

УДК 681.3

ЭЛЕКТРОННЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Сычик В. А., Уласюк Н. Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Разработан электронный источник электроэнергии, состоящий из закрепленного на валу металлического дискового ротора, на торцевой поверхности которого попарно размещены электреты с разноименными зарядами. Внешняя цепь содержит трансформатор с первичными обмотками. ЭДС электретного источника электроэнергии равна сумме ЭДС последовательно включенных секций трансформатора.

Ключевые слова: источник электроэнергии, электрет, напряженность электрического поля, дисковый ротор, электрический трансформатор.

ELECTRONIC POWER SOURCE Sychyk V., Ulasiuk M.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. An electronic source of electric power has been developed, consisting of a metal disk rotor fixed on a shaft, on the end surface of which electrets with opposite charges are placed in pairs. The external circuit contains a transformer with primary windings. The EMF of the electret source of electric power is equal to the sum of the EMF of the transformer sections connected in series.

Key words: source of electricity, electret, electric field strength, disk rotor, electric transformer.

Адрес для переписки: Сычик В. А., пр. Рокоссовского, 49–18, г. Минск 220095, Республика Беларусь
e-mail: bntu@bntu.by

Твердотельный источник электронной эмиссии представляет полупроводниковый многослойный катод, который состоит из подложки, полупроводниковой подложки n -типа проводимости.

Устройство относится к электронной технике и, может быть, использовано в производстве эффективных ненакаливаемых катодов электровакуумных приборов.

Цель разработки – повышение срока службы и плотности тока эмиссии многослойного полупроводникового катода. Катод выполнен в виде полупроводникового слоя 2 n -типа проводимости, имеющего омический контакт 1 , на слое n -типа расположен слой 3 p -типа того же полупроводника. К p -слою выполнен омический контакт 4 . На поверхность p -слоя, свободную от омического контакта, нанесен p^+ -слой узкозонного относительно материала p -слоя полупроводника, на котором расположен тонкий $(3-7)10^{-3}$ мкм слой активатора, например цезия, p - n -переход защищен слоем 7 диэлектрика. При пропускании через p - n -переход тока в прямом направлении электроны инжектируются из n -слоя сквозь p -слой в p^+ -слой, для которого являются горячими. Горячие электроны p -слоя с высокой вероятностью эмитируются в вакуум, благодаря снижению высоты потенциального барьера на границе активатор-вакуум.

Устройство относится к электронной технике и может быть использовано в производстве эффективных ненакаливаемых катодов электровакуумных приборов.

Целью разработки является повышение срока службы и плотности тока эмиссии ненакаливаемого многослойного полупроводникового катода.

Сущность изобретения состоит в том, что источник электронной эмиссии выполнен полупроводниковой структуры типа n - p -широкозонный –

p^+ -узкозонный полупроводник, причем узкозонный полупроводник неравномерно и $30-89$ сильно легирован акцепторной примесью, которая создает тянущее электрическое поле и в котором инжектированные из h -области в узкозонную p^+ -область электроны являются горячими. В силу последнего обстоятельства вероятность их выхода в вакуум сквозь поверхностный барьер, сниженный активатором, возрастает более чем в 10 раз. В результате существенно повышается интенсивность излучения электронного катода при одинаковой потребляемой энергии. При достижении допустимой эффективности излучения предложенный катод в сравнении с прототипом находится в облегченном режиме работы, что существенно повышает надежность его работы, в первую очередь долговечность.

В возобновляемых источниках электроэнергии эффективно используются устройства, осуществляющие преобразование потоков фотонов различной энергии и длины волны. Также находят применение источники электроэнергии, преобразующие постоянное электрическое поле в напряжение переменного тока [1, 2].

Нами разработан электретный источник электроэнергии, который может использоваться при производстве источников автономного электропитания для космических устройств и в микроэлектронике.

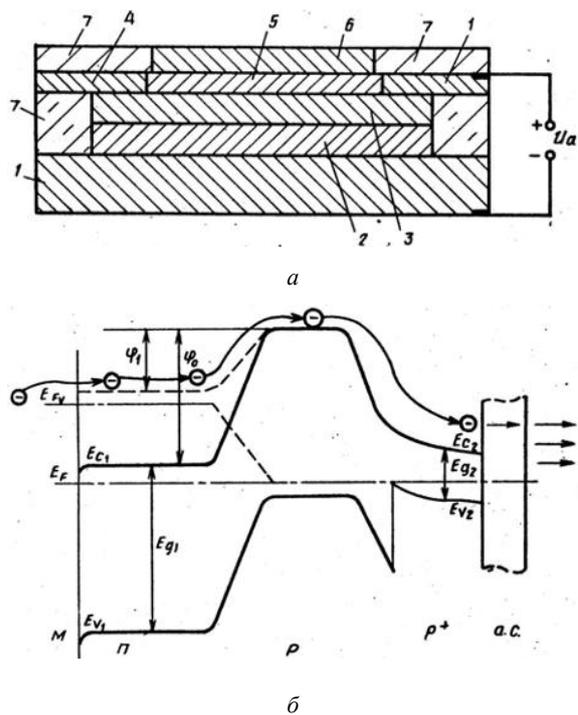
На рисунке 1 представлена структура электретного источника электроэнергии. На рисунке 1, *a* изображен многослойный катод, на рисунке 1, *б* изображена его зонная диаграмма.

Полупроводниковый многослойный катод состоит из подложки 1 , полупроводниковой подложки n -типа проводимости (n -область) 2 с омическим контактом 1 к ней. На подложке располо-

жен слой полупроводника p -типа (p -область) 3 с омическим контактом 4 к нему. На поверхности p -слоя, свободной от омического контакта, расположен p^+ -слой узкозонного по отношению к p -слою полупроводника 5, покрытого слоем 6 активатора. Зона p - n -перехода покрыта защитным слоем 7 диэлектрика. В случае кремниевой подложки n -типа омический контакт выполняется из Bi , Mg , Sb или Te .

Полупроводниковая p - n -структура представляет собой p - n -переход, выполненный из полупроводников n -типа 2 и p -типа 3. Она защищена слоем диэлектрика 7, который стабилизирует работу полупроводниковой p - n -структуры.

P -область 3 перехода выбрана такой толщины, чтобы инжектированные в нее из n -области электроны не рекомбинировали с дырками области 3. Оптимальное значение толщины области 3 – dQ , составляет 0,6–0,9 значения диффузионной длины Ld носителей в области 3. Для кремниевго гомоперехода толщина $d_0 \approx 0,15$ –0,2 мкм. Концентрация примесей является оптимальной для данного типа переходов, причем концентрация электронов n -области $2nh$ много больше концентрации дырок p -области 3 Pp , т. е. $(102$ – $104)Pp$, чтобы обеспечить одностороннюю инжекцию электронов к поверхности излучения, покрытой активатором 6.



a – многослойный катод; b – зонная диаграмма

Рисунок 1 – Структура электретного источника электроэнергии

Контактирующая с p -областью 3 полупроводниковой p - n -структуры p -область (слой) 5 является узкозонной. Например, для кремниевой p -области 3 с $Eg = 1,11$ эВ, где Eg – ширина запрещенной зоны полупроводника, контактирующая p^+ -область 5 выполнена из арсенида индия с $Eg_1 = 0,36$ эВ.

Такой контакт широкозонной p - и узкозонной p^+ -полупроводниковых областей 3 и 5 приводит к тому, что инжектируемые в p^+ -область 5 электроны, являются горячими и обладают высокой энергией. Кроме того, p -область 5 обеднена электронами, в результате чего путем диффузии происходит эффективное перемещение электронов к ее поверхности, с которой электроны могут испускаться. Структура p -широкозонный 3 – p^+ -узкозонный полупроводник 5 является изотипным гетеропереходом и для обеспечения его высокого коэффициента передачи необходимо хорошее согласование в постоянных решетки составляющих p - и p^+ -областей. Толщина p^+ -области 5 также ограничивается минимальной рекомбинацией в ней электронов и не превышает диффузионной длины носителей для выбранного материала области 5.

Используемый в структуре многослойного катода изотипный гетеропереход, представляющий контакт p - широкозонного слоя 3 и p^+ -узкозонного слоя 5 обеспечивает преобразование обычных электронов, диффундирующих через слой 3, в горячие электроны, попавшие в слой 5, которые обладают большой избыточной энергией и высокими возможностями к излучению со свободной поверхности.

Для повышения эффективности излучения катода путем усиления инжекции электронов из p^+ -слоя узкозонного полупроводника 5 в слой 6 активатора узкозонный p^+ -слой 5 может быть неравномерно легирован акцепторной примесью, распределение которой является параболическим с максимумом со стороны p - p^+ -изотипного гетероперехода. Такое распределение примеси создает тянущее электрическое поле, осуществляющее эффективное выталкивание неосновных носителей (электронов) из p^+ -слоя 5 в активированный слой 6.

Второй омический контакт 4 является ускоряющим электродом. Он для кремниевго p - n гомоперехода, т. е. к n -слою, выполняется из Al .

К омическим контактам полупроводниковой структуры прикладывается питающее напряжение постоянного тока, являющееся напряжением прямой полярности к p - n -гомопереходу их слоев 2 и 3.

При помещении электронного многослойного катода в вакуумированный баллон электровакуумного прибора и подаче питающего напряжения прямой полярности на омические контакты 1 и 4 полупроводниковой структуры потенциальный барьер p - n -гомоперехода снизится, на величину qUa , и станет равным $\phi_1 = \phi_0 - \phi Ua$, где Ua – падение напряжения на p - n -гомопереходе между слоями 2 и 3, q – величина заряда электрона. В результате резко возрастает инжекция электронов из n -области 2 в p -область 3 полупроводниковой структуры по диффузионному механизму. Поскольку толщина p -слоя 3 не превышает диффузионной длины электронов, поток электронов устремляется к узкозонной p^+ -области 5 с высоким обеднением электронами, входит в эту область, где электроны становятся горячими, т. е. обладают высокой энергией, эффективно диффундируют и

одновременно дрейфуют через узкозонную p^+ -область 5 к ее поверхности и проходят в активированный слой 6 с низкой работой выхода, с поверхности которого электроны эффективно излучаются. В случае отсутствия активированного слоя 6 электроны могут эффективно излучаться в вакууме и внешней поверхностью p^+ -области 5.

С ростом питающего напряжения при условии минимальных потерь электронов в p^- и p^+ -областях поток излучаемых электронов практически экспоненциально возрастает с ростом Uq . Поскольку $p-n$ -гомопереход смещен в прямом направлении, его напряжение невелико и изменяется в пределах 0,9–2,5 В, при этом поток излучаемых электронов возрастает на несколько порядков.

Экспериментальное устройство – твердотельный источник электронной эмиссии размером 3×3 мм полупроводниковой структурой $nSi-pSi-r+InSb$. При этом толщина слоя nSi составляет (0,8–1) мкм, слоя pSi – (0,15–0,2) мкм и слоя $r+InAs$ – (0,2–0,3) мкм. Активированным слоем является слой цезия толщиной (3–7) 10^{-3} мкм.

Экспериментальный катод обеспечивает эмиссию электронов плотностью 20–50 mA/mm^2 при питающем напряжении 1,2–1,8 В и комнатной температуре. Нестабильность эмиттируемого катодом электронного потока не превышает 30 %.

Технико-экономические преимущества предлагаемого электронного многослойного катода в сравнении с аналогами следующие:

- более чем на порядок возрастает срок службы (с 103 до 104–105 у часов);
- повышается максимальная плотность тока эмиссии в 10 и более раз;
- более чем на порядок снижается нестабильность работы твердотельный источник электронной эмиссии с (5–8) раз у прототипа, до 0,3 у предлагаемого устройства.

Многослойный полупроводниковый катод, содержащий подложку из полупроводника n -типа с омическим контактом к ней, слой p -типа с омическим контактом; расположенный, на подложке n -типа, слой активатора на поверхности слоя p -типа, свободной от омического контакта, причем области $p-n$ -перехода покрыты слоем диэлектрика, отличающийся тем, что, с целью повышения срока службы л плотности тока эмиссии, между слоем p -типа и слоем активатора расположен p^+ -слой узкозонного по отношению к слою p -типа полупроводника.

Литература

1. Губкин, А. Н. Электреты. М.: Наука, 1998. – 164 с.
2. Электретные источники электроэнергии / В. А. Сычик [и др.] // Материалы МНТК «Демографические проблемы Беларуси», ч. 3. Мн., 1999. – С. 54.

УДК 621.793.18

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МИШЕНЕЙ

Телеш Е. В.¹, Сафронов Н. В.², Шевчик Е. В.¹

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

²ОАО «Минский НИИ радиоматериалов»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Исследовано влияние материала мишени на основные оптические характеристики свойства фторуглеродных покрытий, полученных ионно-лучевым распылением. Установлено, что покрытия, полученные распылением мишени из политетрафторэтилена, обладали более высокой прозрачностью, шириной запрещенной зоны и низким коэффициентом преломления.

Ключевые слова: фторуглеродные покрытия, оптические характеристики, ширина запрещенной зоны, ионно-лучевое распыление.

OPTICAL CHARACTERISTICS OF FLUOROCARBON COATINGS OBTAINED BY ION BEAM SPUTTERING OF VARIOUS TARGETS

Telesh E.¹, Safronov N.², Shevchik E.¹

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

²OJSC Minsk Research Institute of Radiomaterials

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The influence of the target material on the main optical characteristics of the properties of fluorocarbon coatings obtained by ion-beam sputtering has been studied. It was found that coatings obtained by sputtering a polytetrafluoroethylene target had higher transparency, a wider band gap, and a low refractive index.

Key words: fluorocarbon coatings, optical characteristics, band gap, ion-beam sputtering.

Адрес для переписки: Телеш Е. В., ул. П. Бровки, 6, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: etelesh@bsuir.by

Одним из наиболее перспективных материалов, обладающим уникальным комплексом физико-химических свойств, являются соединения

фтора с углеродом. При использовании фторуглеродных покрытий в качестве оптических и защитных покрытий для оптических приборов важным