



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 010 380** (13) **C1**
(51) МПК^Е **H 01 J 21/00**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: **4945450/21**, **14.06.1991**

(46) Опубликовано: **30.03.1994**

(71) Заявитель(и):

Белорусская государственная политехническая академия

(72) Автор(ы):

Сычик В.А.

(73) Патентообладатель(ли):

Белорусская государственная политехническая академия

(54) **МИКРОЭЛЕКТРОННЫЙ ВАКУУМНЫЙ ПРИБОР**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электронных приборов, в частности к электронно-вакуумным приборам, и может быть использовано в устройствах усиления, регенерирования, преобразования электрических сигналов и других электронных устройствах. Цель изобретения - снижение потребляемой мощности и габаритов. Сущность изобретения: микроэлектронный прибор содержит помещенные в корпус анод, катод и перфорированный управляющий электрод. Новым является то, что холодный катод выполнен пленочной структурой широкозонный $n - p$ гомопереход - изотипный $p - p^+$ -гетеропереход, на

котором последовательно размещены управляющий электрод типа решетчатый слой диэлектрика - решетчатый слой металла, верхний решетчатый слой диэлектрика со слоем металла по контуру, на котором закреплен пластинчатый анод, при этом омический контакт изотипного $p - p^+$ -гетероперехода выполнен решетчатой структурой металл-диэлектрик, p^+ -область равна ширине изотипного перехода, соотношение толщин решетчатых слоев металла и диэлектрика управляющего электрода составляет (5 : 1) - (10 : 1), а отношение длины проема решетки к длине остава находится в интервале от 10 до 10^3 . 1 ил.

RU 2 0 1 0 3 8 0 C 1

RU 2 0 1 0 3 8 0 C 1



RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 010 380** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁵ **H 01 J 21/00**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **4945450/21, 14.06.1991**

(46) Date of publication: **30.03.1994**

(71) Applicant(s):
**BELORUSSKAJA GOSUDARSTVENNAJA
POLITEKHNICHESKAJA AKADEMIJA**

(72) Inventor(s):
SYCHIK V.A.

(73) Proprietor(s):
**BELORUSSKAJA GOSUDARSTVENNAJA
POLITEKHNICHESKAJA AKADEMIJA**

(54) **MICROELECTRON VACUUM DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: electron devices. SUBSTANCE: microelectron device has anode, cathode and perforated controlling electrode placed into body. Novelty lies in that cold cathode is made in film structure of wide-zone n-p homogeneous junction-isotype p-p⁺ heterogeneous junction on which there are placed in sequence: controlling electrode of type lattice layer of dielectric-lattice layer of metal, lattice layer of dielectric with layer of metal over contour on

which laminated anode is anchored. Ohmic contact of isotype p-p⁺ heterogeneous junction is manufactured as lattice metal-dielectric structure, p⁺ region is equal to width of isotype junction. Relation of thicknesses of lattice layers of metal and dielectric of controlling electrode amounts to (5: 1): (10: 1) and relationship of length of opening of lattice to length of octave lies within interval from 10 to 10³. EFFECT: reduced dimensions and consumed power. 1 dwg

RU 2 0 1 0 3 8 0 C 1

RU 2 0 1 0 3 8 0 C 1

Изобретение относится к области электронных приборов, в частности к электронно-вакуумным приборам, и может быть использовано в устройствах усиления, генерирования, преобразования и других радиотехнических устройствах.

Известен микроэлектронный прибор, содержащий подложку из электропроводного материала, на одной из поверхностей которой расположен излучающий элемент, имеющий сужающийся наконечник. На наконечнике излучающего элемента располагается свечеобразный выступ, обеспечивающий усиление электронной эмиссии за счет сходящихся магнитных силовых линий электромагнитного поля. Этот прибор обладает сложной конструкцией, низкой стабильностью работы, невысокой крутизной.

Также известен твердотельный электровакуумный прибор, который содержит корпус с выводами, в котором размещен оксидный катод, анод и управляющие электроды. Катод выполнен в виде металлической подложки с подогревом, подложка покрыта слоем оксида щелочноземельного металла. К недостаткам данного прибора относятся значительные габариты и невысокая прочность, большая потребляемая мощность, малый срок службы.

Прототипом изобретения является микроэлектронный вакуумный прибор, описанный в патенте США N 2913632, кл. 318-101. Он представляет двухкаскадный усилитель, где твердотельные электровакуумные приборы выполнены пентодами. Электровакуумные приборы в конструкции, представляющей набор диэлектрических пластин со сформированными пассивными элементами, реализованы в соосных проемах этих пластин и представляют плоский подогревной катод, ряд сеток в виде металлических дисков с отверстиями для пролета электронов, которые закреплены на поверхностях соответствующих пластин, дисковый сплошной анод.

Недостатками этого прибора являются большая потребляемая мощность электровакуумного прибора, обусловленная наличием накальной цепи (единицы ватт); малый срок службы из-за постепенного распыления в процессе работы устройства активированного слоя катода при его нагреве; значительные габариты и невысокая прочность, поскольку элементы прибора выполнены из дискретных диэлектрических пластин, которые при этом имеют ненадежное механическое соединение.

Целью изобретения является снижение потребляемой мощности и габаритов.

Поставленная цель достигается тем, что в микроэлектронном вакуумном приборе, содержащем анод, холодный катод и управляющий перфорированный электрод с омическими контактами, холодный катод выполнен пленочной структурной широкозонный n-p гетеропереход - изотипный p-r⁺ гетеропереход, на котором последовательно размещены управляющий электрод типа решетчатый слой диэлектрика - решетчатый слой металла, верхний решетчатый слой диэлектрика со слоем металла по контуру, на котором закреплен пластинчатый анод, при этом омический контакт изотипного p-r⁺ гетероперехода выполнен решетчатой структурой металл-диэлектрик, p⁺-область равна ширине изотипного гетероперехода, соотношение толщины решетчатых слоев металла и диэлектрика управляющего электрода составляет (5: 1)-(10: 1), а отношение длины проема решетки к длине остава находится в диапазоне от 10 до 10³.

Благодаря тому, что в предложенном устройстве холодный катод выполнен пленочной структурой типа широкозонной n-p гетеропереход-изотипный p-r⁺ гетеропереход, на котором последовательно размещены управляющие электроды типа решетчатый слой диэлектрика - решетчатый слой металла, верхний слой диэлектрика со слоем металла по контуру жестко скреплены с пластинчатым анодом, при этом омический контакт изотипного p-r⁺ гетероперехода выполнен решетчатой структурой металл-диэлектрик, p⁺-область соответствует ширине изотипного гетероперехода, соотношение толщины решетчатых слоев металла и диэлектрика в управляющих электродах составляет интервал (5: 1)-(10: 1), а отношение длины проема решетки к длине остава находится в диапазоне от 10 до 10³, более чем в два раза снижается потребляемая устройством электрическая мощность и более чем на порядок снижаются габариты устройства.

Потребляемая мощность снижается более чем в два раза в первую очередь вследствие исключения накальной цепи, использования структуры холодного катода типа n-p

гетеропереход - р-р⁺ изотипный гетеропереход, а габариты устройства уменьшаются более чем на порядок в сравнении с прототипом по указанным признакам и вследствие того, что в устройстве используются в качестве управляющих электродов пленочные миниатюрные решетчатые структуры типа металл-диэлектрик.

5 В известных технических решениях признаков, сходных с заявляемым, не обнаружено. Следовательно, предложенное техническое решение - микроэлектронный вакуумный прибор, обладает существенными отличиями.

На чертеже изображена конструкция микроэлектронного вакуумного прибора, разрез и вид сверху.

10 Конструктивно микроэлектронный вакуумный прибор состоит из холодного катода, управляющего электрода (одного и более), анода и корпуса с выводами. Катод содержит твердое электропроводящее основание 1, на котором расположен широкозонный п-р гетеропереход, состоящий из п-области (слой) 2 широкозонного полупроводника и р-области 3 широкозонного полупроводника, на которой сформирована р⁺-область 4

15 указанного полупроводника. Слой р-области 3 широкозонного полупроводника и р⁺-область 4 указанного полупроводника образуют р-р⁺ изотипный гетеропереход, который последовательно соединен с анизотипным п-р гетеропереходом. Первым омическим контактом холодного катода является основание 1. Многослойная полупроводниковая структура холодного катода защищена с торцов слоем диэлектрика 6.

20 Сверху на р⁺-области 4 узкозонного полупроводника изотипного р⁺-р гетероперехода расположен омический контакт, представляющий решетчатую структур металл 5 с нанесенным внешним выводом 5 - диэлектрик 7. В области решетчатой структуры металл 5 диэлектрик 7 сверху на металлических участки 5 омического контакта изотипного р⁺-р гетероперехода нанесен активированный слой 8.

25 Управляющий электрод представляет последовательно расположенные друг над другом ряд решетчатых слоев диэлектрика и металла, например решетчатый слой металла 9, решетчатый слой диэлектрика 10 и решетчатый слой металла 11, с которым скреплен внешний вывод 12 управляющего электрода. На первом управляющем электроде (сетке) могут располагаться другие управляющие электроды (сетки), представляющие структуры в

30 виде последовательных решетчатых слоев диэлектрика и металла.

На верхнем решетчатом слое металла 11 управляющего электрода либо последней расположенной сверху сетке (при многосеточном варианте прибора) размещен решетчатый слой диэлектрика 13, служащий для изоляции управляющего электрода от анода.

35 Анод расположен сверху управляющего электрода и включает кольцевой металлический тонкопленочный электрод 14, расположенный решетчатом диэлектрическом слое 13, и пластинчатое основание 15 анода с внешним его выводом 16. Вся конструкция прибора защищена корпусом 17, выполненным из изоляционного материала с высокой теплопроводностью, например компаунда.

40 Основание 1 катода является омическим контактом к п-слою 2 широкозонного п-р гомоперехода. Например, если п-р гомопереход реализован на кремни, материалом основания 1 (омическим контактом к п-слою 2) может быть Mg, Bi, Sb, Te. Полупроводниковая р-п структура катода, представляющая р-п гомопереход из широкозонных слоев п-типа 2 и р-типа 3, защищена с торцов слоем диэлектрика 6, который стабилизирует работу холодного катода.

45 Широкозонная р-область 3 гомоперехода выбрана такой толщины, чтобы инжектированные в нее из п-области электроны не рекомбинировали с дырками казанной области 3. Оптимальное значение толщины р-области 3 - d_0 , как показали результаты эксперимента, составляет $(0,6-0,9)L_d$, где L_d - диффузионная длина носителей в р-области 3. Для кремниевого р-п гомоперехода $d_0 \approx 0,15-0,3$ мкм. Концентрация электронов п-области 2 N_n выбрана много больше концентрации дырок р-области 3 P_p , чтобы

50 обеспечить одностороннюю инжекцию электронов из п-области 2 к поверхности излучения активированного слоя 8 катода. Обычно $N_n \geq (10^2-10^4)P_p$.

Контактирующая с р-областью 3 полупроводникового р-п гомоперехода р⁺-область 4

полупроводника выполнена из узкозонного полупроводника. Например, для кремниевой р-области 3 с $E_{g1} = 1,1$ эВ, где E_g - ширина запрещенной зоны р-области 3, контактирующая р⁺-область 4 выполнена с арсенида индия (InAs) с $E_{g2} = 0,36$ эВ. Контакт широкозонной р-области 3 с узкозонной р⁺-областью 4 представляет изотипный (р-р⁺) гетеропереход, который обеспечивает создание горячих электронов его узкозонной р⁺-области 4, которые инжектируют из п-области 2 через р-область 3 гомоперехода в р⁺-область 4 изотипного гетероперехода. Для повышения эффективности излучения катода, т. е. эффективности работы прибора в целом путем усиления степени инжекции электронов из р⁺ - указанной области 4 изотипного р-р⁺ гетероперехода ширина р⁺-области 4 равна ширине изотипного р⁺-р гетероперехода, причем эта р⁺-область 4 неравномерно легирована акцепторной примесью, распределение которой является параболическим с максимумом концентрации со стороны изотипного р-р⁺ гетероперехода. Такое распределение примеси создает тянущее электрическое поле, осуществляющее эффективное выталкивание электронов из р⁺-области изотипного р-р⁺ гетероперехода в активированный слой 8.

Второй омический контакт 5 катода является ускоряющим его электродом, обеспечивающим при прямом смещении на электродах 1 и 5 катода интенсивную инжекцию электронов из п-слоя 2 в р-слой 3 широкозонного п-р гомоперехода.

Второй омический контакт 5 катода выполнен решетчатой структурой металл 5 - диэлектрик 7. При этом решетчатый слой металла 5 второго омического контакта катода размещен в проемах остава решетки управляющего электрода. В проемах решетчатого слоя металла 5 указанного омического контакта размещен активированный слой 8. Материалы второго омического контакта 5 для кремниевого р⁺-р гетероперехода является алюминий.

Следовательно, холодный катод прибора выполнен пленочной структурой широкозонной п-р гомопереход - изотипный р-р⁺ гетеропереход с первым 1 и вторым 5 омическими контактами.

Диэлектрические слои 7,10,13 управляющего электрода являются решетчатыми, причем проемы решетки могут быть как прямоугольной, так и круглой, либо другой формы.

Наиболее оптимальной, как показали результаты эксперимента, является квадратная форма проема решетки с отношением длины проема l_2 к длине остава решетки l_1 от 10 до 10^3 . Соотношение толщины решетчатых слоев металла 9,11 и диэлектрика 7,10,13 управляющего электрода составляет интервал (5: 1)-(10: 1). Проемы первого (нижнего) решетчатого диэлектрического слоя 7 заполнены решетчатым металлическим слоем второго омического контакта 5 катода и активированным слоем 8.

Металлические слои 9,11 управляющего электрода также являются решетчатыми, конфигурация и размеры решетки которых в точности соответствуют диэлектрическим решетчатым слоям 7,10,13. Нижний решетчатый диэлектрический слой 7 одновременно электрически изолирует второй омический контакт 5 катода от металлического решетчатого слоя 9 и выполняется из материала с хорошим сопряжением в постоянных решетках с р⁺-областью 4 узкозонного полупроводника. Толщина решетчатых диэлектрических слоев 7,10,13 определяется из требуемыми изоляционными свойствами и обычно составляет 0,2-5 мкм, а толщина решетчатых металлических слоев 9 и 11 определяется требуемыми электрическими свойствами и также обычно составляет 0,1-2 мкм. Материалом решетчатого слоя 9 обычно является алюминий, а верхнего решетчатого слоя 11 - никель, с которым хорошо методом пайки или сварки соединяются внешний вывод управляющего электрода 12. А качестве материала диэлектрических решетчатых слоев обычно используются GeO, SiO, Al₂O₃.

Кольцевой металлический тонкопленочный электрод 14 охватывает по контуру нерешетчатую часть верхнего решетчатого слоя 13 диэлектрика. Он выполнен из термостойкого высокопроводящего металла с высокой способностью к пайке или микросварке, которым обычно является никель. Его толщина определяется качественным соединением с массивным основанием анода. Обычно толщина кольцевого электрода 14

составляет 1-5 мкм. Пластинчатый анод (основание) 15 имеет внешние размеры, соответствующие внешним размерам кольцевого электрода 14, и собственный вывод, являющийся внешним выводом анода 16. Изготовлен из теплоустойчивого металла, обычно никеля, молибдена, тантала.

5 Корпус 17 микроэлектронного вакуумного прибора выполняется из теплопроводящего изоляционного материала, обычно керамики, окиси алюминия, или в виде слоя твердеющего изоляционного материала - компаунда.

Микроэлектронный вакуумный прибор работает следующим образом.

При подаче питающего напряжения (см. чертеж) прямой полярности $U_k \approx 1-5$ В к
10 электродам 1-5 катода, т. е. на омические контакты полупроводниковой р-п структуры катода, потенциальный барьер широкозонного р-п гомоперехода снизится и резко возрастает инжекция электронов из п-области 2 в р-область 3 гомоперехода. Поток электронов движется к узкозонной р-области 4 изотипного гетероперехода, входит в эту область, где электроны становятся горячими, т. е. обладают высокой энергией и
15 эффективно диффундируют и одновременно дрейфуют через узкозонную р⁺-область изотипного гетероперехода к ее поверхности и проходят в активированный слой 8 с низкой работой выхода, с поверхности которого в области проемов решетчатых диэлектрических и металлических слоев они излучаются в вакуумированное межэлектродное пространство.

20 К общему электроду 1 катода и электроду 16 анода прикладывается напряжение анода U_a прямой полярности "+" к аноду. Излучаемые в проемы решетки активированным слоем катода 8 электроны устремляются к аноду, выделяя на сопротивлении нагрузки R_n выходное напряжение $U_{вых}$, пропорциональное анодному току, т. е. потоку излучаемых безнагревным катодом электронов. Для управления потоком получаемых
25 катодом электронов к общему электроду 1 катода и внешнему электроду (выводу) 12 управляющего электрода подводится запирающее напряжение U_c ("- к электроду 12).

Действующее на движущиеся в проемах решетки электроны запирающее поле тормозит их движение к аноду и изменение величин поля, т. е. изменение U_c регулирует величину анодного тока. Анодная и анодно-сеточная характеристики предлагаемого
30 микроэлектронного вакуумного прибора аналогичны соответствующим характеристикам триодов, тетродов и пентодов.

Таким образом, вследствие того, что в предложенном микроэлектронном вакуумном приборе, состоящем из корпуса и размещенными катодом, анодом и управляющим электродом, катод является холодным, выполнен пленочной многослойной безнагревной
35 активированной структурой широкозонный п-р гомопереход - изотипный р-р⁺ гетеропереход, на котором последовательно размещены управляющий электрод типа решетчатый слой диэлектрика - решетчатый слой металла, на верхнем слое диэлектрика которого по контуру закреплен пластинчатый анод, причем омический контакт изотипного р-р⁺ гетероперехода выполнен решетчатой структурой металл-диэлектрик, его р⁺-область
40 равна ширине изотипного гетероперехода, соотношение толщины решетчатых слоев металла и диэлектрика управляющего электрода составляет (5: 1)-(10: 1), а отношение длины проема решетки к длине останова находится в интервале от 10 до 10³, достигается поставленная цель - более чем в два раза снижается потребляемая мощность и более чем на порядок снижаются габариты устройства. (56) Патент США N 2913632, кл. 318-101, 1975.

45 Патент США N 4994708, кл. 313-306 (H 01 J 1/46), 19.02.1991.

Заявка Японии N 61-46931, кл. H 01 J 1/30, 1979.

Формула изобретения

50 МИКРОЭЛЕКТРОННЫЙ ВАКУУМНЫЙ ПРИБОР, содержащий холодный полупроводниковый катод, перфорированный в местах рабочих ячеек прибора управляющий электрод и анод, разделенные диэлектрическими слоями, отличающийся тем, что, с целью снижения потребляемой мощности и габаритов, холодный катод выполнен в виде пленочной структуры широкозонный п - р гомопереход - изотипный

p - p⁺-гетеропереход, при этом омический контакт изотипного p - p⁺-гетероперехода выполнен решетчатой структурой металл-диэлектрик, p⁺-область равна ширине изотипного перехода, p-область равна 0,6 - 0,9 величины диффузной длины носителей в p-области, соотношение концентраций n и p-областей гомоперехода составляет 10² - 10⁴, а соотношение длины проема решетки ячейки к толщине разделяющей ячейки стенки составляет 10 - 10³.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

