод от области управления 80.

В случае гибридного варианта анодная и катодная группы тиристоров набираются из трех тиристоров, соединенных встык. Это возможно благодаря наличию бокового р-слоя, окружающего каждый тиристорный элемент.

На фиг. 11 изображен трехфазный тиристорный мостовой выпрямитель, выполненный в одном монокристалле 81. Он располагается на двух токоотводящих металлических пластинах 82 и 83, которые контактируют с изолирующей прокладкой 84, расположенной на теплоотводе 86. Металлизация 85 на верхней плоскости образует основные контакты к р-области анодной группы 87. Металлизация 88 образует контакт к п-области, а металлизация 89 - контакт к р-области управления тиристоров катодной группы. Пластины 91 являются токоподводами к области управления тиристоров анодной группы. Система внешних выводов на фиг. 11 не показана, она аналогична фиг. 7.

Внутригрупповая изоляция осуществляется канавками на верхней плоскости, окружающими по периметру тиристорные элементы. Дно канавок располагается в исходном материале, внешний край

13

заходит на боковые области р-типа. Поперечный разрез мостового выпрямителя, показывающий систему межгрупповой изоляции, приведен на фиг. 12. Изоляция осуществляется либо с помощью двух канавок, расположенных на нижней плоскости и пересекающих весь кристалл, и верхнюю канавку, являющихся частями внутри групповой изоляции, либо с помощью одной верхней и одной нижней канавок, расположенных друг против друга, как показывают на фиг. 12 штриховые линии. Поперечный разрез выпрямителя (фиг. 12) представляет собой комбинацию двух тиристорных структур, выполненных на основе исходного материала п-типа, который является п-базой 92, содержащих сильнолегированные р-слои 93, сильнолегированный п-слой 96. На верхние и нижние слои 93 и 96 нанесена металлизация 95 и 97. На верхнюю и нижнюю области управления р-типа нанесена металлизация 94.

На фиг. 13 представлен другой вариант межгрупповой изоляции анодной и катодной группы тириستоров, выполненных в исходном полупроводнике п-типа 98. Полупроводниковые тиристорные структуры содержат сильнолегированные р-слои 99, сильнолегированные п-слои 100. На верхней и нижней плоскостях нанесена металлизация основных контактов 101 и 102, области управления имеют металлизацию 103.

На фиг. 14 изображен модуль мостового тиристорного выпрямителя, представленный в трехфазном варианте.

На фиг. 15 приведен разрез катодной группы, на фиг. 16 приведен разрез анодной группы тиристоров. На фиг. 17 приведен пример структуры тиристора, управляемого со стороны анода. Сдвоенное исполнение модуля тиристорного выпрямителя, тиристоры анодной группы которого имеют управляющий электрод, расположенный со стороны анода, реализуются аналогично предыдущему варианту (фиг. 11, 12, 13).

Устройство содержит (фиг. 14) теплоотвод 110, на котором размещена электроизоляционная теплопроводящая прокладка 108. На прокладке 108 установлены две металлические пластины 106 и 107. На пластине 107 размещены тиристоры анодной группы 104, на пластине 106 размещены тиристоры катодной группы 105. К тиристорам групп 104 и 105 со стороны верхней плоскости подведены тоководы 109.

Тиристоры катодной группы (фиг. 15) выполнены на основе исходного материала п-типа 114, содержат сильнолегированные р-

слои 115, сильнолегированные p-слои 116. металлизацию на верхней плоскости 117, покрывающую сильнолегированный p-слой и область управления p-типа, выходящую на верхнюю плоскость. Кристалл монтируется на токоотвод 118.

5 Тиристоры анодной группы (фиг.16) выполнены на основе исходного материала p-типа 119, содержат сильнолегированные слои p-типа 120 и сильнолегированные p-слои 121. Металлизация на верхней плоскости 122 покрывает сильнолегированный p-слой 120 и область управления, состоящую из участков p-типа 121 и
10 p-типа 120.

Устройство работает как обычный тиристорный выпрямитель. С отличием состоит только в работе тириستоров анодной группы (фиг. 16). При подаче сигнала управления отрицательной полярности из p-слоя 121 начинается инжекция электронов, которые
15 попадают в p-базу 119, понижают ее потенциал относительно p-слоя верхнего p-слоя 120 и вызывают инжекцию дырок в p-базу 119. Механизм включения аналогичен включению при присоединении управляющего электрода к p-базе. Это позволяет разместить управляющие электроды обеих групп на одной (верхней) плоскости, уменьшить размеры устройства. С другой стороны, возникновение в области управления пятислойной p-p-p-p-p структуры приводит к эффекту, известному в триаках как эффект $(dv/dt)_{com}$,
или неконтролируемому включению структуры в проводящее состояние при высоких скоростях коммутации напряжения.
25 Для устранения этого явления в рассматриваемом случае принимаются специальные мероприятия, которые разъясняет фиг.17.Здесь изображен фрагмент тиристора анодной группы (разрез и вид сверху), который реализован в исходном материале p-типа 124. Структура тиристора состоит также из сильнолегированных слоев p-типа 125 и p-типа 129 на верхней 130 и на нижней 131 плоскостях. Области p-типа имеют форму кольца. На нижней плоскости эти кольца соединены участками p-типа 131. Снизу структура тиристора покрыта сплошной металлизацией, сверху имеется металлизация области управления 128 в виде круга и основной части структуры -
35 в виде кольца 127. При такой конструкции включение осуществляется сначала в области малого кольца p-типа, затем включенное состояние распространяется по участкам 131 и достигает основной части структуры. Когда она включается, область структуры над малым кольцом p-типа практически не проводит тока, имеет

15

более низкую температуру и повышенную стойкость к эффекту $(dv/dt)_{com}$

Для тех случаев, когда необходимо иметь цепь управления, изолированную от основной цепи, предлагается модуль, основными элементами которого являются фототиристоры или оптоотиристоры. На фиг. 19 представлен фототиристорный вариант трехфазного мостового выпрямителя с изолированным входом. В случае оптоотиристорного варианта над каждым фототиристором располагается диод-излучатель. Устройство состоит из двух фототиристорных групп: анодной 131 и катодной 133, которые монтируются на токоотводах 135 и 134, расположенных на изолирующей пластине 136, контактирующей с теплоотводом 138. Система подвода переменного тока 137 показана штриховыми линиями.

Свойства фототириستоров катодной группы разъясняет фиг. 19. Фототиристоры состоят из п-базы (исходный материал) 139, сильнолегированной р-базы 141, р-эмиттера 140 и п-эмиттера 142. На верхней плоскости, со стороны которой подается свет, имеется металлизация 143. На нижней плоскости имеется общая металлизация 144.

Свойства фототиристоров анодной группы разъясняет фиг. 20. Фототиристоры состоят из п-базы (исходный материал) 145, р-базы 146, р-слоя 147, формирующего эмиттер и боковой слой, и п-эмиттера 148. На верхней плоскости, со стороны которой подается свет, имеется металлизация 149, на нижней плоскости - общая металлизация 150. Как следует из фиг. 19 и 20, катодная и анодная группы фототиристоров управляются светом соответственно со стороны катода и анода. Поскольку анодная группа фототиристоров управляется со стороны анода, то для включения этих тириستоров требуется большая мощность управления, чем для тиристоров катодной группы, управляемой со стороны катода. Для получения симметрии управления обеих групп предлагается ряд мероприятий, снижающих мощность управления без существенного ухудшения других параметров (напряжение переключения, скорость нарастания анодного напряжения и др.). Эти мероприятия раскрывают фиг. 21 и 22, на которых приведен разрез области управления и вид сверху фототиристора, управляемого со стороны анода. Структура фототиристора на фиг. 21 содержит п-базу 151, р-базу 152, р-эмиттер 153, п-эмиттер 154, области п-типа 154 и 155 на верхней плоскости структуры. В разделении носителей

16

(дырки и электроны, генерированных светом) в основном принимают участие р-п переходы I57 и I58. Структура имеет металлизацию на верхней и нижней плоскости I56. Области I54 и I55 имеют форму колец с разрывом (фиг. 22), ориентированным радиально относительно оси симметрии, что обеспечивает локализацию фототока в месте разрыва и способствует уменьшению мощности управления. Кольцевые области п-типа с разрывом I54 и I55 могут быть заменены канавками. Для уменьшения части света, поглощаемой р-слоем I53, в освещаемом участке р-слоя выполняется выемка I60, глубина которой не более разности толщины р-эмиттера и слоя объемного заряда, возникающее при максимальном обратном напряжении снижение перегрева структуры и повышение стойкости к эффекту du/dt достигается с помощью кольцевой области р-типа, снабженной не менее чем одним разрывом, показанной на фиг. 14, которая является видом снизу структуры, представленной на фиг. 23. Здесь I61 - п-база, I62 - р-эмиттер, I63 - р-база, I64 - п-эмиттер, I65 - область п-типа, по которой протекает фототок. При воздействии света вначале включается участок структуры, ограниченный областью I65. Далее включенное состояние распространяется через разрывы в р-кольце и достигает п-области I64, после включения области I64 ток нагрузки практически не протекает через центральный участок структуры, ограниченный п-областью I65.

В том случае, когда необходимо получить реверсивный (изменяющий направление выпрямленного тока) управляемый мостовой трехфазный выпрямитель, достаточно заменить в устройстве на фиг. 14 тиристоры на симисторы (триаки). Однако в этом случае остается проблема симметрии (выравнивания) токов управления в прямом и обратном направлениях. На фиг. 25 и 26 представлены конструкции структур триаков, особенностью которых являются уменьшенные токи управления и их более высокая симметрия. Структура на фиг. 25 содержит п-базу I68, слой P_1 I69, выполняющий функции эмиттера, р-базы и области управления, слой P_2 I70, выполняющий функции р-базы и эмиттера, п-эмиттера I71 и I72, слой P_3 I73, выполняющий функции области управления. Слои р и п-типа образуют р-п переходы I76, I77, I78, I79, I80. Сверху и снизу на основных электродах выполнена металлизация I75, на области управления имеется металлизация I74.

Структура на фиг. 26 содержит п-базу I90, слой P_1 I91, вы-

17

полняющий функции базы, эмиттера и области управления, слой P_2 192, выполняющий функции р-базы и эмиттера, п-эмиттеры 193 и 194, область управления п-типа 195. Слои п- и р-типа образуют р-п переходы 198, 199, 200, 201, 202. На основных электродах сверху и снизу нанесена металлизация 197, на области управления имеется металлизация 197. Структуры на фиг. 25 и 26 отличаются от известных структур триаков тем, что канавка, выполненная между металлизацией области управления и металлизацией основных контактов на верхней плоскости, либо частично заходит только в область p_1 (фиг. 25), либо частично заходит в области p_1 и p_2 (фиг. 26). В этом случае, по сравнению с известными структурами триаков, повышается плотность тока на краях инжектирующих переходов и снижаются токи управления.

Для тех случаев, когда необходимо получить реверсивный управляемый мостовой выпрямитель с изолированным входом, достаточно заменить в устройстве на фиг. 13 фототиристорные элементы на фотосимисторные элементы. Однако специфика применения фототиристоров в управляемых мостовых выпрямителях выдвигает ряд требований к фотосимисторам. Это прежде всего требование небольшой мощности управления, высоких скоростей нарастания тока и напряжения. Этим требованиям удовлетворяют структуры фотосимисторов, представленные на фиг. 27 - 29. На фиг. 27, 28, 29 изображен вид сверху, разрез и вид снизу структуры фотосимистора. В этих структурах приняты меры для того, чтобы в области первоначального включения имели место участки как прямоориентированных, так и обратноориентированных р-п-р-п структур. В известных структурах фотосимисторов в области первоначального включения реализуются пятислойные п-р-п-р-п структуры. Структура фотосимистора на фиг. 28 содержит п-базу 203, р-слои 204 и 205, выполняющие функции эмиттера и базы. Слои 206, 207, 208, 209 выполняют функции эмиттеров. На верхней плоскости металлизация 209 и 210 выполняет функцию контактов к основной части и области управления структуры, изображенных на фиг. 27 штриховыми линиями. Нижняя поверхность структуры покрыта металлизацией 212. На нижней плоскости в области выступа п-типа создается участок р-типа 213, который может соединяться каналом р-типа 214 с р-эмиттером 205. По сравнению с известными структурами фотосимисторов структура, изображенная на фиг. 27, 28, 29, отличается тем, что за счет уменьшения про-

18

тяженности п-слоя 207 и создания участка 213 при включении в прямом и обратном направлении в области начального включения в прямом и обратном направлении реализуется р-п-р-п структура. Включение происходит следующим образом. Вначале включается в
5 участок, где реализована р-п-р-п структура, затем включенное состояние по каналу распространяется к основной части структуры (прямая полярность). При обратной полярности ток протекает от выступа п-типа на верхней плоскости к нижней плоскости (область 206).

10 На фиг. 30, 31, 32 изображены вид сверху, разрез и вид снизу еще одного варианта структуры фотосимистора с улучшенными динамическими характеристиками. Структура получена на основе исходного материала п-типа (п-база 215), содержит р-слои 216 и 217, выполняющие функции базы и эмиттера, п-слои 218, 219, 220, 221, являющиеся эмиттерами, металлизацию на верхней плоскости 222, 223, 224, 225, на фиг. 30 показанную штриховыми линиями, металлизацию 226 на нижней плоскости. На нижней плоскости в области п-типа 218 выполнен участок р-типа в виде части кольца 226, которое может быть связано с областью р-типа 217, выходящей
20 на нижнюю плоскость, каналом р-типа, показанным на фиг. 32 штриховыми линиями. По сравнению с предыдущим вариантом фиг. 27, 28, 29 участок р-типа на верхней плоскости приближен к области включения за счет выемки р-типа на выступе п-типа 219. Участок р-типа 213 преобразован в часть кольца 226. Эти мероприятия уменьшают падение напряжения на р-п-р-п структуре в начальный момент включения и увеличивают вероятность попадания области первоначального включения в участок р-типа 226 на нижней плоскости структуры. Два последних варианта относятся к структурам с регенеративным управляющим электродом. Тем не менее, эти технические решения применимы и к нерегенеративным
30 структурам. В этом случае фотокно ограничивается областями внутри полуколец.

На фиг. 33, 34, 35 представлен третий вариант оптосимистора с обычной (нерегенеративной) системой управления. Геометрия
35 р- и п-областей на нижней плоскости фиг. 34 аналогична фиг. 33. Проблема приближения области включения к участкам, где реализованы четырехслойные р-п-р-п структуры решается с помощью чередующихся колец п- и р-типа в области управления (фотокно) на фиг. 33, где область фотокно отмечена штриховой окружно-

стью. Эффект повышения скорости нарастания нагрузочного тока имеет место и в случае структуры, вид сверху которой изображен на фиг. 32, а вид снизу - на фиг. 35, т.е. без введения дополнительного участка р-типа в области выступа п-типа на нижней плоскости структуры.

Обязательным элементом рассмотренных выше конструкций является замкнутая по контуру канавка, дно которой располагается в исходном материале п-типа, а внешняя часть соприкасается с боковым слоем р-типа. Канавка в принципе является пассивным элементом, так как через нее не протекает ток нагрузки. В связи с этим канавка должна иметь минимальные размеры, выполняя при этом свое функциональное назначение - повышение пробивного напряжения р-п перехода на поверхности. Решению этой задачи посвящены технические предложения, представленные на фиг. 36 - 41. На фиг. 36 представлен разрез периферийной части р-п-р-п структуры, выполненной на основе исходного полупроводника п-типа (п-база 233). Структура также содержит р-слой 236, выполняющий функции эмиттера и бокового сильнолегированного слоя, и п-эмиттер 230. Слои образуют р-п переходы 233, 234, 235. На верхней плоскости имеется металлизация 231, на нижней - 232. Особенностью прибора на фиг. 36 является неглубокая канавка, дно которой расположено в п-базе 237, а глубина канавки h имеет величину порядка $\chi_j + \Delta \chi_{ек}$, где χ_j - глубина залегания р-п перехода 235, $\Delta \chi_{ек}$ - протяженность скомпенсированного слоя в п-базе. При прямом включении р-п-р-п структуры (- на верхнем контакте 231 и + на нижнем контакте 232) слой объемного заряда (заштрихованная часть фиг. 36) смыкается с местом выхода на поверхность р-п перехода 234. Этого можно избежать, если расстояние между выходом на поверхность р-п перехода 234 и границей объемного заряда на дне канавки будет превышать эффективную ширину п-базы $W_{неф}$. На фиг. 37 представлена структура с неглубокой канавкой при обратном напряжении на структуре (+ на верхнем контакте, - на нижнем контакте), выполненной на основе полупроводника п-типа 230. Структура содержит также р-базу 238, р-слой 237, выполняющий функции эмиттера и бокового сильнолегированного слоя, п-эмиттер 239, контакты к полупроводнику 240 и 241. Р- и п-слои образуют р-п переходы 242, 243, 244. Чтобы не имело места смыкание слоя объемного заряда при макси-

20

мальном обратном напряжении, необходимо, как и в случае прямого
 напряжения, чтобы расстояние между выходом р-п перехода 224 на
 поверхность и границей объемного заряда на дне канавки превы-
 шало эффективную ширину п-базы $W_{\text{неф}}$. На фиг. 36 и 37 объем-
 ный заряд обозначен штриховыми линиями. На фиг. 38 и 39 пред-
 ставлена р-п-р-п структура соответственно при прямом и обрат-
 ном напряжениях на контактах в случае глубокой канавки, когда
 глубина канавки h значительно превышает величину $X_j + \Delta X_{\text{ск}}$.
 На фиг. 38 и 39 соответственно приняты следующие обозначения:
 исходный материал – базы п-типа 227 и 236, р-база 229 и 238,
 р-эмиттер 228 и 237, п-эмиттер 230 и 239, контакты 231, 232,
 240, 241, р-п переходы 233, 234, 235, 242, 263 и 244. При прямом
 смещении граница слоя объемного заряда на поверхности канавки
 в основном находится в районе крутой части канавки. При таком
 варианте максимальное значение глубины канавки определяется
 требованиями обеспечения работы структуры в обратном направле-
 нии (фиг. 39), когда слой объемного заряда должен выходить на
 максимально возможную поверхность канавки. Такой вариант пред-
 ставлен на фиг. 39. Если учесть требования прямого и обратного
 включения, то максимальная глубина канавки не должна превы-
 шать величины h , где h – геометрическая ширина п-
 базы. Таким образом, глубина канавки выбирается из условия

$$X_j + 0,5 W_n \geq h \geq X_j + \Delta X_{\text{ск}}$$

Следует указать на то, что на практике не существует значения
 глубины канавки, которая бы обеспечила одинаковые условия для
 прямого и обратного включения. Если учесть, что канавке на
 практике реализуется методом травления, то с учетом разброса
 неглубокая канавка имеет глубину $2 \div 3 (X_j + \Delta X_{\text{ск}})$. Для
 глубоких канавок обеспечиваются лучшие условия для обратного
 включения. Возможно еще одно техническое решение, которое поз-
 воляет совместить положительные стороны неглубокой и глубокой
 канавок. На фиг. 40 и 41 представлена конструкция р-п-р-п
 структуры, особенностью которой является наличие уступа в об-
 ласти канавки. Здесь приняты соответственно следующие обозна-
 чения: исходный материал – п-база 263 и 272, р-база 265 и 274,
 р-эмиттер 264 и 273, п-эмиттер 266 и 276, р-п переходы 269,
 270, 271 и 277, 278, 280, контакты 267, 268 и 276, 279. Нали-
 чие уступа приводит к тому, что правая часть канавки может

21

рассматриваться как неглубокая канавка, обеспечивающая высокие прямые напряжения. Левая часть канавки может рассматриваться как глубокая канавка, обеспечивающая высокие обратные напряжения. В соответствии с этим глубина уступа H выбирается исходя из требований к глубине неглубокой канавки. Ширина уступа не менее $1,5 W_{03}$ (W_{03} - ширина слоя объемного заряда с тем, чтобы поверхностная напряженность электрического поля в среднем не превышала объемную). Для того чтобы свести к минимуму технологические разбросы, пологая часть уступа (ступенка)

10 может выполняться под небольшим углом ($1-10^\circ$). На фиг.40 это показано штриховой линией.

Ширина канавки задает протяженность периметра канавки ниже линии р-п перехода, которая (протяженность) должна быть не менее максимальной ширины объемного заряда. С учетом того, что канавка может иметь не вертикальные, а наклонные стенки, необходимо, чтобы ширина канавки по крайней мере не менее чем в полтора раза превышала ширину слоя объемного заряда. Канавка может состоять из борового слоя р-типа, как показано на фиг. 40,41, но минимальные затраты полезной площади будут в том случае, когда внешняя часть канавки совпадает с границей борового слоя р-типа.

Выбранный выше в качестве примера модуль трехфазного выпрямительного моста отнюдь не ограничивает возможности применения технических решений. Эти решения, охваченные формулой изобретения, позволяют реализовать следующие изделия:

1. Двухэлементные модули

- двухэлементные диодные встречно-параллельные модули,
- двухэлементные тиристорные встречно-параллельные модули,
- двухэлементные встречно-параллельные оптотиристорные модули,
- 20 - двухэлементные однонаправленные диодные модули,
- двухэлементные однонаправленные тиристорные модули,
- двухэлементные однонаправленные оптотиристорные модули,
- двухэлементные симисторные модули,
- двухэлементные оптосимисторные модули.

35 2. Трехэлементные модули

- трехэлементные однонаправленные диодные модули с общей точкой,
- трехэлементные однонаправленные тиристорные модули с общей точкой,
- трехэлементные однонаправленные оптотиристорные модули с об-

2 2

шей точкой,

- трехэлементные симисторные модули,
- трехэлементные оптосимисторные модули.

3. Однофазные мостовые выпрямители

- 5 - однофазные диодные мостовые выпрямители,
- однофазные тиристорные мостовые выпрямители,
- однофазные оптотиристорные мостовые выпрямители,
- однофазные реверсивные симисторные мостовые выпрямители,
- однофазные реверсивные оптосимисторные мостовые выпрямители.

10 4. Полууправляемые выпрямители

- диодно-тиристорные полууправляемые модули,
- диодно-тиристорные полууправляемые однофазные мостовые выпрямители,
- 15 - диодно-оптотиристорные полууправляемые однофазные мостовые выпрямители,
- диодно-тиристорные трехфазные полууправляемые мостовые выпрямители,
- диодно-оптотиристорные трехфазные полууправляемые мостовые выпрямители с изолированным входом.

20 5. Многоэлементные модули и многофазные выпрямители

- многоэлементные диодные модули,
- многоэлементные тиристорные модули,
- многоэлементные оптотиристорные модули,
- многоэлементные симисторные модули,
- 25 - многоэлементные оптосимисторные модули,
- многофазные диодные мостовые выпрямители,
- многофазные тиристорные мостовые выпрямители,
- многофазные оптотиристорные мостовые выпрямители с изолированным выходом,
- 30 - многофазные реверсивные оптосимисторные мостовые выпрямители,
- многофазные диодно-тиристорные полууправляемые мостовые выпрямители,
- многофазные диодно-оптотиристорные полууправляемые мостовые выпрямители с изолированным выходом.

35

Фактически заявляемые технические решения позволяют решить проблему создания практически любых схем выпрямителей и их фрагментов, в том числе в гибридном и интегральном варианте на основе диодов, тириستоров, симисторов, оптотиристоров, сп-

23

тосимисторов. Наряду со сказанным, элементы модулей могут быть использованы в виде дискретных полупроводниковых приборов или бескорпусных элементов. Такими приборами могут быть:

- 5 - прямосориентированные диоды (диодный элемент анодной группы диодов, фиг. 3),
- обратноориентированные диоды (диодный элемент катодной группы диодов, фиг. 3),
- обратноориентированные тиристоры (тиристорный элемент анодной группы тиристоров, фиг. 16, фиг. 17),
- 10 - обратноориентированные фототиристоры и оптоотиристоры (фиг. 31 - 34),
- тиристоры и симисторы с уменьшенными токами управления, фиг. 35, 36,
- 15 - фотосимисторы и оптосимисторы с высокими скоростями нарастания тока нагрузки, фиг. 37-39.

Конструкции области управления, фиг. 35 и 36, применимы к дискретным тиристорам и симисторам. Аналогично, конструкции канавки, представленные на фиг. 38 - 41, могут быть использованы в дискретных диодах, тиристорах и симисторах.

- 20 Предлагаемые устройства могут быть изготовлены с использованием общепринятой планарной или гибридной технологии. Боковой слой р-типа изготавливается или методом встречной диффузии алюминия, или методом термомиграции алюминия.

- 25 Конкретное исполнение устройств зависит от условий их последующей эксплуатации.

24

Формула изобретения

1. Полупроводниковый выпрямительный модуль, содержащий металлическое основание, на котором размещена диэлектрическая теплопроводная прокладка с установленными на ней через два то-
5 косьема катодами и анодами, выпрямительные элементы катодной и анодной групп, выполненные в виде многослойной полупроводниковой структуры с чередующимся типом проводимости, один из слоев которой является исходным, и дополнительные токо-
отличающийся тем, что выпрямительные элементы катодной и анодной групп модуля содержат вертикальный сквозной
10 полупроводниковый слой, охватывающий исходный слой многослойной полупроводниковой структуры, с выполненными на его наружной поверхности разделительными замкнутыми канавками, граничащими либо с верхним блокирующим р-п переходом при наличии
15 верхнего и нижнего блокирующих переходов, либо с исходным полупроводниковым слоем, причем вертикальный сквозной полупроводниковый слой и исходный слой многослойной полупроводниковой структуры выполнены из материала с разным типом проводимости.

2. Модуль по п. 1, отличающийся тем, что в качестве выпрямительного элемента использован диод.
20

3. Модуль по п. 1, отличающийся тем, что в качестве выпрямительных элементов использованы тиристоры, управляемые со стороны катода, причем управляющий электрод тиристор-
25 анодной группы установлен на отдельной, изолированной от основания металлической площадке.

4. Модуль по п. 1, отличающийся тем, что в качестве выпрямительных элементов катодной группы использованы тиристоры, управляемые со стороны катода, а в качестве выпрямительных элементов анодной группы использованы тиристоры, управ-
30 ляемые со стороны анода, расположенного на р-эмиттере, причем катод расположен на п-эмиттере, а управляющий электрод - частично на р-эмиттере и частично по периферии на замкнутой области п-типа, выходящей за пределы управляющего электрода и выполненной в области р-эмиттера.

5. Модуль по п. 1, отличающийся тем, что в качестве выпрямительных элементов катодной группы использованы фототиристоры, управляемые со стороны катода, а в качестве выпрямительных элементов анодной группы - фототиристоры, управ-
35 ляемые со стороны анода, установленные катодом через токо-

мы на диэлектрической прокладке и имеющие фотоокно на области р-эмиттера, являющейся анодом.

5 6. Модуль по п. I, отличающийся тем, что в качестве выпрямительного элемента использован симистор (триак) с двумя основными и управляющим электродами, под которым расположены области п- и р-типа, а разделительная канавка выполнена между контактами управляющего и основного электродов.

10 7. Модуль по п. I, отличающийся тем, что в качестве выпрямительного элемента использован фототиристор - переключатель переменного тока, управляемый светом с одной плоскости, с зашунтированными крайними р-п переходами, выполненный с перекрытием проекций крайних слоев п-типа на одну из главных плоскостей модуля в области центрально расположенного фотоокна, сформированного в верхнем основном электроде, причем в области фотоокна выполнены области как п-, так и р-типа, а в области проекции фотоокна на нижнюю плоскость выполнен выступ п-типа.

20 8. Модуль по пп. 5 или 7, отличающийся тем, что над каждым выпрямительным элементом установлен один источник света.

9. Модуль по п. 8, отличающийся тем, что в качестве источника использован светодиод.

25 10. Модуль по п. I, отличающийся тем, что анодная и катодная группы выпрямительных элементов изолированы воздушным промежутком.

11. Модуль по п. I, отличающийся тем, что анодная и катодная группы выпрямительных элементов изолированы кремнийорганическим компаундом.

30 12. Модуль по п. I, отличающийся тем, что анодная и катодная группы выпрямительных элементов выполнены в виде единой многослойной полупроводниковой структуры с общим вертикальным сквозным слоем р-типа, причем единая многослойная полупроводниковая структура выполнена с двумя продольными нижними канавками, наружные части которых расположены на границе вертикального сквозного слоя р-типа и исходного слоя п-типа.

35 13. Модуль по п. I, отличающийся тем, что анодная и катодная группы выпрямительных элементов выполнены в виде единой многослойной полупроводниковой структуры с общим

26

вертикальным сквозным слоем р-типа, который выполнен с центральным изолирующим слоем п-типа, причем единая многослойная полупроводниковая структура выполнена с верхней и нижней продольными разделительными канавками, дно которых расположено в центральном изолирующем слое п-типа.

5 I4. Модуль по п. 4, отличающийся тем, что тиристоры, управляемые со стороны анода, имеют разрывы п-эмиттера, образующие область п-типа таким образом, что проекция управляющего электрода приходится на эту область, причем внутри и снаружи этой области выполнена область р-типа, отделяющая область п-типа от остального п-эмиттера.

I5. Модуль по п. I4, отличающийся тем, что область п-типа выполнена с разрывами.

15 I6. Модуль по п. I5, отличающийся тем, что протяженность элементов области п-типа между разрывами составляет $C, I - I0 W/p$, где W/p - ширина области р-базы.

20 I7. Модуль по п. 5, отличающийся тем, что в области фотоокна фототиристоров анодной группы в объеме области р-эмиттера выполнено не менее одной кольцевой области, разрыв которой ориентирован радиально относительно оси симметрии фотоокна.

I8. Модуль по п. I7, отличающийся тем, что кольцевая область выполнена в виде области п-типа проводимости.

25 I9. Модуль по п. I7, отличающийся тем, что кольцевая область выполнена в виде канавки.

30 20. Модуль по п. I7, отличающийся тем, что глубина кольцевой области составляет не менее величины слоя объемного заряда, возникающего в области р-эмиттера при максимальном обратном напряжении.

21. Модуль по п. I7, отличающийся тем, что в области п-эмиттера под областью фотоокна выполнена кольцевая область р-типа проводимости с разрывами, ориентированными радиально относительно оси симметрии кольцевой области.

35 22. Модуль по п. 6, отличающийся тем, что разделительная канавка граничит с областью по меньшей мере одного типа проводимости, не покрытой металлизацией.

23. Модуль по п. 22, отличающийся тем, что областью, не покрытой металлизацией, является область, выпол-

27

ненная либо из полупроводника п-типа проводимости, либо из полупроводника как р-, так и п-типа проводимости.

24. Модуль по п. 22, отличающийся тем, что глубина канавки лежит в пределах от 0,1 до 0,5 глубины залегания крайнего со стороны области управления эмиттерного перехода.

25. Модуль по п. 22, отличающийся тем, что ширина канавки превышает ширину слоя объемного заряда крайнего эмиттерного перехода при максимальном обратном напряжении на управляющем электроде, причем часть канавки, приходящаяся на область п-типа, и часть канавки, приходящаяся на область р-типа, превышают ширину слоя объемного заряда в соответствующей области при упомянутом напряжении.

26. Модуль по п. 7, отличающийся тем, что в области п-типа, находящейся на нижней плоскости под фотоокном между осью симметрии и границей выступа п-типа, на нижней плоскости выполнена область р-типа.

27. Модуль по п. 26, отличающийся тем, что область р-типа имеет форму или круга, или овала, или части кольца, ось симметрии которых совпадает с осью симметрии области управления.

28. Модуль по пп. 26 или 27, отличающийся тем, что выступ п-типа на верхней плоскости в области фотоокна снабжен выемкой, ось симметрии которой совпадает с осью симметрии области управления, причем наиболее удаленная точка выемки расположена между осью симметрии области управления и границей фотоокна.

29. Модуль по пп. 26 или 27, отличающийся тем, что между областью р-типа на нижней плоскости и областью р-типа под основными контактами выполнен канал р-типа, соединяющий эти области.

30. Модуль по пп. 26, или 27, или 29, отличающийся тем, что в выступе п-типа на верхней плоскости выполнены концентрично расположенные круговая область и кольцевая область р-типа, оси симметрии которых совпадают с осью симметрии фотоокна.

31. Модуль по п. 1, отличающийся тем, что ширина разделительной канавки структуры не превышает $1,5 \sqrt{W_n}$, глубина канавки h ограничена пределами $\chi_j + \Delta \chi_{ек} < h < \chi_j +$

28

+ 0,5 W_n , где W_n - толщина области п-базы, x_j' - глубина залегания р-п перехода, образованного базовыми областями, $\Delta x_{ск}$ - протяженность компенсированного слоя в области п-базы.

- 5 32. Модуль по п. 31, отличающийся тем, что дополнительно на внутренней стенке разделительной канавки выполнен уступ, причем ширина ступенки уступа не менее 1,5 $W_{сз}$, глубина уступа не менее $x_j' + \Delta x_{ск}$, где $W_{сз}$ - ширина области объемного заряда в области п-базы при максимальном напряжении.

10

33. Модуль по п. 32, отличающийся тем, что ступенка уступа выполнена под углом 1-20° относительно р-п перехода, образованного базовыми областями, и пересекает этот переход.

01 / 23

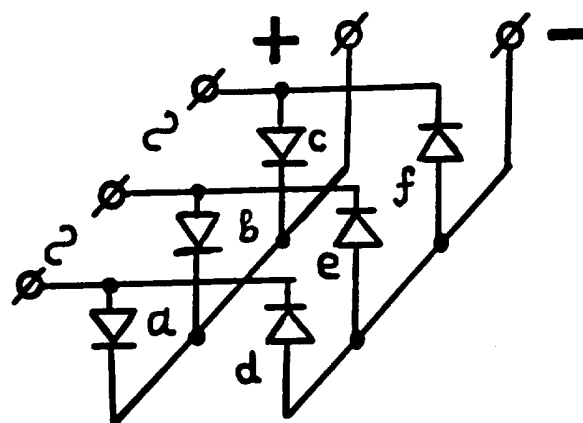
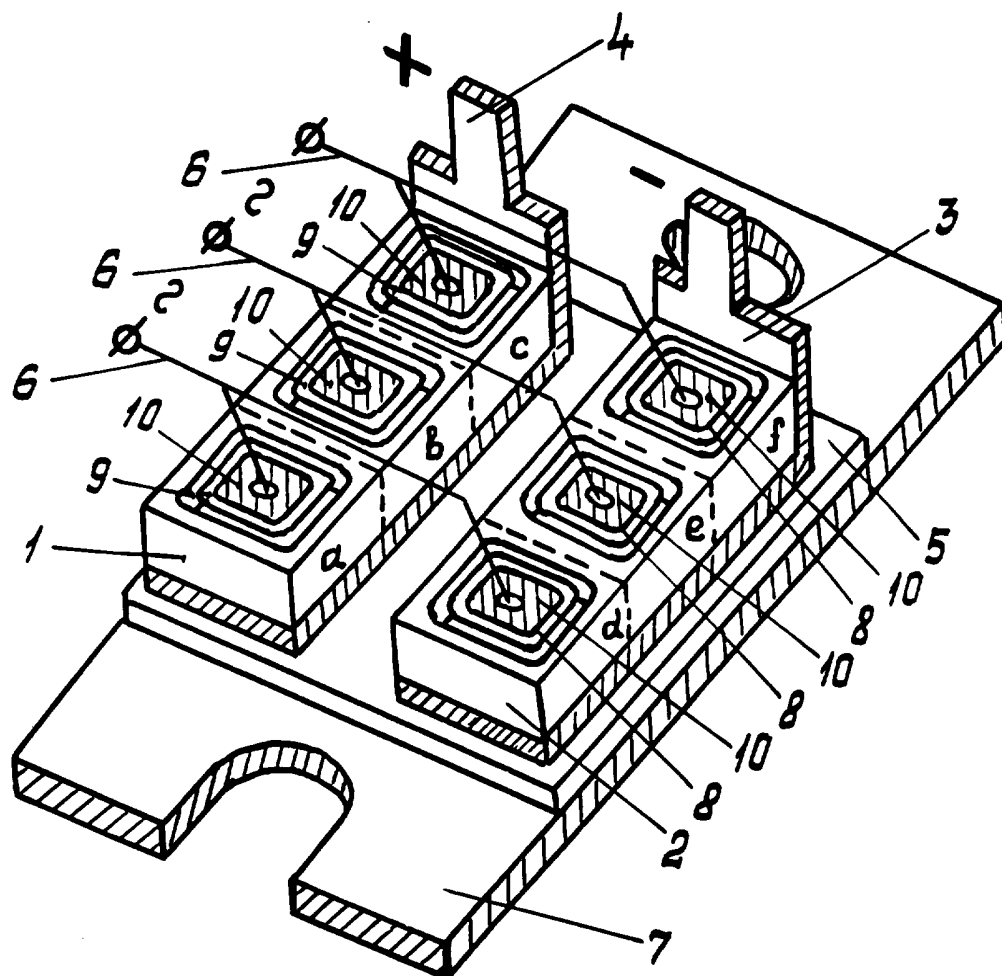


Fig.1

0.2 / 23

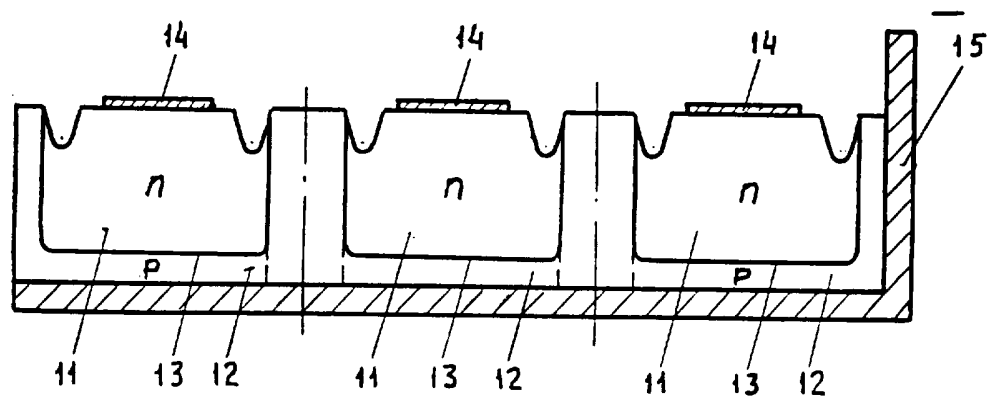


Fig. 2

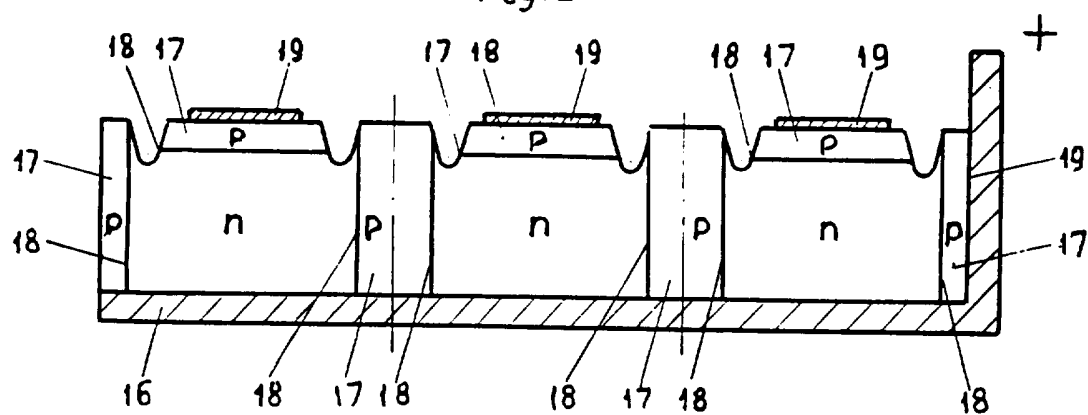


Fig. 3

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО

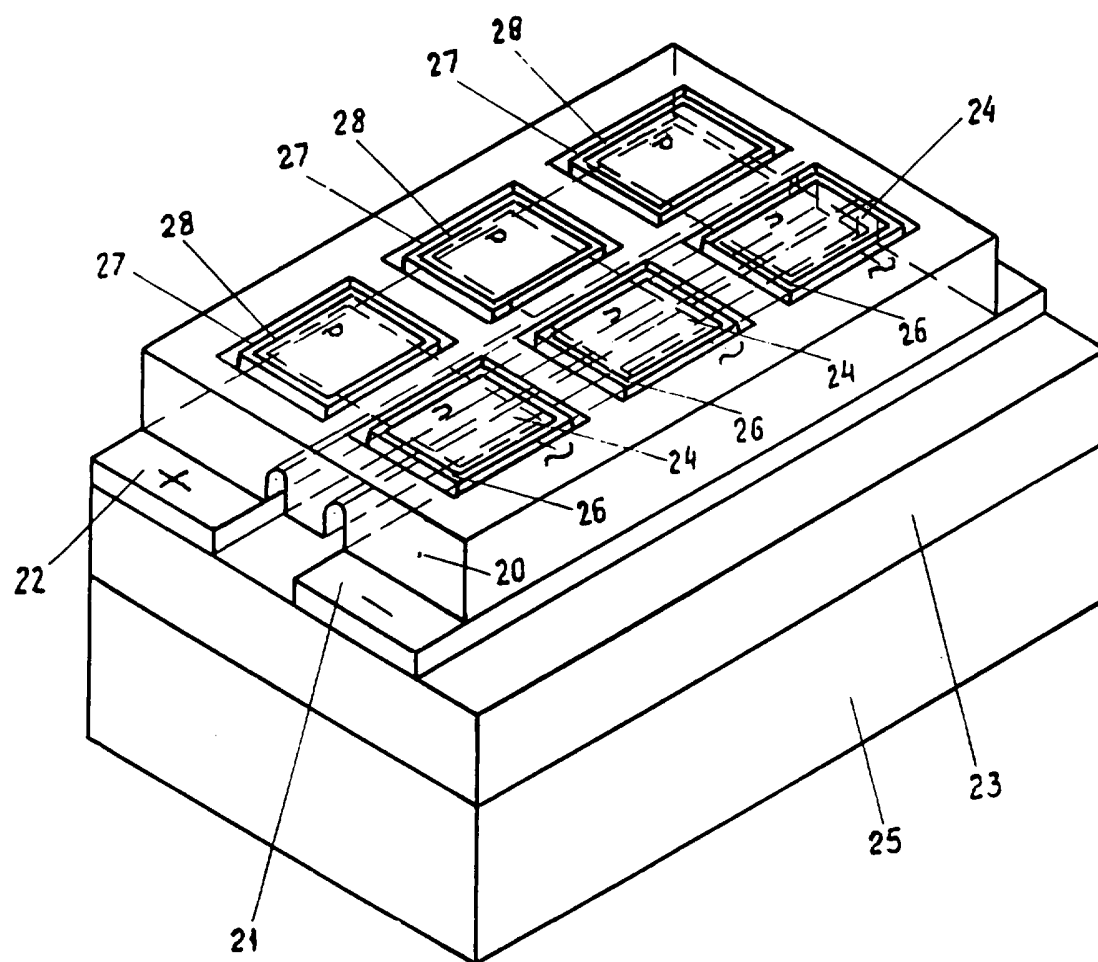


Fig. 4

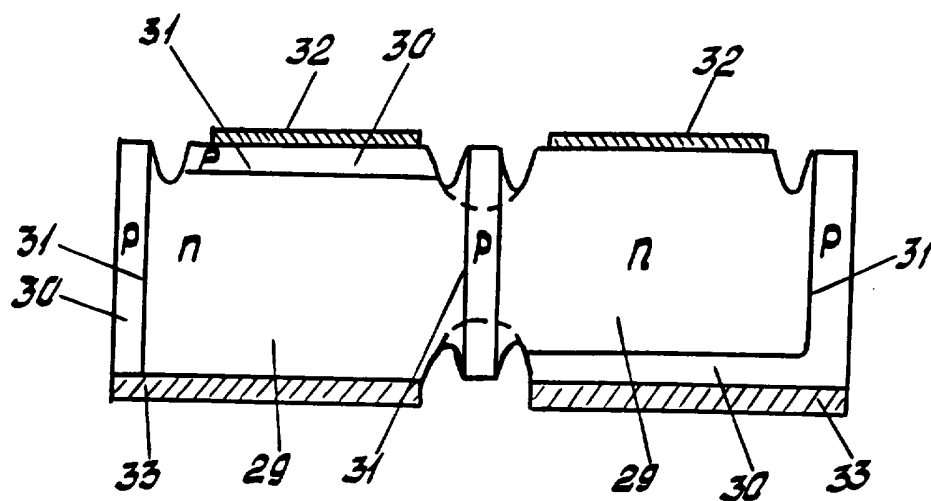


Fig. 5

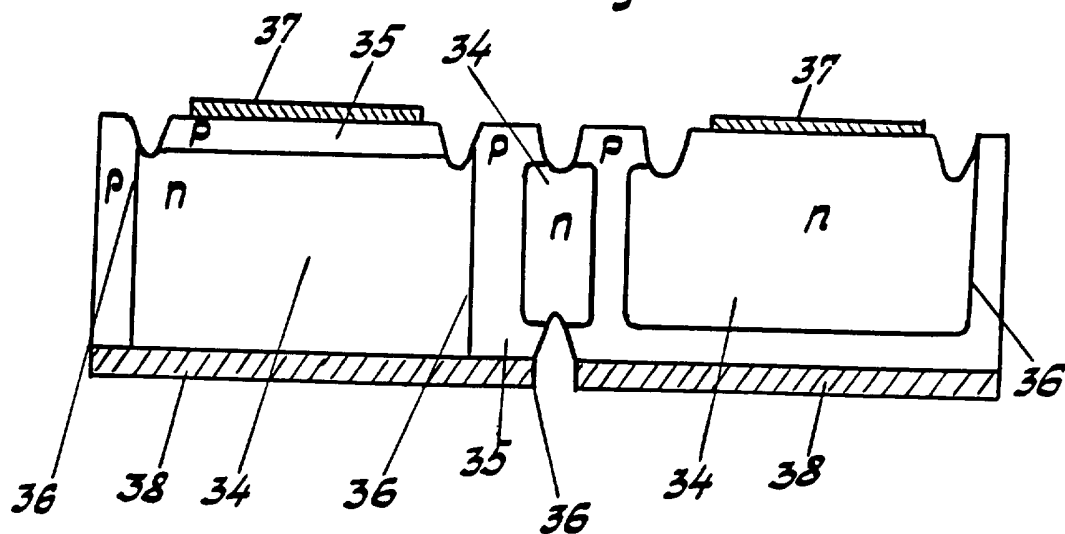


Fig. 6

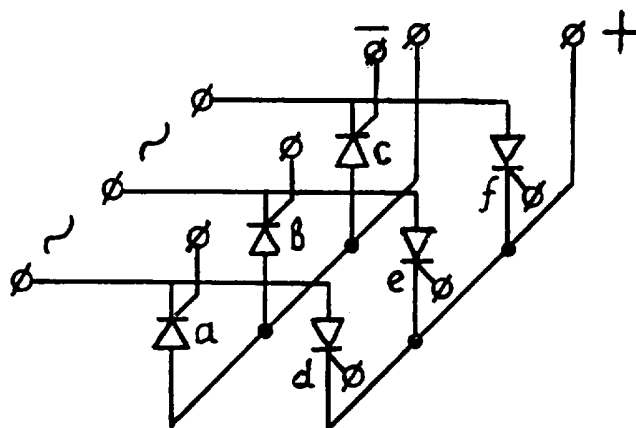
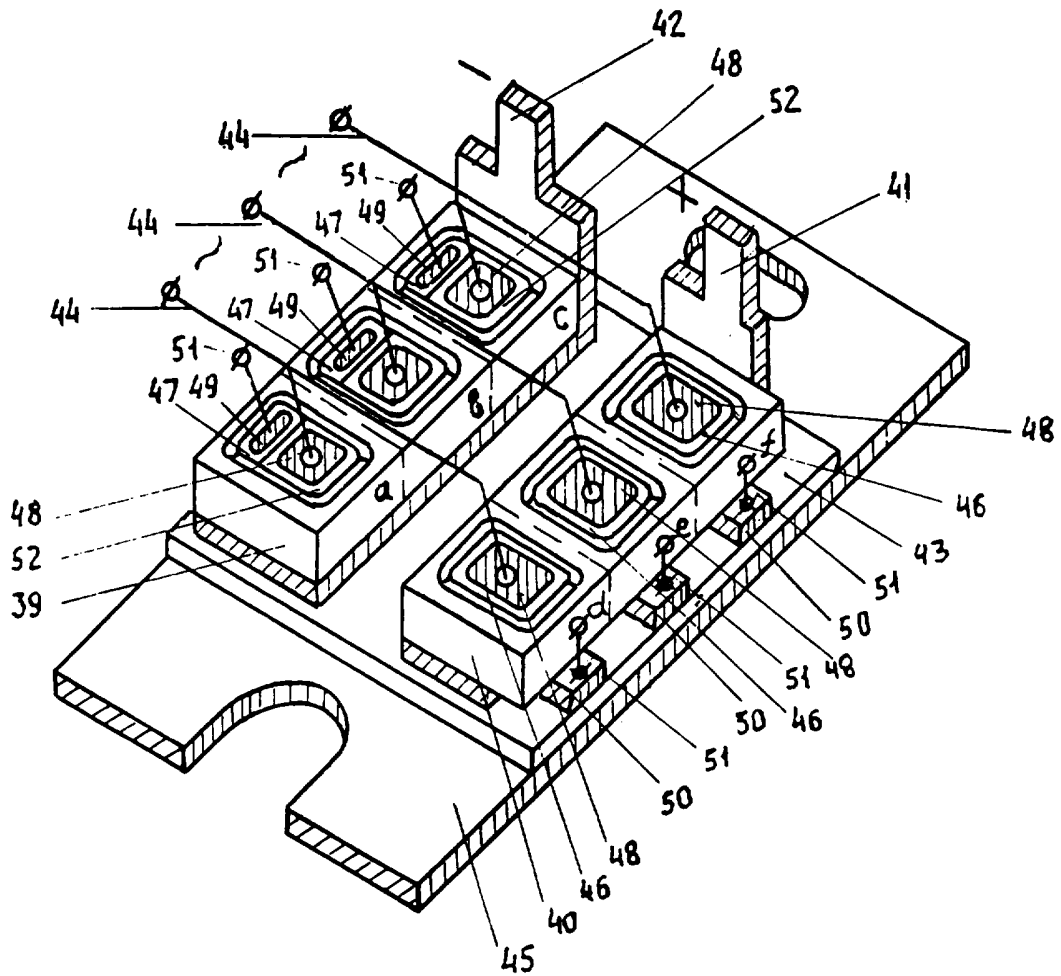


Fig. 7

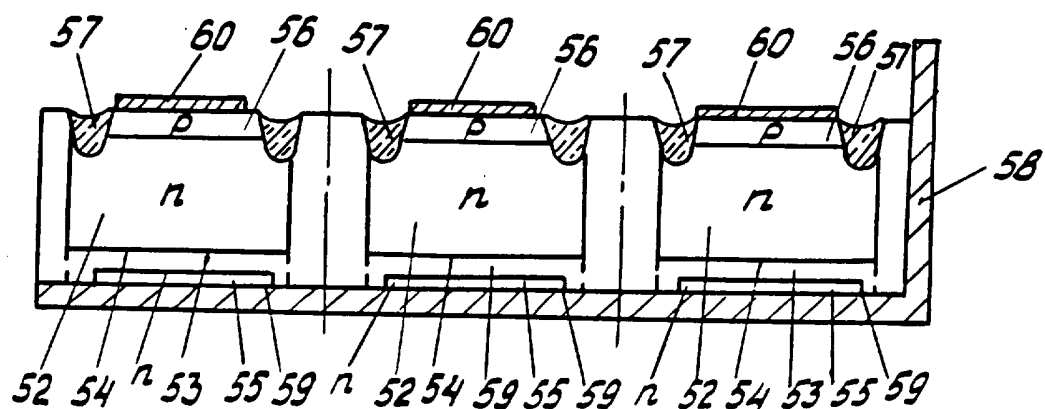


Fig. 8

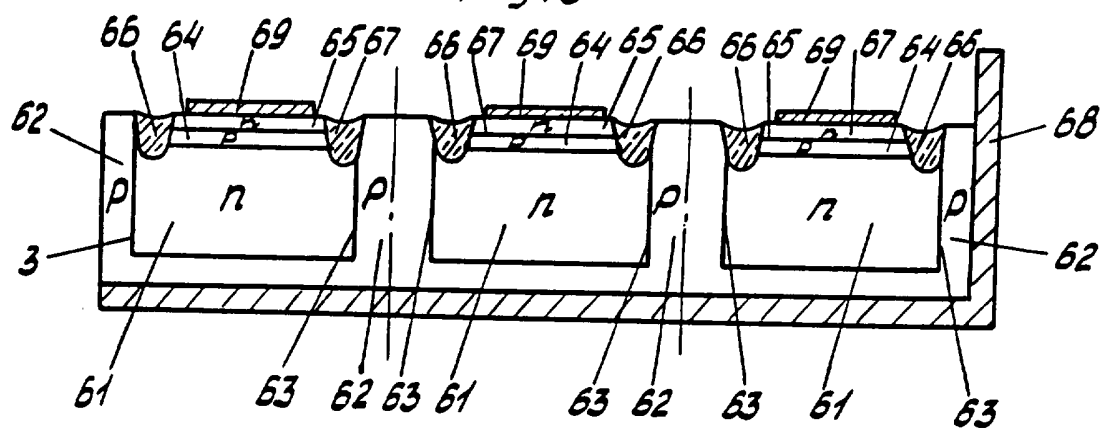


Fig. 9

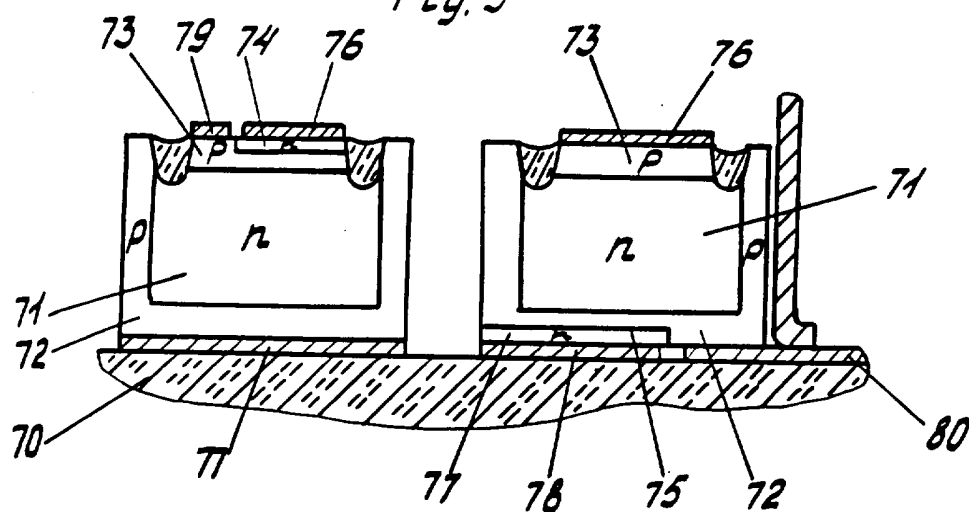


Fig. 10

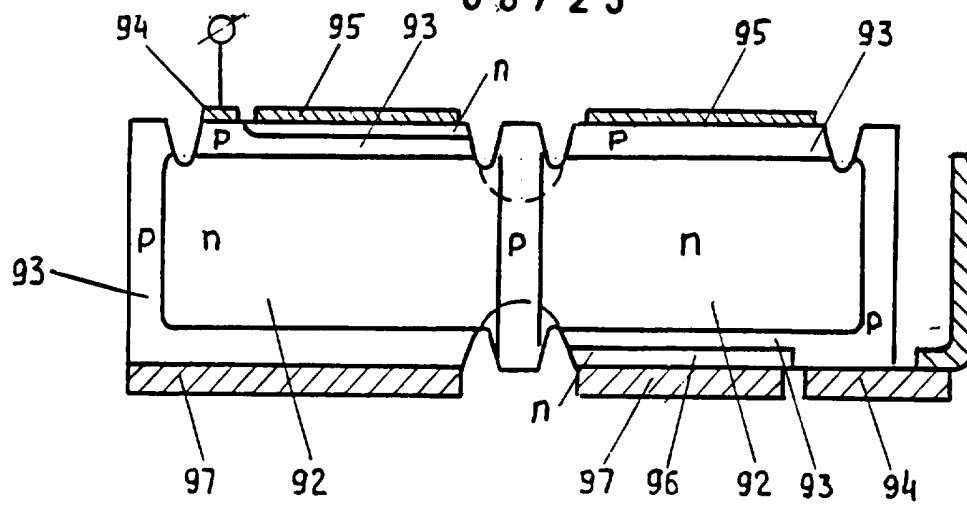


Fig. 12

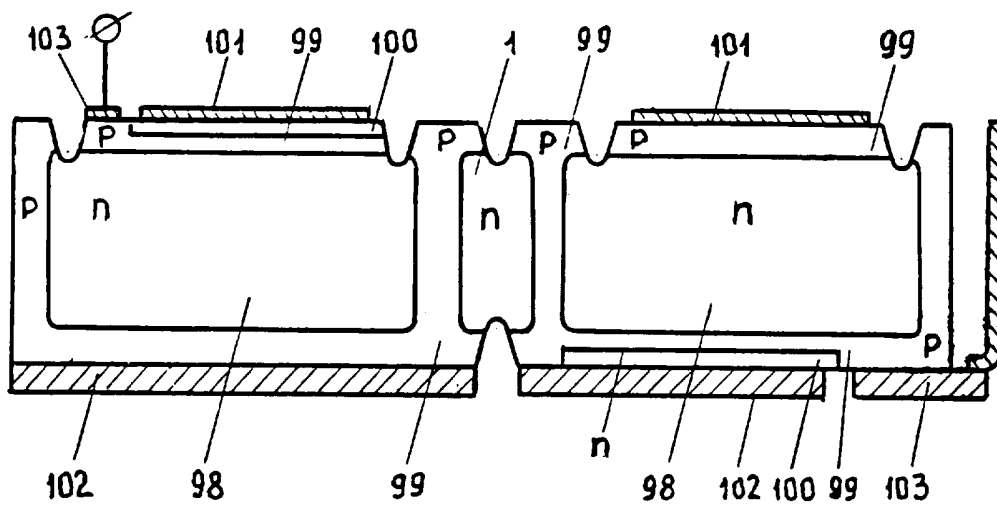


Fig. 13

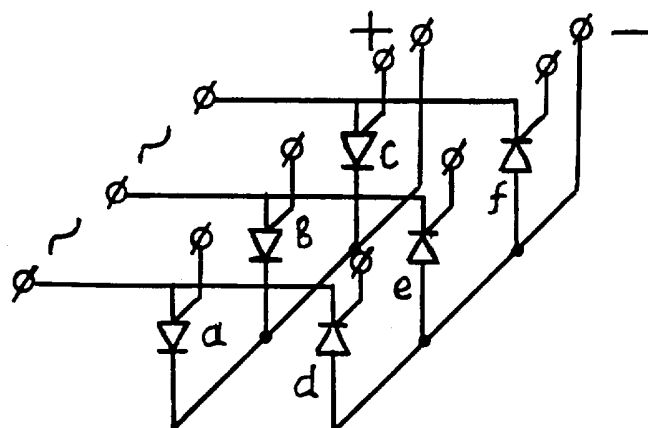
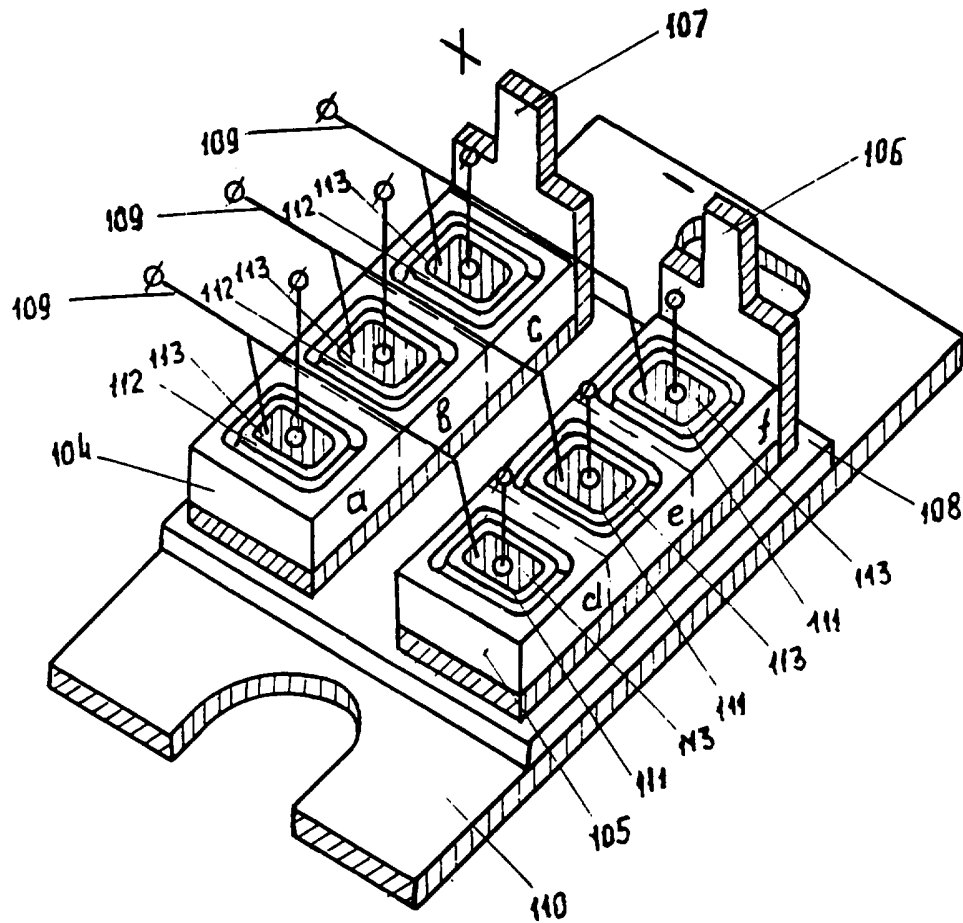


Fig.14

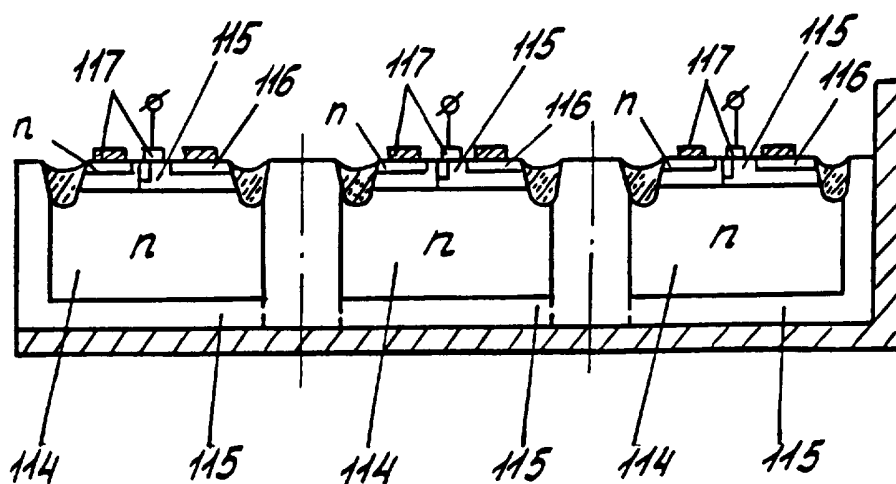


Fig. 15

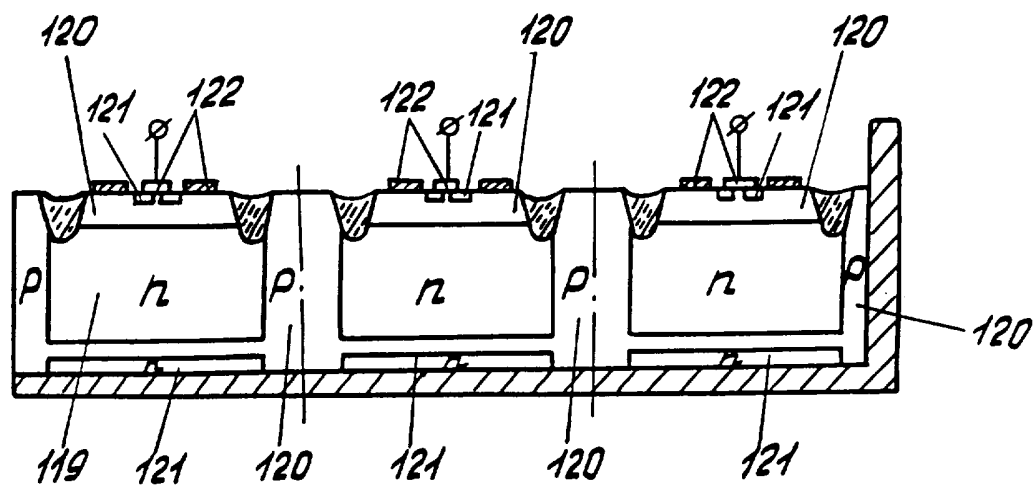


Fig. 16

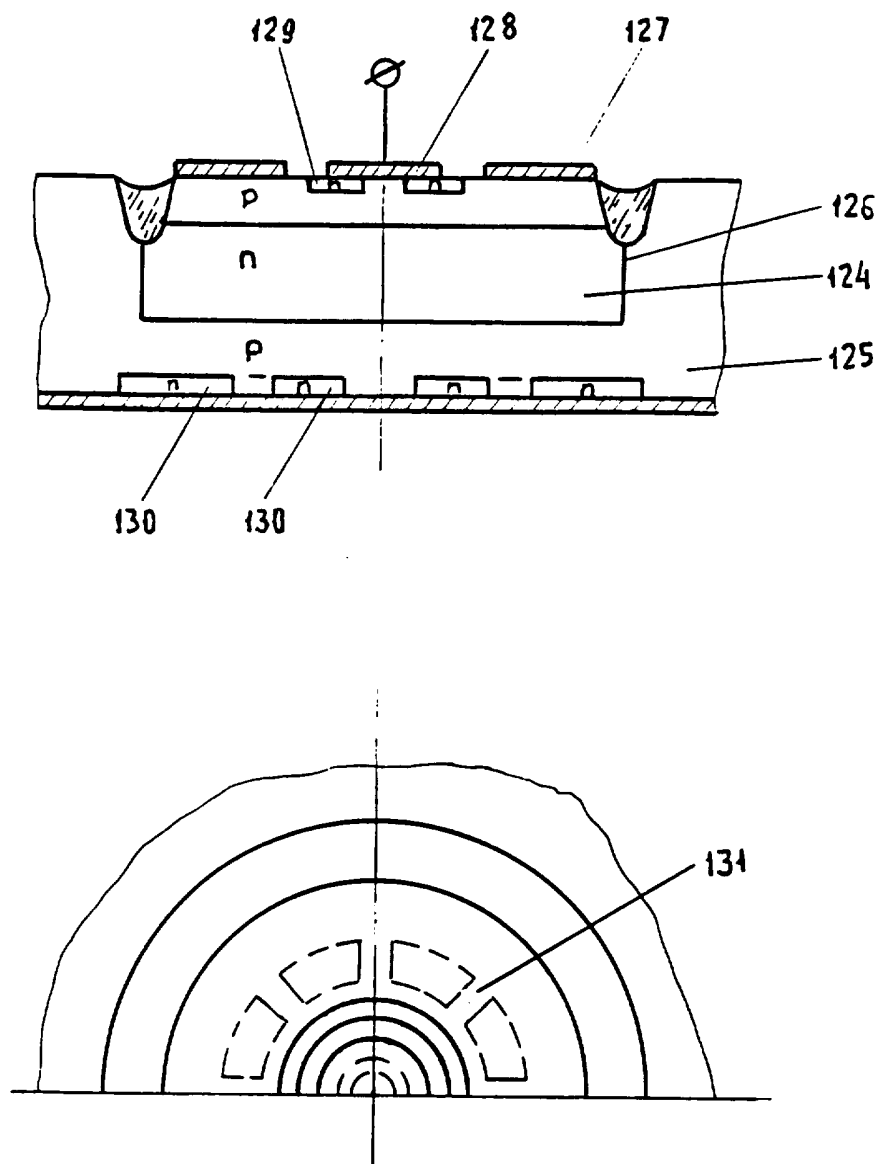


Fig. 17

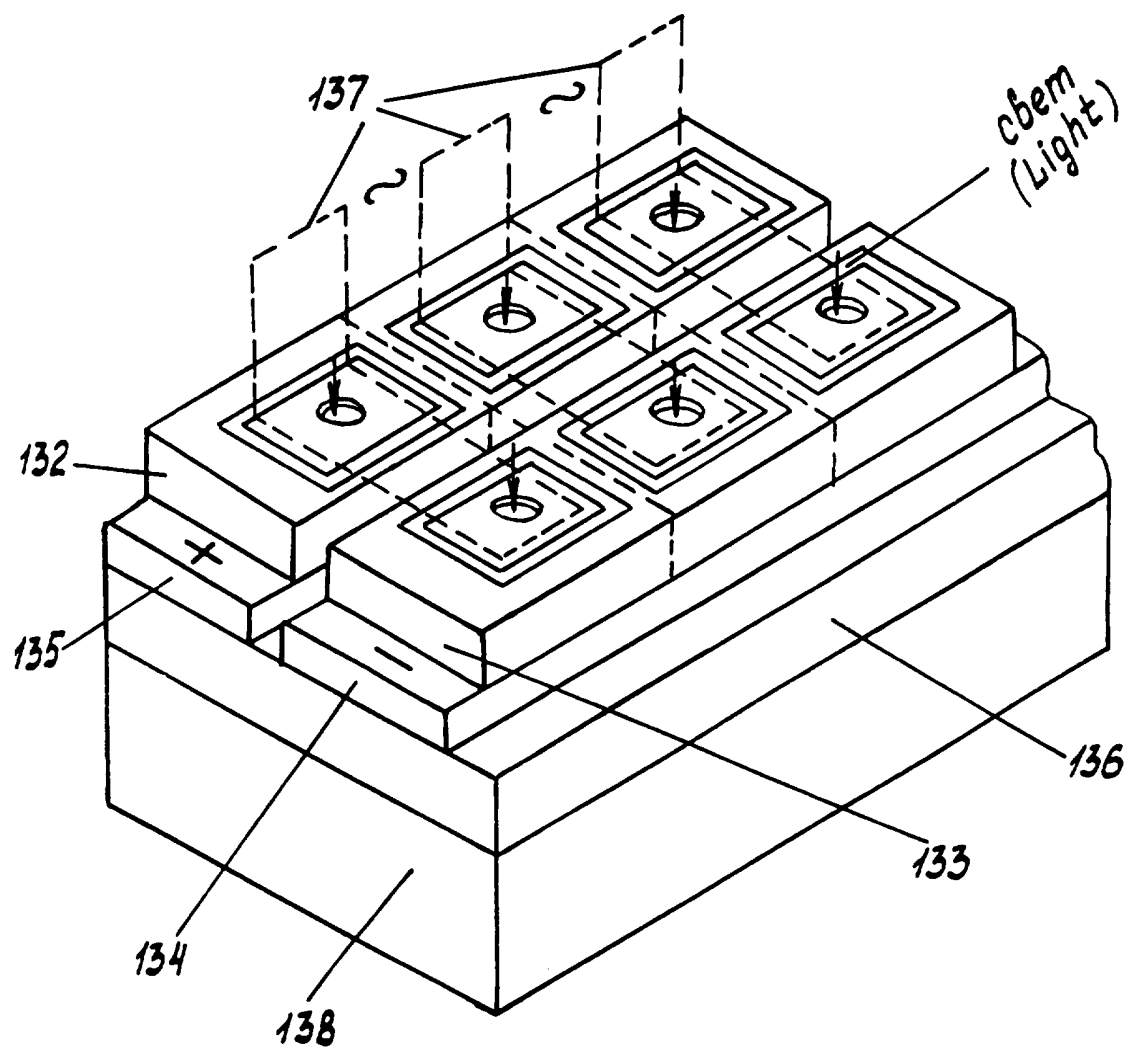
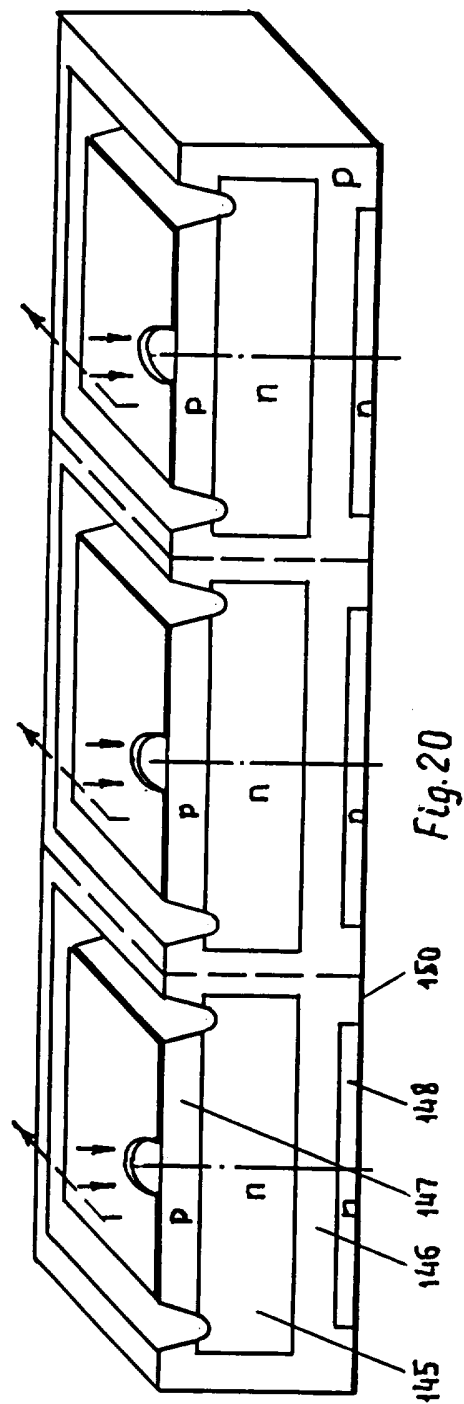
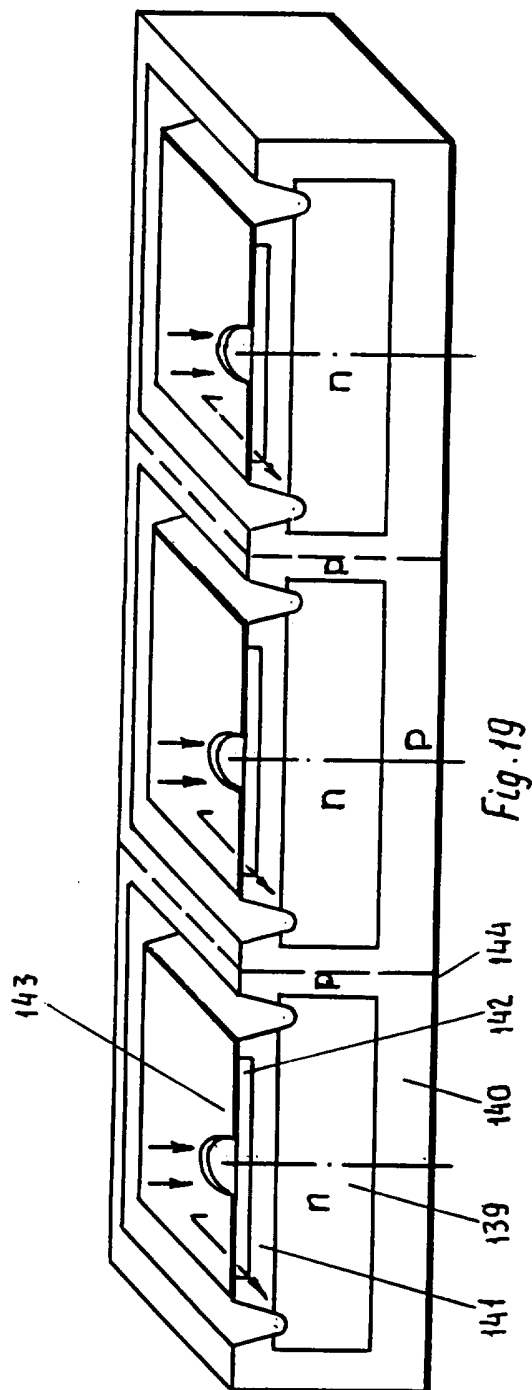


Fig. 18

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО



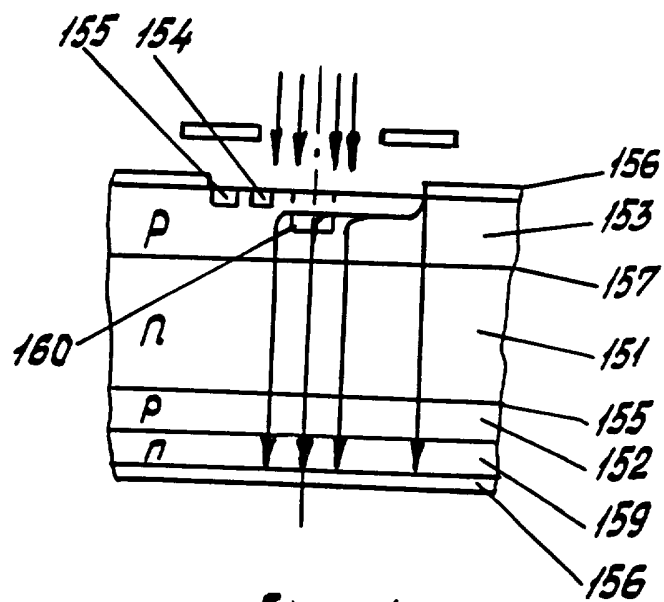


Fig. 21

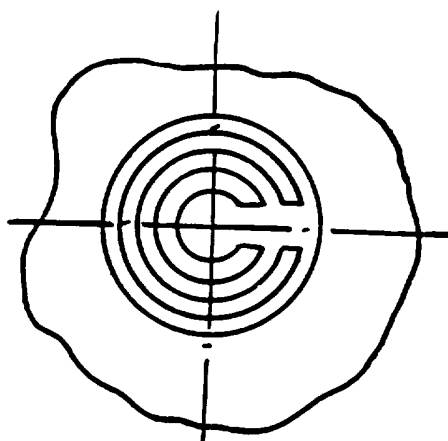


Fig. 22

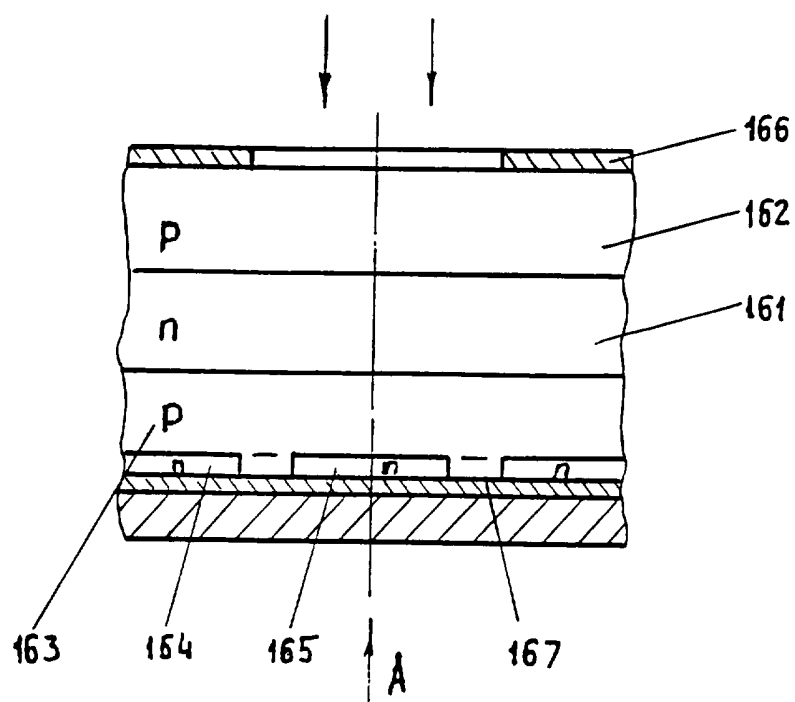


Fig. 23

Вид А

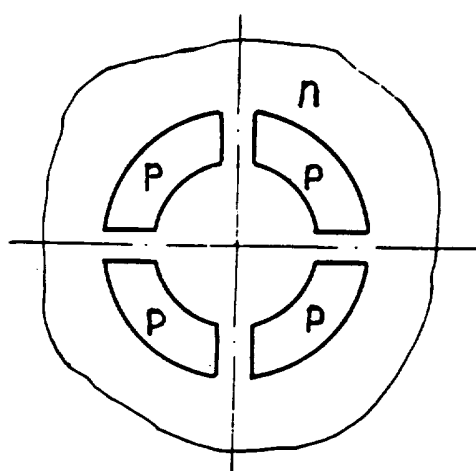


Fig. 24

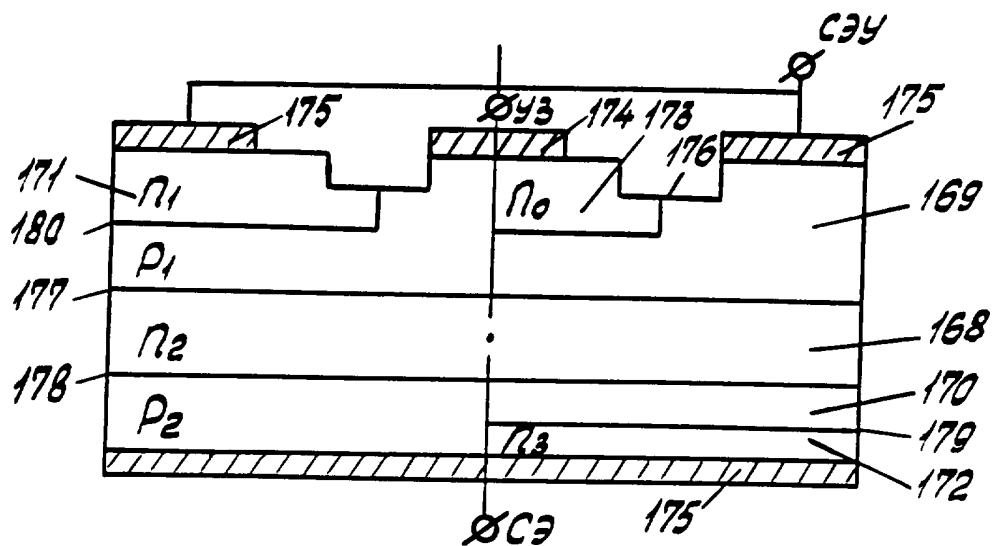


Fig. 25

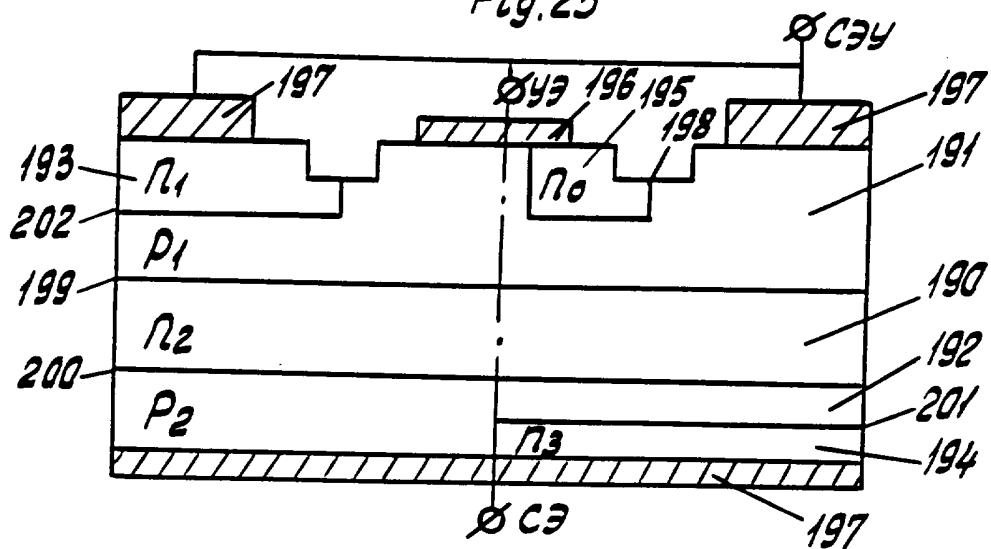


Fig. 26

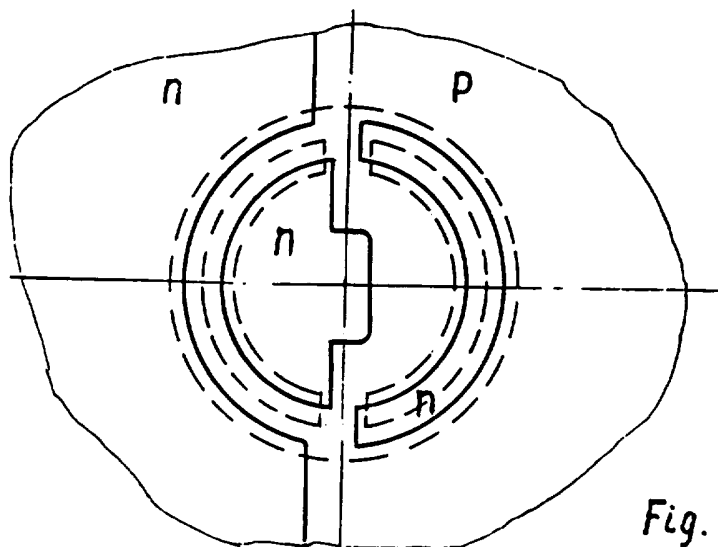


Fig. 27

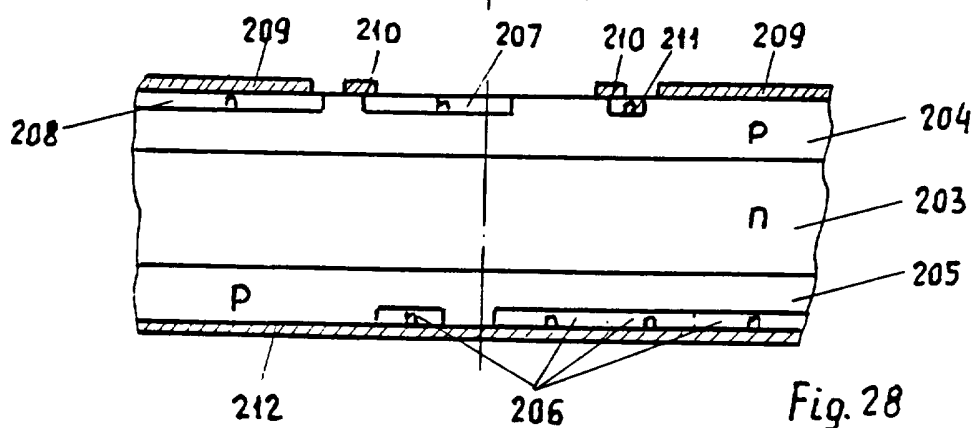


Fig. 28

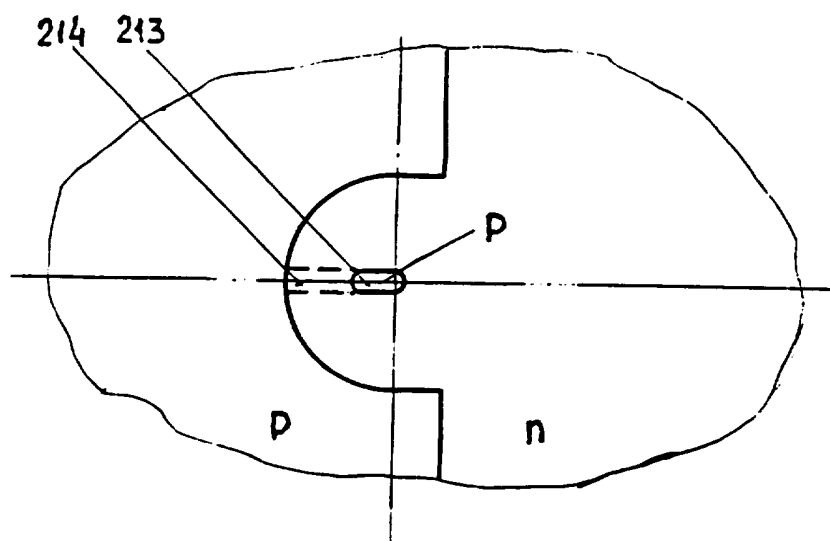


Fig. 29

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО

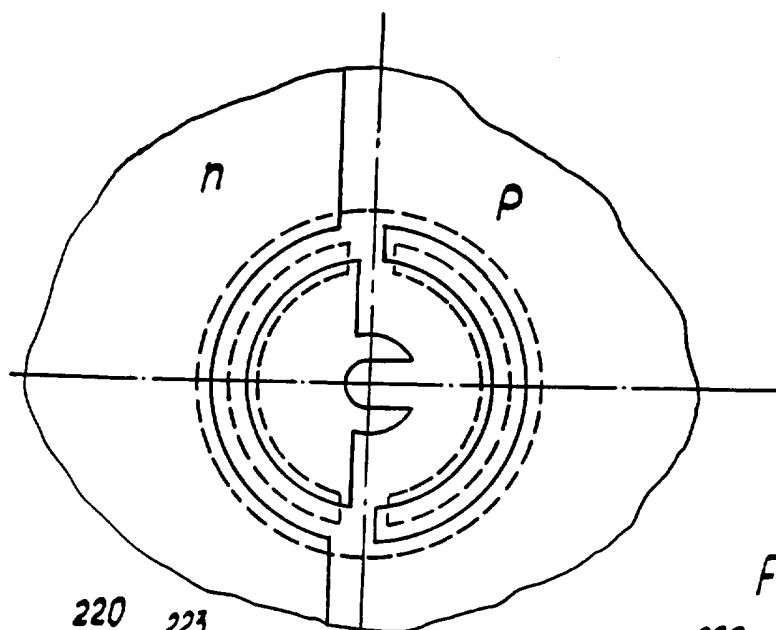


Fig. 30

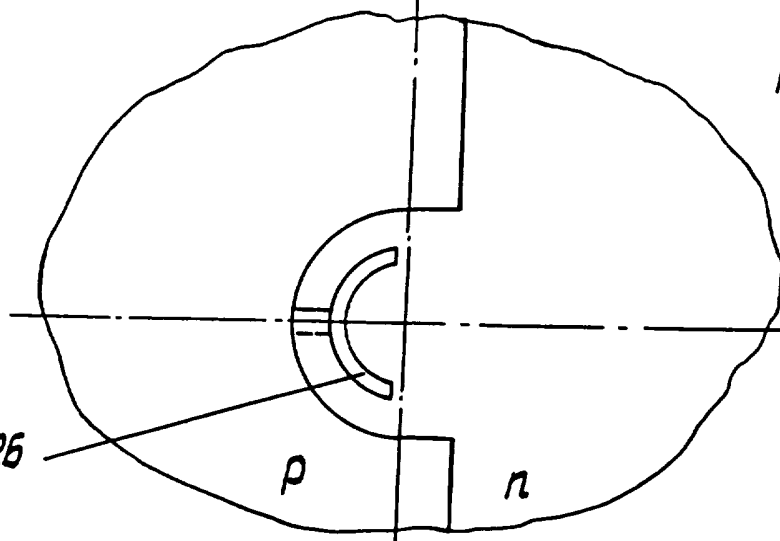
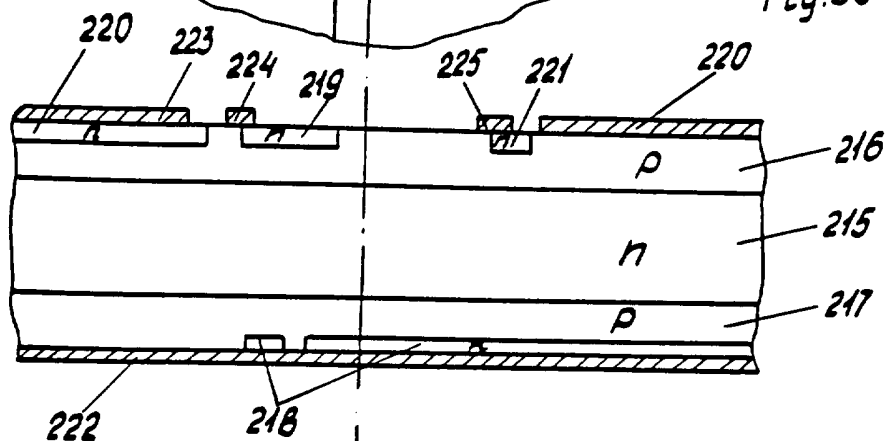


Fig. 31

Fig. 32

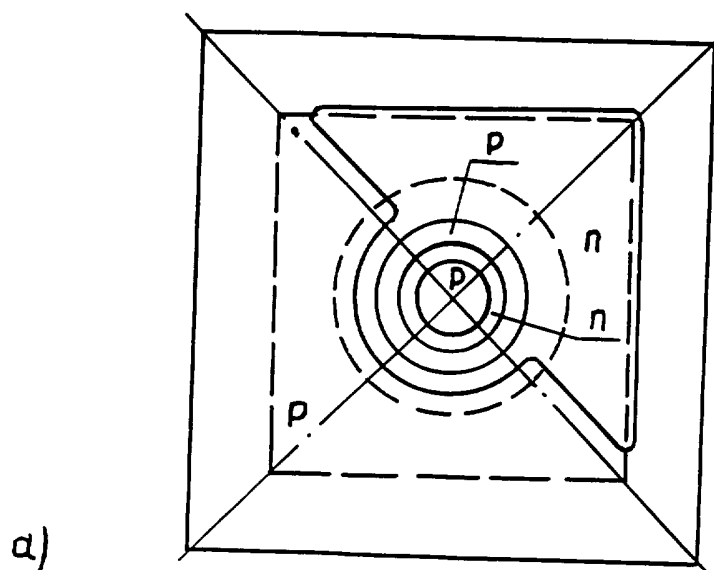


Fig. 33

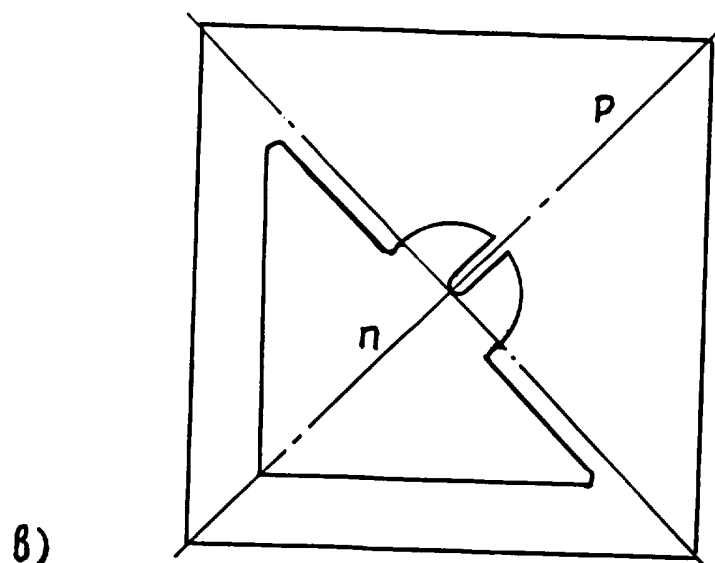


Fig. 34

c)

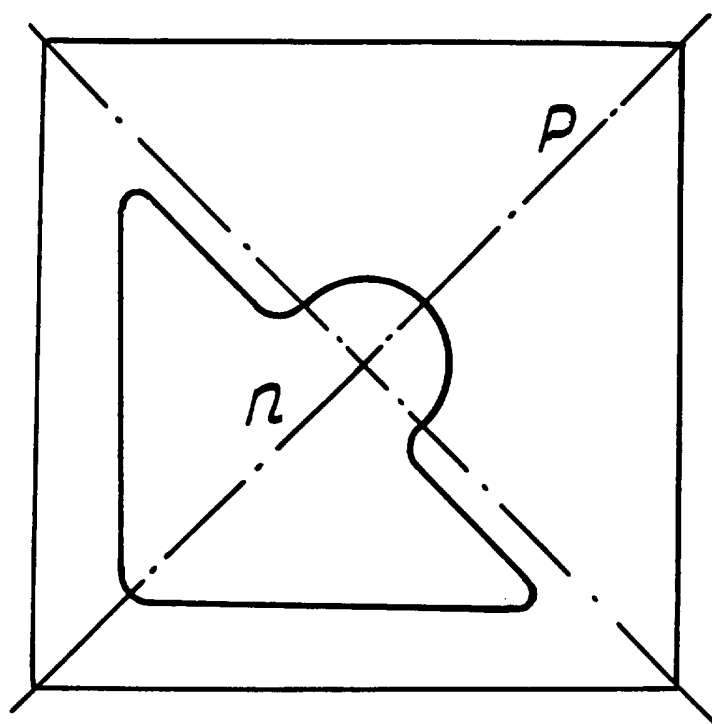


Fig. 35

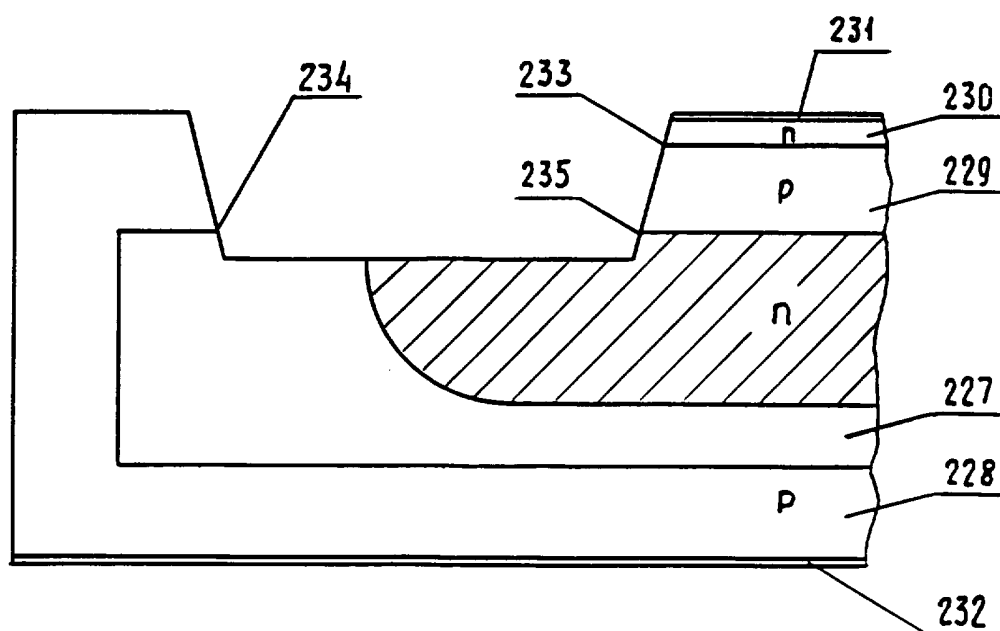


Fig. 36

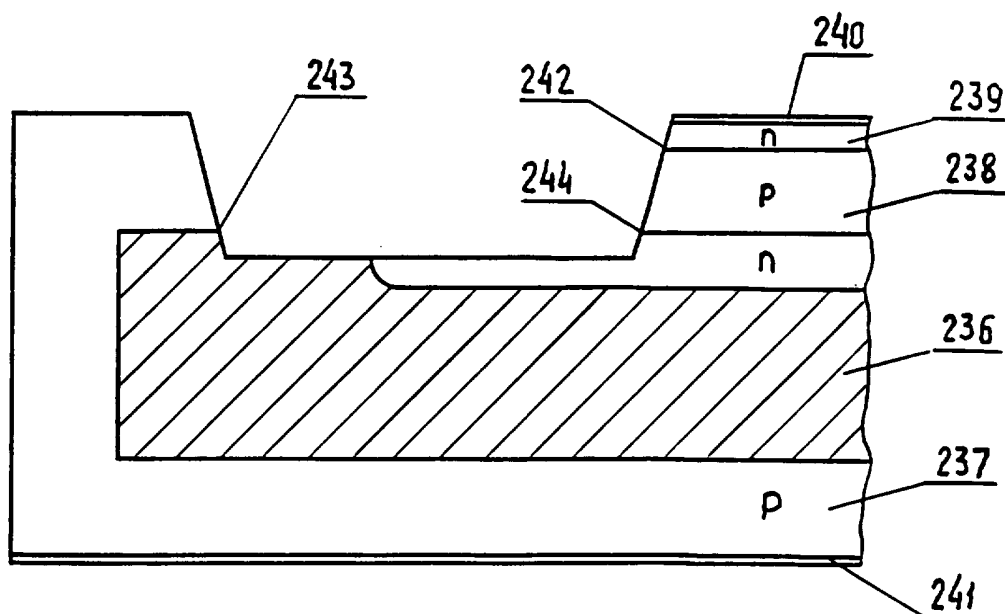


Fig. 37

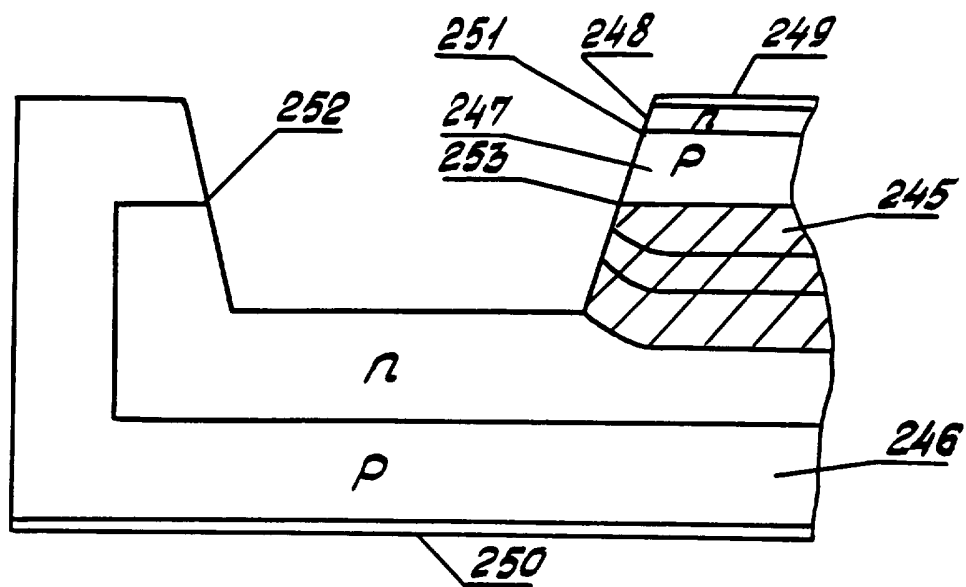


Fig. 38

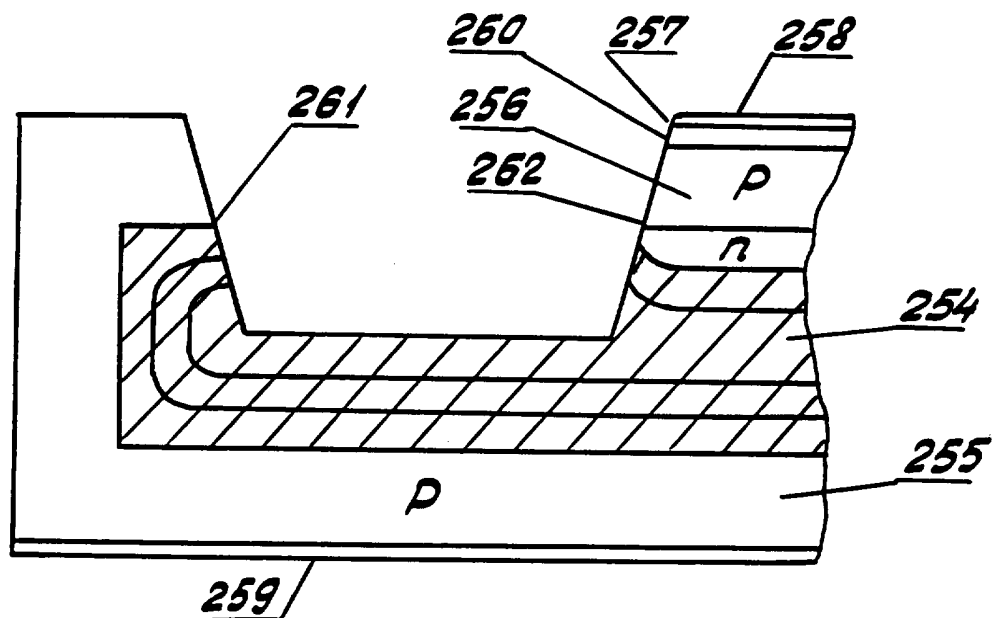


Fig. 39

2 3 / 2 3

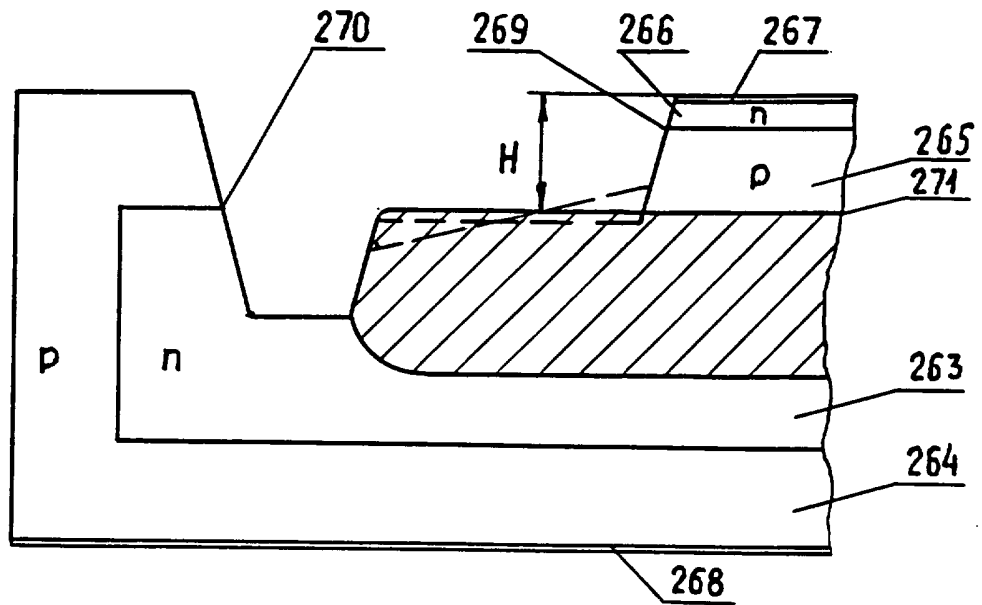


Fig. 40

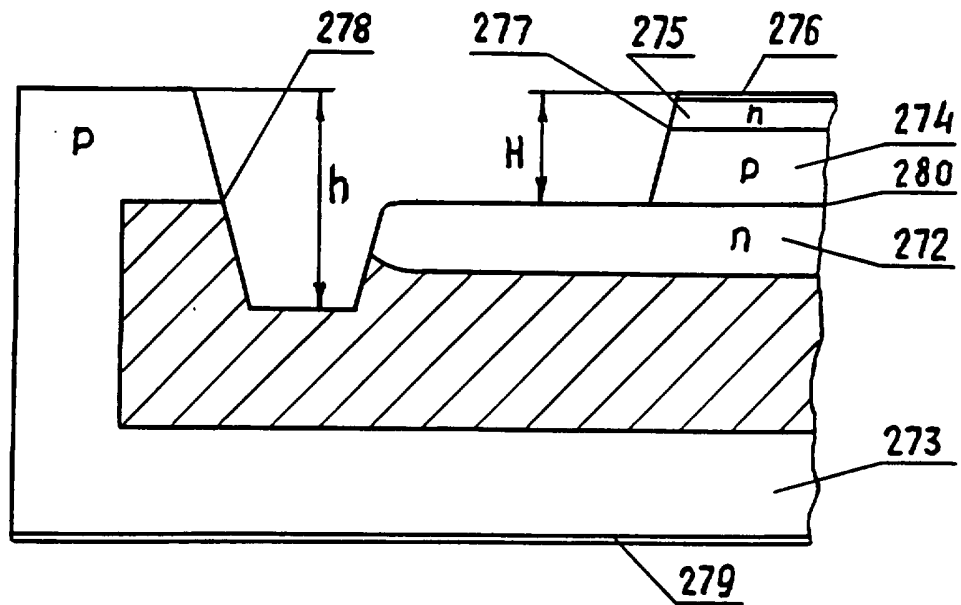


Fig. 41

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU94/00200

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁶ H01L 27/02
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁶ H01L 27/00-27/02, 27/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP, A1, 0232083, (CANON KABUSHIKI KAISHA) 12 July 1987 (12.07.87)	1-33
A	EP, A1, 0316221, (THOMSON-CSF), 17 May 1989 (17.05.89)	1-33
A	EP, A2, 0113959 (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., Ltd), 25 July 1984 (25.07.84)	1-33
A	EP, A2, 0154997 (NEC CORP.), 18 Septembre 1985 (18.09.85)	1-33

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"T" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 March 1995 (16.03.95)

Date of mailing of the international search report

24 March 1995 (24.03.95)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No
PCT/RU 94/00200

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: H01L 27/02
Согласно Международной патентной классификации (МКИ-6)

В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (Система классификации и индексы) МКИ-6: H01L 27/00-27/02, 27/14

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	EP, A1, 0232083, (CANON KABUSHIKI KAISHA) 12 августа 1987 (12.07.87)	1-33
A	EP, A1, 0316221, (THOMSON-CSF), 17 мая 1989 (17.05.89)	1-33
A	EP, A2, 0113959, (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., Ltd), 25 июля 1984 (25.07.84)	1-33
A	EP, A2, 0154997, (NEC CORP.), 18 сентября 1985 (18.09.85)	1-33

☐ последующие документы указаны в продолжении графы С ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылок документов:

"А" - документ, определяющий общий уровень техники.

"Е" - более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее.

"О" - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"Р" - документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета.

"Т" - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения.

"Х" - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень.

"У" - документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории.

"&" - документ, являющийся патентом-аналогом.

Дата действительного завершения международного поиска
16 марта 1995 (16.03.95)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске
24 марта 1995 (24.03.95)

Наименование и адрес Международного поискового органа:

Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб. 30-1
факс (095)243-33-37, телетайп 114818 ПОДАЧА

Уполномоченное лицо:

Л. Андреева

тел. (095)240-58-88