



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ

(11) 793421

(61) Дополнительный к патенту -

(22) Заявлено 30.05.77 (21) 2487355/18-25

(23) Приоритет - (32) 02.06.76
05.04.77

(31) 6930/76 (33) Швейцария
4680/77

Опубликовано 30.12.80, Бюллетень № 48

Дата опубликования описания 30.12.80

(51) М. Кл.³

H 01 L 29/74
H 01 L 31/16

(53) УДК 621.382
(088.8)

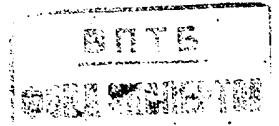
(72) Авторы
изобретения

Иностранцы
Роланд Ситтиг (ФРГ), Патрик де Брюйен (Бельгия)

(71) Заявитель

Иностранная фирма
"ББЦ АГ Браун, Бовери унд К⁰"
(Швейцария)

(54) ФОТОТИРИСТОР



1
Изобретение относится к фототиристорам на основе четырехслойной структуры с чередующимся типом проводимости.

Известны фототиристорные структуры на основе четырехслойной планарной структуры с фотодиодом, сформированным в базовой области [1].

Также известен фототиристор, который является наиболее близким по своей технической сущности, который выполнен на основе четырехслойной структуры с основной и вспомогательной частью тиристорной структуры, причем n-базовая область выполнена низколегированной, а сильнолегированная эмиттерная зона электрически связана с p-базой [2].

Однако возможна дальнейшая оптимизация структуры, управляемая меньшей световой мощностью.

Целью изобретения является уменьшение необходимой для поджигания световой мощности при увеличении устойчивости по отношению du/dt .

Поставленная цель решается в фототиристоре на основе четырехслойной структуры с чередующимся типом проводимости, имеющем основную и вспомогательную часть тиристорной структуры, 30

2
причем первая и четвертая зона является эмиттерами и контактирует с основными электродами, а наиболее высоколегированная область типа проводимости первой зоны электрически связана с p-базой, низколегированная n-база выступает на поверхность структуры и окружает части p-базы и сильнолегированные зоны n⁺-типа проводимости, при этом сильнолегированные зоны n⁺-типа имеют электрический контакт с частью p-базы, не окруженной n-базовой областью.

В результате этого полученный фототок концентрируется на одной или нескольких областях, и при малой световой мощности получается локально высокая плотность тока, которая может вызывать зажигание тиристора.

На фиг. 1 показан предлагаемый тиристор в разрезе, у которого высоколегированная зона типа проводимости первой зоны лежит в отверстии выступающей на поверхности части третьей зоны; на фиг. 2 - то же, вид сверху; на фиг. 3 - вид сверху тиристора, у которого выступающая на поверхность часть третьей зоны выполнена в виде спиральной кривой; на фиг. 4 - тиристор, в разрезе, у кото-

рого выступающая на поверхность часть третьей зоны замкнута; на фиг.5 - то же, вид сверху.

Тиристор содержит первую зону 1 n -типа проводимости - главный эмиттер, вторую зону 2 - p -базу тиристора, третью зону 3 - n -базу тиристора, четвертую зону 4 p -типа проводимости с приповерхностной высоколегированной областью, запирающий переход - p - n переход 5, обратносмещенный p - n переход 6, поверхность 7 тиристорной структуры, отверстия 8, высоколегированную область n^+ -типа 9, шунтирующий контакт 10, высоколегированную p^+ -область 11, полосы p^+ -типа проводимости 12, часть n -базы, образующую параллельные полосы 13, эмиттерные шунты 14, область p^+ -типа проводимости 15, диэлектрик 16, металлизацию 17.

Представленный на фиг. 1 и 2 тиристор содержит первую зону, которая легирована примесью n -типа и этим самым действует в качестве n -эмиттера зоны. Она контактирует с катодом С. Вторая зона 2 легирована примесью p -типа и у обычно зажигаемого через управляющий электрод тиристора контактирует с ним. Третья, легированная примесью n -типа зона 3, имеет самое наименьшее из всех зон легирование и в особенности служит приему запирающего слоя, который образуется в прямом направлении в запирающем p - n переходе 5 и в обратном направлении в запирающем p - n переходе 6. Четвертая, легированная примесью p -типа зона 4 имеет с передней стороны высоколегированную область, которая катализирована с анодом А и действует в качестве p -эмиттерной зоны.

На поверхности 7 полупроводниковой структуры тиристора предусмотрена высоколегированная примесью n -типа зона 9, которая с высоколегированной примесью p -типа областью 11 образует p^+ - n^+ переход, который шунтирован электрическим контактом 10. Зона 9 действует этим самым известным образом в качестве n -эмиттера вспомогательного тиристора, который после своего зажигания поставляет управляющий ток для зажигания основного тиристора.

Выступающая на поверхность 7 полупроводниковой структуры тиристора часть третьей зоны 3 образует, с одной стороны, области n -типа с отверстиями 8, и с другой стороны, расположенные внутри этой области, проходящие параллельно друг другу полосы 13; n^+ -легированная зона 9 расположена в отверстии 8, и образует с участком, окружающим области n -типа, высоколегированного примесью p -типа кольца области 11 зоны 2, шунтирован-

ный электрическим контактом 10 p^+ -переход.

Благодаря описанной специальной структуре n -зоны 3 на поверхности 7, образованный при световом излучении 1 на поверхность дырочный ток в высокой концентрации стекает через отверстие 8 к катоду С, и через расположенную в отверстии 8, действующую в качестве эмиттерной зоны вспомогательного тиристора зону 9, зажигает вспомогательный тиристор, который затем, со своей стороны, зажигает основной тиристор, p^+ -область 11 способствует тому, что образованный в результате зажигания вспомогательного тиристора управляющий ток сразу же распределяется по всему объему зоны главного эмиттера 1 и в результате этого достигается быстрое зажигание тиристора по всему сечению.

Большое значение имеет то, что возможность более легкого зажигания структуры тиристора, выполненного согласно изобретению, достигается не за счет меньшей величины крутизны критического напряжения dU/dt , чего следовало опасаться. Это происходит от того, что емкость на единицу поверхности при структуре тиристора согласно изобретению неожиданным образом в светочувствительной области отчетливо меньше, чем на ненарушенном p - n переходе, и сверх того dU/dt чувствительность уменьшается при высоких прямых запирающих напряжениях. Лишь поэтому локальная плотность тока, образованная структурой, согласно изобретению, не приводит к преждевременному включению.

Особенно выгодной получается описанная структура тиристора согласно изобретению в результате того, что на поверхности 7 полупроводниковой структуры тиристора предусмотрены между полосами 13 соответственно p^+ -полосы 12, которые соединены с одинаково легированной, относительно них поперек проходящей и расположенной между ними и зоной 9 полосой. Соответствующие с n -полосами 13 p^+ -полосы 12 вызывают уменьшение омического сопротивления для образованного на поверхности p - n перехода 5 дырочного тока и направляют его поперек проходящей p^+ -полосы, которая затем, некоторым образом в качестве сборной шины, на всем расширении воздействует на противоположную часть зоны 9 зажигающего вспомогательного тиристора.

Кривая, образованная n -базовой областью, принципиально может иметь также больше, чем лишь одно отверстие с соответственно расположенной в нем зоной 9, однако одно отверстие ввиду возможной в результате этого высокой концентрации дырок особенно целесообразно.

Круговая форма n -базы, выходящей на поверхность и область 11 и центральное расположение этой конфигурации в круглой выемке катода C является выгодной, так как этим самым тиристор становится проще в отношении выбора его параметров. Расширенная во внутрь кривой зона 9 и соответственно широкая форма и противоположное размещение поперек проходящей n -полосы создают особенно интенсивное взаимодействие этих двух частей друг с другом.

Изготовление тиристора согласно изобретению не является проблемой. Например, в n -легированной кремниевой подложке с удельным сопротивлением 200 Ом и толщиной 800 мкм в первом диффузионном процессе могут быть изготовлены, например, зоны 2 и 4 глубиной 90 мкм, при этом области полос n -типа, зоны 9 и зоны 1 защищены от диффузии диффузионной маской. Вслед за этим при непрерывном покрытии названных областей и дополнительно поверхностной области зоны 2 создают области 11. Наконец, с помощью соответствующей маски диффундируются еще n^+ -зоны 1 и области 9.

p^+ -области 11 и n^+ -зоны 1 и области 9 имеют, например, глубину проникновения 15 мкм. Ширина полос 3 составляет, например, 3 мм, диаметр кольца 11, например, 4 мм, ширина отверстия 8, например, 1 мм, диаметр круглой выемки в эмиттерной зоне 1, например, 5,5 мм. Длина всего тиристора составляет, например, 14 мм. Шунты 14 эмиттера имеют, например, среднее расстояние друг от друга 1-2 мм и известным образом распределены по всему катоду C .

Расчитанный таким образом элемент блокирует напряжение, например, 4,5 кВ и может, например, при 1 кВ прямого блокирующего напряжения зажигаться посредством GaAs - светоизлучающего диода (950 нм) световой мощностью в 5 мВт. Критическая крутизна напряжения du/dt при комнатной температуре лучше 3000 В/мкс (измерено согласно ДИН 41 7871).

Особые преимущества этого тиристора заключаются не только в меньшей потребной для зажигания световой мощности, но также и в том, что квантовый выход через область спектра примерно от 540 нм до 1000 нм почти равен 1, так что может применяться большое число источников света. Необходимая для зажигания световая мощность в большой степени не зависит от соответствующего блокирующего напряжения, при котором производится зажигание. Гарантирована хорошая du/dt прочность, и сверх того тиристор в большой степени защищен также от повреждений в результате перенапряжений, следовательно, он предельно устойчив

к зажиганию, так как изгиб прямо блокирующего p - n перехода 5 в светочувствительном диапазоне вызывает там уменьшение напряжения лавинного пробоя, так что при перенапряжениях тиристор зажигается, начиная от этой области, по всему своему объему и поэтому не может быть поврежден.

Светочувствительная поверхность другого тиристора, выполненного согласно изобретению, показана на фиг. 3. У этого тиристора обозначения имеют то же значение, что и у тиристора на фиг. 1 и 2, но от него он отличается тем, что область n -базы, выходящая за пределы поверхности, выполнена в форме спирали и в качестве отверстия имеет лишь длинный и узкий канал, и что особенно высоколегированная область 9 содержится теперь полностью в окруженной спиральной области n -типа. У тиристора с такого рода структурой электрический контакт 10 должен быть выведен через n -область 3, но изолированно от нее. Эта изоляция выполняется преимущественно путем оксидного слоя, толщиной около 1 мкм. Этот слой наносится оксидированием внутри замкнутой области 11. Над n^+ -областью 9, которая должна быть контактирована, вытравляется затем в оксидном слое окошко. Оксидный слой служит не только в качестве изоляции, но и одновременно в качестве слоя пассивации для светочувствительной структуры и уменьшает к тому же вызванные в результате отражения на кремниевой поверхности световые потери.

Этот тиристор имеет следующий принцип работы.

Если свет излучается в область 3, то дырочный ток через относительно высокое сопротивление (при соответствующей размерности с длиной канала около 4 мм и шириной канала около 0,2 мм отверстия 8 около 3 кОм) узкого и длинного отверстия 8 должен стекать к катоду C . В результате этого вся расположенная внутри n -базы область p -легированной зоны 2 доставляется на более высокий по сравнению со своим окружением потенциал. Это в особенности действительно в отношении n^+ -области 9, которая путем шунтирующего контакта 10 наложена на потенциал p^+ -области 11. Разность потенциалов около 0,6 в n^+ -области 9 нагнетает электроны и тиристор зажигается.

Такого рода тиристор с особой выгодой может зажигаться минимальной световой мощностью, так как омическое сопротивление значительно увеличивается между полосами 12 и соответственно 11 в результате выбора особенно длинного и узкого отверстия 8 в области n -типа. Хотя принципиально это может быть достигну-

то также путем особенно малых размеров отверстия 8 тиристора (фиг.1 и 2), однако в результате этого чрезвычайно затруднена диффузия и металлизация контакта 10 n^+ -области 9 в таком узком отверстии. Поэтому наряду со спиральной формой кривой зоны 3 в случае необходимости выгодно может применяться также другая форма, у которой имеется длинное и узкое отверстие 8.

Третья форма исполнения тиристора согласно изобретению представлена на фиг. 4 и 5. Он отличается тем, что выступающая на поверхность часть третьей зоны образует замкнутую кривую, не охватывающую первую зону, и что эта кривая охватывает n^+ -легированную область 9, а также p^+ -легированную область 15. p^+ -легированная область 15 через металлизацию 17 соединена с катодной металлизацией. У структурированного таким образом тиристора контакт 10 и металлизация 17 должны быть выведены через n^+ -область, но изолированы относительно нее. Эта изоляция у тиристора (фиг.3) преимущественно достигается диэлектриком 16 толщиной 1 мкм, который наносится окислением внутри области 11. Над областями n^+ - p^+ -областей 9 и 15, которые должны контактироваться, в оксидном слое вытравляются затем окна.

Этот тиристор имеет принцип работы, который схематически изображен на фиг.4. При изучении света запиливается ток I_1 , который через сопротивление R_1 , соответствующее отверстию 8 у тиристором на фиг.1, 2 и 3, стекает к катоду. В результате этого тока потенциал всей лежащей внутри области p -легированной зоны 2 возрастает на более высокий по сравнению со своим окружением потенциал. Это действительно в особенности в отношении n^+ -области 9, которая путем металлизации 10 приложена к потенциалу p^+ -области 11, n^+ -область 9 инжектирует электроны при разности потенциала около 0,6 В.

Формула изобретения

1. Фототиристор, содержащий по крайней мере четыре зоны чередующегося типа проводимости, имеющий основную и вспомогательную тиристорные структуры, первая и четвертая зона которых контактируют с основными электродами и являются эмиттерами, а вторая и четвертая - базами с различным типом проводимости, причем низколегированная база имеет n -тип проводимости, отличающийся тем, что, с целью уменьшения необходимой для поджигания световой мощности при увеличении устойчивости du/dt ,

низколегированная n -база выступает на поверхность структуры и окружает части p -базы и сильнолегированные области n^+ -типа, а сильнолегированная область p^+ -типа электрически связана с частью p -базы, не окруженной n -базовой областью.

2. Фототиристор по п.1, отличающийся тем, что n -базовая область, выходящая на поверхность структуры, имеет участок, не примыкающий к эмиттеру, в котором расположена сильнолегированная область n^+ -типа проводимости.

3. Фототиристор по п.2, отличающийся тем, что n -базовая область выполнена в виде параллельных полос, выходящих на поверхность структуры.

4. Фототиристор по п.3, отличающийся тем, что между параллельными полосами n -базовой области расположены полосы p -типа проводимости с большей концентрацией, чем соединяющая их проходящая поперечная полоса.

5. Фототиристор по пп. 2-4, отличающийся тем, что n -базовая область, выходящая на поверхность структуры, окружена замкнутым кольцом p -типа проводимости, но с более высокой концентрацией, чем p -база.

6. Фототиристор по пп.3-5, отличающийся тем, что n -база, выходящая на поверхность, выполнена в виде кольца и содержит участок, в котором расположена сильнолегированная n^+ -область, распространяющаяся к центру структуры.

7. Фототиристор по пп. 2-5, отличающийся тем, что область n -базы, выходящая на поверхность, выполнена в виде спирали, причем сильнолегированная n^+ -область полностью лежит в области, охваченной спиралью.

8. Фототиристор по п.1, отличающийся тем, что n -базовая область на поверхности образует замкнутую, не охватывающую эмиттер, область.

9. Фототиристор по п.8, отличающийся тем, что область n^+ -типа проводимости, часть p -базы и область p^+ -типа проводимости лежат внутри n -базовой области, выходящей на поверхность.

10. Фототиристор по пп. 8 и 9, отличающийся тем, что n -база, выходящая на поверхность, имеет гребенчатую структуру.

11. Фототиристор по пп.1-10, отличающийся тем, что в области n -базы, выходящей на поверхность структуры, и расположенного над ней диэлектрика выходит на поверхность часть p -базы.

12. Фототиристор по пп. 5-7 и 11, отличающийся тем, что

внутри кольца p^+ -типа выполнен диэлектрик.

13. Фототиристор по пп. 9-11, отличающийся тем, что в диэлектрике над p^+ -типа областью выполнено окно.

14. Фототиристор по пп. 9-11 и 13, отличающийся тем, что между высоколегированной p^+ -областью и основным электродом выполнена шунтировка металлом.

Приоритет по пп.:

02.06.76 по пп. 1-6;

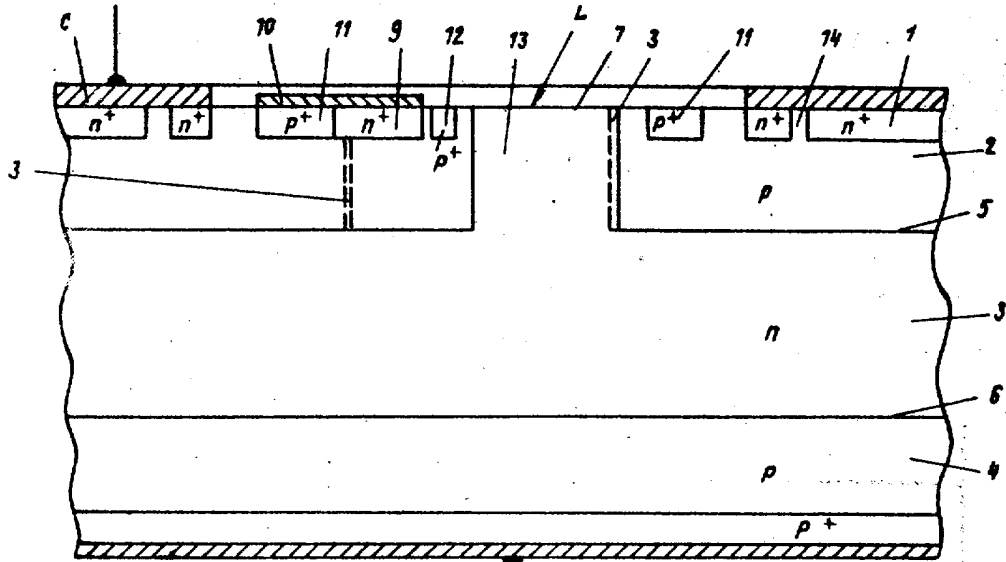
15.04.77 по пп. 7-14.

Источники информации,

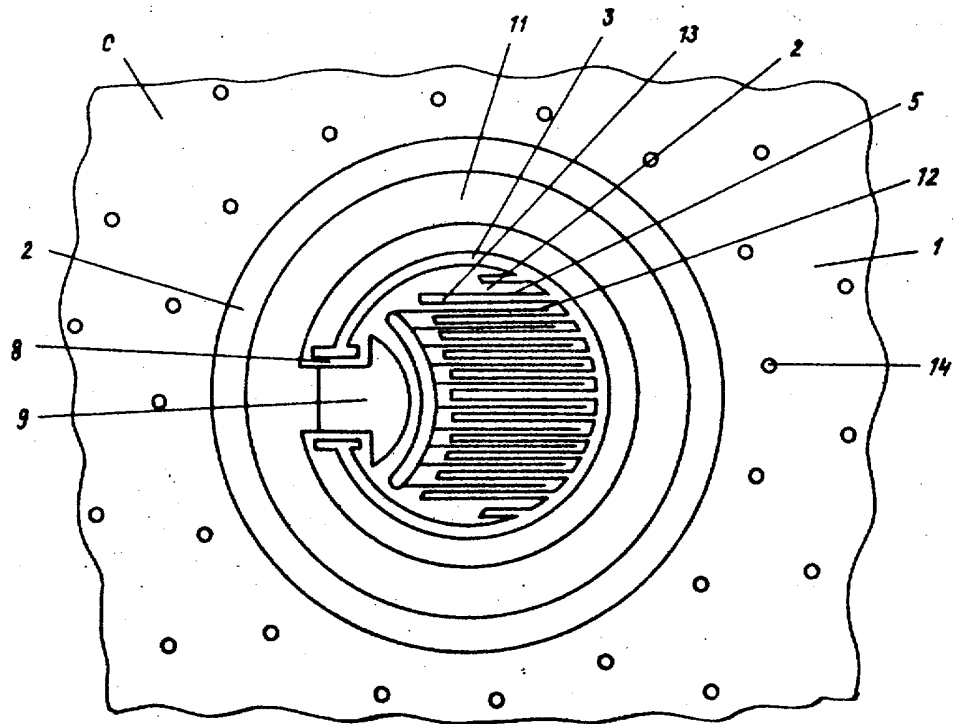
принятые во внимание при экспертизе

5. 1. Амброзьяк А. - "Конструкция и технология полупроводниковых фотоэлектрических приборов", М., "Советское радио", 1970, гл. 19.

2. Патент ФРГ № 2008079, кл. 21 г 11/02, опублик. 1977 (прототип).

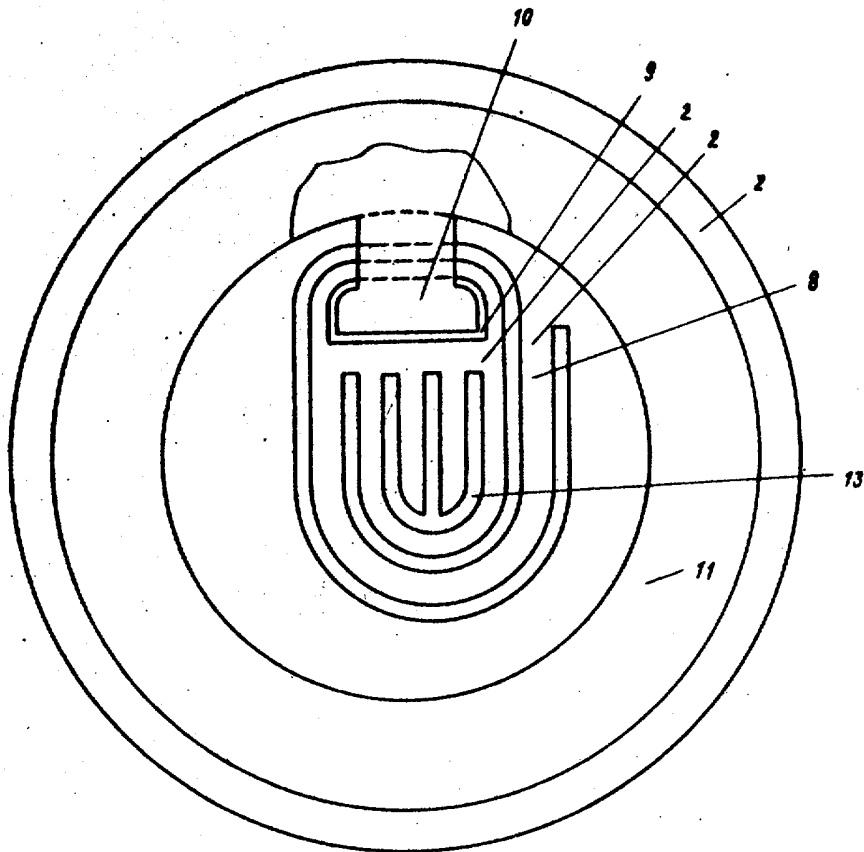


Фиг. 1

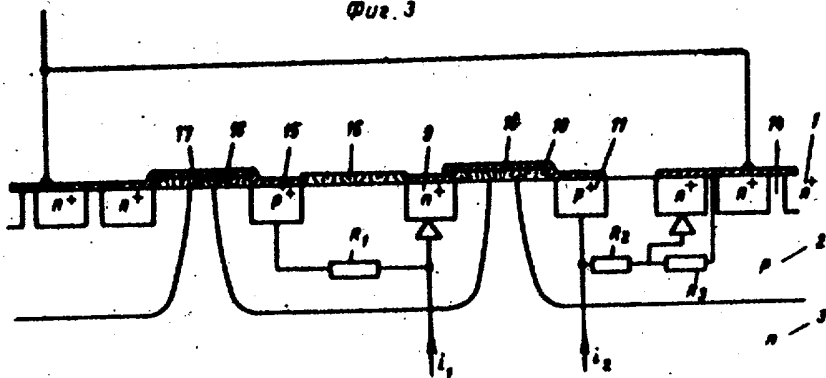


Фиг. 2

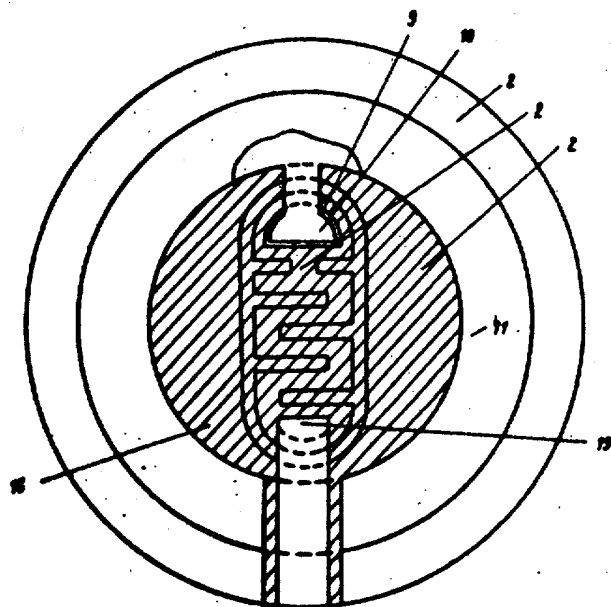
793421



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

ВНИИПИ Заказ 9186/70
Тираж 844. Подписное

Филиал ППП 'Патент',
г. Ужгород, ул. Проектная, 4