



UO'K: 621.315.592:621.382:621.385

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ПОЛУПРОВОДНИК – ПЛАЗМА ГАЗОВОГО РАЗРЯДА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ СЕТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ****STUDY OF CONVERSION AND OUTPUT CHARACTERISTICS OF THE SEMICONDUCTOR – PLASMA GAS DISCHARGE SYSTEM WITH AN ADDITIONAL GRID ELECTRODE****QO'SHIMCHA SETKALI ELEKTRODGA EGA BO'LGAN YARIMO'TKAZGICH – GAZ RAZRYADI PLAZMASI TIZIMIDA O'ZGARTIRISH VA CHIQISH XARAKTERISTIKALARNING TADQIQOTI****Зокир Хайдаров<sup>1</sup>** <sup>1</sup>Ферганский Государственный университет, доктор физико-математических наук, доцент**Д.Ш.Гуффонова**

Ферганский Государственный университет, магистр

**С.Х.Мухаммадаминов**

Ферганский Государственный университет, магистр

**Аннотация**

В настоящей работе экспериментально изучаются преобразовательные и выходные характеристики системы полупроводник – плазма газового разряда. Эта система, по-другому называемая газоразрядная ячейка, дополнительно снабжена металлически сеточным электродом. При этом газоразрядный промежуток разделяется на две части: фотоприёмник-сетка и сетка-экран. Подобная конструкция, описываемая в настоящей статье, способствует усилению плазмы по току. Экспериментально изученная зависимость мощности выходного сигнала от величины тока сетка-экран (преобразовательная характеристика) показывает, что кривые имеют сублинейный характер. Зависимость мощности выходного сигнала от величины мощностей входного сигнала (выходная характеристика) имеет сверхлинейный характер. В результате этих исследований появляется возможность регистрации слабых (менее чем  $10^{-7}$  Вт/см<sup>2</sup>) инфракрасных излучений объектов.

**Abstract**

In the present work, the conversion and output characteristics of a semiconductor-plasma gas discharge system are studied experimentally. This system, otherwise called a gas-discharge cell, is additionally equipped with a metal-grid electrode. In this case, the gas-discharge gap is divided into two parts: photodetector-grid and grid-shield. Such a construction, described in the present paper, contributes to the current amplification of the plasma. The experimentally studied dependence of the output signal power on the grid-shield current (conversion characteristic) shows that the curves have a sublinear character. The dependence of the output signal power on the input signal power value (output characteristic) is super linear. As a result of these studies, it is possible to register weak (less than  $10^{-7}$  W/sm<sup>2</sup>) infrared radiation of objects.

**Annotatsiya**

Ushbu maqolada yarimo'tkazgich – gaz razryadi plazmasi tizimining o'zgartirish va chiqish xarakteristikalari tajribada o'rganilgan. Boshqacha gaz razryadli yacheyka, deb ataladigan bu tizim qo'shimcha metall setka elektrodiga ega. Bunda gaz razryadli oraliq ikki qismga ajratiladi: fotoqabulqilgich-setka va setka-ekran. Ushbu maqolada tavsiflangan bunday konstruksiya gaz razryadi plazmasining tokini kuchaytirish imkoniyatini berdi. Tajribada o'rganilgan kirish signali quvvatining setka-ekran gaz oralig'i tokiga bog'liqligi (o'zgartirish xarakteristika) chiziqli xarakterga yaqin bo'ldi. Chiqish signali quvvatining kirish signali quvvatiga bog'liqligi (chiqish xarakteristika) chiziqli xarakterga qaraganda

## FIZIKA-TEKNIKA

tikroq bo'ldi. Olib borilgan tadqiqot natijasiga ko'ra ob'ektlarning kuchsiz ( $10^{-7}$  W/sm<sup>2</sup> quvvatdan kam) infraqizil nurlarini qayd etish imkoniyati paydo bo'ldi.

**Ключевые слова:** газоразрядная ячейка, плазма газового разряда, металлический сеточный электрод, система полупроводник – плазма газового разряда, преобразовательная характеристика системы, выходная характеристика системы.

**Key words:** gas discharge cell, gas discharge plasma, metal grid electrode, semiconductor - gas discharge plasma system, conversion characteristic of the system, output characteristic of the system.

**Kalit so'zlar:** gaz razryadli yacheyka, gaz razryadi plazmasi, metal setkali elektrod, yarimo'tkazgich – gaz razryadi plazmasi tizimi, tizimning o'zgartirish xarakteristikasi, tizimning chiqish xarakteristikasi.

## ВВЕДЕНИЕ

Физические явления происходящих в чрезмерно тонкой газоразрядной ячейке (толщина от 10 мкм до 100 мкм), состоящей из высокоомного полупроводника и регистрирующей среды (экрана) мало изучены [1-14].

Газоразрядная ячейка применяется в основном для регистрации инфракрасных излучений и пространственно-временной диагностики лазерных излучений в диапазоне 0,4 ÷ 11 мкм и далее. Однако важным препятствием их дальнейшего распространения является недостаточно эффективное использование энергии газового разряда на регистрирующей среде. Это объясняется тем, что в ионизационных системах, хотя имеет место усиление по мощности, определяемое выражением [15]

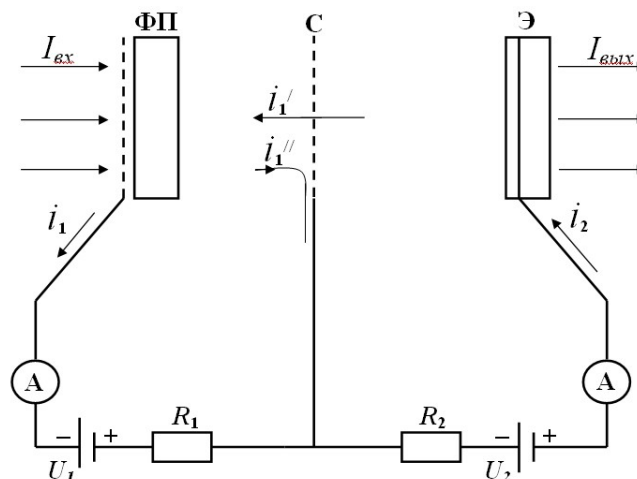
$$\eta = G \frac{eV}{h\nu},$$

(где  $G$  – коэффициент фотоэлектрического усиления,  $V$  – приложенное напряжение,  $e$  – заряд электрона,  $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота излучения) отсутствует усиление тока в газоразрядном промежутке. Это создаёт определенные препятствия в тех случаях, когда для регистрации требуются значительные плотности газоразрядного тока.

Цель настоящей работы состоит в экспериментальном рассмотрении возможностей получения достаточной величины тока в плазме тонкой газоразрядной ячейки для регистрации преобразовательного сигнала, управляемой освещённым полупроводником.

**ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ  
ПОЛУПРОВОДНИК – ПЛАЗМА ГАЗОВОГО РАЗРЯДА.**

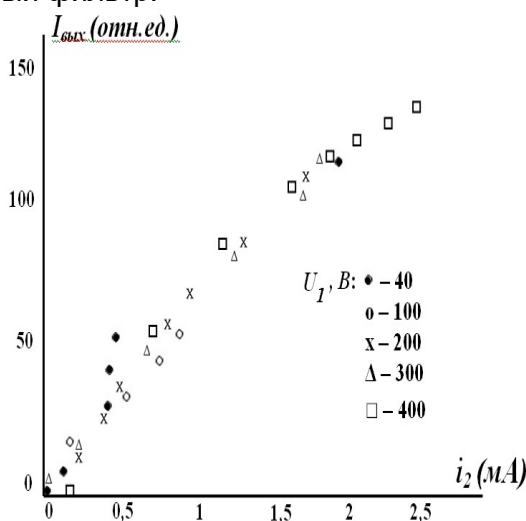
Нами была исследована система полупроводник – плазма газового разряда в преобразовательном режиме с одним дополнительным электродом, принципиальная схема, которой показана на рис 1. В газовом зазоре между фотоприёмником (ФП) и регистрирующей частью (экраном) с помощью калиброванных слюдяных прокладок помещался электрод в виде плоской металлической сетки, имеющей достаточно мелкую структуру (10 ячеек на 1 мм). Между полупрозрачным электродом фотоприёмника и сеткой подключался основной источник питания  $U_1$ , а между сеткой и экраном – вспомогательный источник  $U_2$ . Для выявления влияния параметров газоразрядного промежутка на фотоэлектрические свойства системы и определения предельных возможностей предусматривалось изменение давления газа и величины зазора между фотоприёмником и сеткой, а также сеткой и экраном.



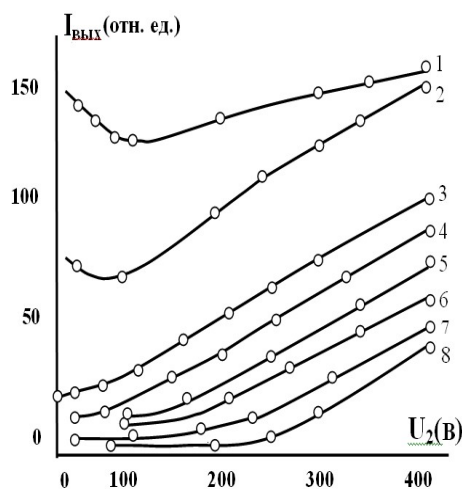
**Рис.1. Принципиальная схема системы полупроводник – плазма газового разряда с дополнительным сеточным электродом. ФП - фотоприёмник, С - сетка, Э – экран (регистрирующая среда из волоконно-оптической шайбы с проводящим покрытием из SnO<sub>2</sub>), R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> - балластные сопротивления.**

Если спроектировать оптический сигнал от объекта на поверхность полупроводникового фотоприёмника и приложить к его полупрозрачному электроду и сетке достаточное напряжение ( $U > U_{пр}$  – пробойное напряжение для газового промежутка), то в цепи сетки установится самостоятельный тихий разряд. При этом интенсивность свечение газового разряда в поперечном сечении будет контролироваться фотоприёмником в соответствии с интенсивностью спроектированного оптического сигнала. Поскольку высокоэнергичные компоненты плазмы газового разряда могут проскакивать сквозь сетку, то его можно рассматривать как источник начальной ионизации для участка «сетка-экран». При наличии ускоряющего поля частицы приобретут кинетическую энергию, достаточную для интенсивной ударной ионизации, что приведёт к зажиганию разряда в цепи экрана, плотность тока которого будет зависеть от интенсивности разряда в первом зазоре. Таким образом, небольшим током сетки, лимитирующийся фотоприёмником, можно управлять при зажигании разряда значительным током в цепи экрана.

При измерениях считывание выходного сигнала плазмы газового разряда производилось с помощью фотоэлектрического умножителя (ФЭУ-38). Для исключения попадания побочных засветок на фотокатод освещение ФП осуществлялось через кремниевый фильтр.



**Рис. 2. Семейство преобразовательных характеристик ( $i_1$  – является**



**Рис. 3. Семейство зависимостей  $J_{вых}(U_2)$ . r, мм. рт. ст.: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 60; 5 – 70.**

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Необходимо констатировать, что преобразовательные и выходные характеристики системы полупроводник – плазма газового разряда в конечном итоге определяются процессами, происходящими в газоразрядном промежутке при протекании в нем тока. Поэтому, важными исследованиями являются изучение влияния параметров второго газового зазора на интенсивность свечения экрана, а также режима питания на выходные характеристики преобразователя оптических сигналов.

На рис. 2 показано семейство зависимостей интенсивности свечения экрана преобразователя сигналов  $I_{\text{вых}}$  (интенсивность свечения выражена через ток ФЭУ, то есть в относительных единицах) от тока  $i_2$  при фиксированном давлении газа ( $p = 15 \text{ мм. рт. столба}$ ) и разных значениях напряжения  $U_1$ . Ток  $i_2$  в цепи экрана изменялся изменением напряжения  $U_2$  между сеткой и экраном.

На рис.3 приведены семейство зависимостей свечения экрана  $I_{\text{вых}}$  от приложенного напряжения  $U_2$  между сеткой и экраном.

На рис. 4 показаны семейства выходных характеристик, определяющие зависимости свечения экрана  $I_{\text{вых}}$  от энергии входного излучения  $J_{\text{вх}}$ . Характеристики сняты для  $U_1 = 1000 \text{ В}$ ,  $p = 15 \text{ мм. рт. столба}$ , при разных значениях напряжения  $U_2$ .

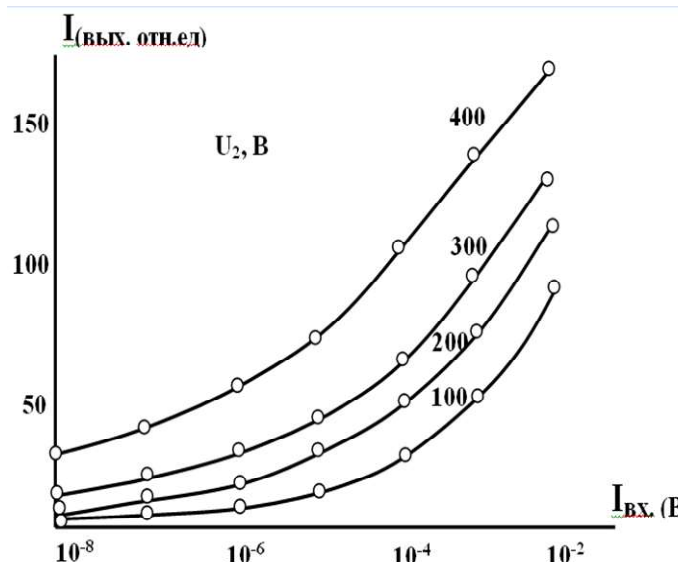


Рис.4. Семейство выходных характеристик --  $I_{\text{вых}}(J_{\text{вх}})$  при  $U_1 = 1000 \text{ В}$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ.

Из рис. 2 следует, что семейства характеристик выходной интенсивности свечения плазмы экрана  $I_{\text{вых}}$  от тока  $i_2$  совмещается на одной линии. Характеристики почти линейны для разных значений напряжения  $U_1$ , однако в общем случае наблюдаемое уменьшение крутизны характеристик с увеличением  $i_2$  приводит к заметному сублинейному росту выходной интенсивности свечение экрана  $I_{\text{вых}}$ . По всей видимости, последнее обстоятельство объясняется тем, что при больших  $U_2$  интенсивность размножения носителей плазмы между сеткой и экраном приводит к формированию отрицательного объемного заряда вблизи экрана. В результате этого уменьшается средняя энергия электронов, взаимодействующих с экраном, и, во-вторых, пространственный положительный заряд ионов вблизи катода (сетки), экранируя поток электронов из первого разрядного промежутка, уменьшает темп роста тока  $i_2$ .

В общем случае характеристики  $I_{\text{вых}}(i_2)$ , показанных на рис. 2 результатами измерений выходной интенсивности свечение экрана  $I_{\text{вых}}$  при изменении  $U_2$  и различных значениях  $p$  (см. рис. 3), указывает на то, что свечение экрана практически линейно следует за током  $i_2$ .

Выходная характеристика газоразрядной ячейки в преобразователях сигналов является самой важной характеристикой. Из приведённых на рис.4 семейств выходных характеристик можно отметить, что кривые имеют монотонно нарастающий характер. При значительно низком уровне освещения свечение экрана незначительно, в дальнейшем с увеличением мощности входного сигнала интенсивность свечение экрана увеличивается нарастающим темпом. Причём, интенсивность свечение экрана тем сильнее чем больше напряжения между сеткой и экраном  $U_2$ . Это говорит о том, что применение дополнительного электрода в газовом промежутке способствует эффекта увеличения свечение плазмы в регистрирующей среде. Можно отметить, что результаты этих исследований могут быть применены для регистрации слабых сигналов, где величина

темногого и фототоков слишком мало при отображении их в виде свечение экрана, то есть регистрирующей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Gurevich E.L., Kittel S., Hergenroder R., Astrov Yu.A., Portsel L.M., Lodygin A.N., Tolmachev V.A. and Ankudinov A.V. Modification of GaAs surface by low-current Townsend discharge // *Journal Applied Physics*, 2010, Vol 43, No 9, pp. 27-32.
2. Utamuradova Sh.B., Khaydarov Z., Saparov F.A. Physical processes at the semiconductor-plasma contact of a gas discharge in a thin gas-discharge cell // *Science and world International scientific journal*. 2021, №9 (97), ст. 8-10 (in Russian).
3. Utamuradova Sh. B., Daliev Kh. S., Khaydarov Z., Rakhmanov D.A. Effective method for photographic recording of heat fields of objects and laser radiations based on a gas discharge cell // *Science and world International scientific journal*, 2021, №9 (97), ст. 8-10 (in Russian).
4. Лодыгин А.Н., Астров Ю.А., Порцель Л.М., Берегулин Е.В. Динамика таунсендовского разряда в аргоне // *ЖТФ*, 2015, Т. 85, В. 5, ст. 27-31.
5. Paritskii L.G., Khaydarov Z., Mukhamadiev O, Dadabaev O. Spatial stabilization of the current in a semiconductor-gas discharge system // *Semiconductors, American Institute of Physics*, 1994, Vol. 27, No. (11-12), pp. 1104-1108.
6. Хайдаров З., Йулдашев Х.Т. Новый фотографический эффект в сверхтонкой газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом // *Прикладная физика*, 2016, №5, ст.75-80.
7. Хайдаров З., Йулдашев Х.Т., Хайдарова К.З. Высокочувствительная полупроводниковая ионизационная фотографическая камера для инфракрасного диапазона // *Прикладная физика*, 2017, №1, ст.65-68.
8. Йулдашев Х.Т., Хайдаров З., Касымов Ш.С. Кинетика пробоя в системе «Полупроводник – газоразрядной промежутков» // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 4. Физика. Химия*. 2017, Т4, №1, ст. 16-22.
9. Хайдаров З., Юлдашев Х.Т., Хайдаров Б.З., Урмонов С. Фотоэлектрические явления в сверхтонком (3–20 мкм) зазоре газового разряда с полупроводниковым электродом // *Физическая инженерия поверхности*, 2015, №2, ст.136-140.
10. Хайдаров З. Положительный фотографический эффект в чрезмерно тонкой газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом // *Узбекский физический журнал*, 2012, Т.14, № 1, ст. 46-49.
11. Хайдаров З. Исследование сверхтонкой газоразрядной ячейки с полупроводниковым электродом из кремния, легированного платиной // *Физическая инженерия поверхности*, 2011, Т.9, № 4, ст. 385-389.
12. Хайдаров З. О возможности усиления фототока плазмы газового разряда в преобразователях изображений ионизационного типа // *Физическая инженерия поверхности*, 2010, Т.8, № 3, ст. 214-221.
13. Хайдаров З. Особенности автоэлектронной эмиссии в сверхтонком зазоре газоразрядной ячейки в полупроводниковой ионизационной камере // *Физическая инженерия поверхности*, 2006, Т.3. № 1-2, ст. 207-209.
14. Парицкий Л.Г., Хайдаров З. Особенности контакта полупроводник-газовый разряд при малых межэлектродных расстояниях // *Физика и техника полупроводников*, 1993, Т.27, В.11/12, ст. 2017-2020.
15. Астров А.Ю., Касымов Ш.С., Парицкий Л.Г., Рывкин С.М. Исследование характеристик полупроводникового ионизационного преобразователя изображений. // *Физика и техника полупроводников*, 1975, Т.9, В.12, ст.1844.