

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТОКОВОГО УСИЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПОЛУПРОВОДНИК-ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ПРОМЕЖУТОК

**Х.Т. Йулдашев, К.М. Эргашев, Э.Ж. Алихонов, Ж.М. Иброхимов,
У.С. Рустамов**

Ферганский политехнический институт

E-mail: hurshid5704@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассматриваются возможности усиления фототока плазмы газового разряда в преобразователях изображений на регистрирующих средах. Это достигается тем, что включение дополнительного электрода в разрядном промежутке и с этим создается возможность значительного понижения рабочего напряжения на фотоприемнике и усиления фототока плазмы газового разряда в преобразователях изображений.

Ключевые слова: преобразователь изображений, полупроводниковый электрод, сеточный электрод, люкс-амперная характеристика, фотографическая характеристика, преобразовательная характеристика, выходная характеристика, изображения, процесс усиления.

ANNOTATSIYA

Ushbu ishda metall to'ra elektrodga ega tasvir o'zgartirgichdagi yoritilayotgan yarimo'tkazgich orqali boshqariladigan gaz razryadi plazmasi tokining kuchaytirish effektini imkoniyatlari o'rganilgan. Bunga shunday erishilganki, tizimning gaz razryadli oralig'iga qo'shimcha elektrod kiritilib, fotoqabulqilgichga tushadigan ishchi kuchlanishning qiymati sezilarli miqdorga kamaytiriladi va tasvir o'zgartirgichning gaz razryadi plazmasidagi fototokni kuchaytirilishiga erishiladi.

Kalit so'zlar: Tasvir o'zgartirgich, yarimo'tkazgichli elektrod, setkali elektrod, lyuks amper xarakteristika, fotografik xarakteristika, o'zgartirish xarakateristkasi, chiqish xarakteristika, kuchaytirish jarayoni.

ABSTRACT

The possibilities of amplification of gaz discharge plasma photocurrent in the image transformers on the register medium have been examined. It is achieved by switching on additional electrode in the discharge gap and by significant drop in tension on the photoreciver and intensification of photocurrent plasma of gaz discharge in image transformers.

Keywords: the converter of images, a semi-conductor electrode, a net electrode, lux amperes the characteristic, the photographic characteristic, the converting

characteristic, the target characteristic, the images, the registering knot, strengthening process, stabilization, currents of strengthening, ionization the chamber.

ВВЕДЕНИЕ

Газоразрядные системы с полупроводниковым электродом (SGD-структуры) нашли достаточно широкое применение для высокоскоростной пространственно – временной фотографической диагностики лазерных инфракрасных излучений [1-6]. В этих устройствах пространственное распределение плотности тока в тонком газоразрядном промежутке управляется электродом (фотоприемником), чувствительным к ИК-свету. При проецировании ИК-изображения на фотоприемник происходит его преобразование в видимое свечение газа [7-10]. В настоящее время они являются одним из наиболее перспективных типов устройств, составляющих основу несеребряной высокочувствительной фотографии [11-14].

Цель настоящей работы состоит в рассмотрении возможностей получения эффектов усиления в плазме тонкой газоразрядной ячейки, управляемой освещенным полупроводником.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

На рис. 1 изображена схема экспериментов. Исследуемая SGD-структура включает полупроводниковый и прозрачный электроды, разделенные диэлектрической прокладкой с отверстием диаметром 20 мм, которое формирует газоразрядную область. Толщина прокладки определяет значение d_g , которое изменялось в опытах настоящей работы в диапазоне 50–100 мкм.

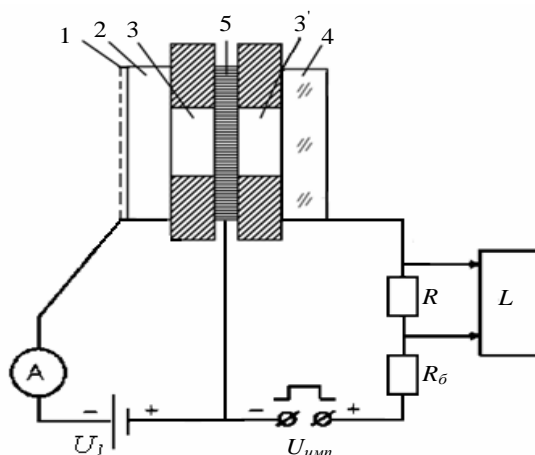


Рис. 1. Принципиальная схема ионизационной системы с токовым усилением для исследование импульсного режима. 1-полупрозрачный контакт,

2-полупроводниковый фотоприемник, 3 и 3` - газоразрядный промежуток, 4- прозрачный контакт SnO₂, 5-металлической сетки *L*-осциллограф, *R*_б- балластное сопротивление.

Полупроводниковый электрод (полу изолирующим GaAs) диаметром 30 мм и толщиной 1мм имеет на внешней поверхности полупрозрачный электрический контакт, изготовленный методом напыления в вакууме тонкой пленки металла (Ni). В качестве прозрачного электрода используется стеклянная пластина, покрытая проводящим слоем SnO₂ [15-20].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование проводились как в режиме постоянных токов, так и в импульсных режиме. Основная часть результатов была измерена при непосредственном визуальном контроле однородности распределения тока по площади разряда и качества изображения с помощью люминесцентного экрана. Проведенные исследования импульсных свойств в различных режимах показали, что эти свойства зависят от амплитуды и длительности импульсов, параметров разрядного промежутка и от величины тока *i*₁. Увеличение *p* и *d*. приводит к повышению амплитуды импульса и к запаздыванию развития разряда. Наличие тока в цепи ФП значительно сокращает время формирования разряда и уменьшает амплитуду импульса. На рис. 2 показаны ВАХ участка "Сетка-экран", измеренные по схеме, показанной на рис.1. Длительность импульса составляла 2,75·10⁻³ сек, давления *p* = 76 мм. рт. столба, зазор *d*₂ = 100 мкм. Кривые сняты для трех токов в цепи ФП.

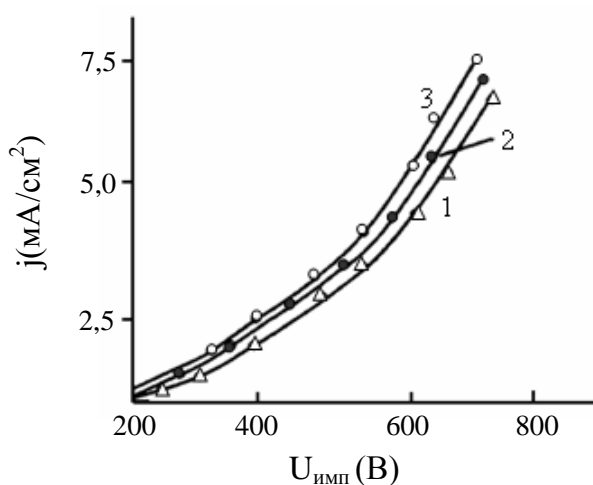


Рис. 2. ВАХ импульсном режиме: $\tau=2,75 \cdot 10^{-3}$ сек, 1- $U_1=600$ В, $i_1=60$ мкА, 2- $U_1=800$ В, $i_1=93$ мкА, 3- $U_1=1000$ В, $i_1=145$ мк

Было замечено, что изменение тока i_1 от 60 до 145 мкА приводит к уменьшению времени развития разряда во втором зазоре с 0,2 до $0,1 \cdot 10^{-3}$ сек. По форме кривые несколько схожи кривыми для постоянного тока, только в импульсном режиме наблюдается некоторое смещение ВАХ в сторону больших U_2 [21-25]. При этом отсутствие шнурования тока в цепи второго разрядного промежутка контролировалось равномерностью свечения люминесцентного экрана и видом осциллограммы тока, которая при наличии неустойчивости распределения плотности тока имела вид колебательного характера. Отметим, что максимальный коэффициент усиления по току был ~ 20 , когда в режиме постоянного тока предельно достигнутое значение усиления составляло $\sim 6+8$.

Анализ результатов исследований электрических свойств газоразрядного промежутка, заключенного между сеткой и экраном, позволяет сделать следующие выводы. Поскольку горячие электроны плазмы первого разрядного промежутка, имеющие избыточный над равновесным значением импульс, направленный перпендикулярно к поверхности анода (сетки), могут инжектироваться сквозь сетку во второй промежуток, то процессы, происходящие в этом зазоре, должны определенным образом зависеть от разрядного тока в цепи ФП [26-30]. При этом существенное влияние будут оказывать также объемный заряд присеточного пространства и средняя длина пробега носителей, определяемая давлением газа в зазорах. Наблюдаемый в опытах значительный ток короткого замыкания в цепи экрана позволяет говорить о том, что плазма газового разряда, заключенная между ФП и сеткой, является мощным поставщиком электронов в сеточно-электродное пространство, при этом плотность потока инжектированных электронов растет с уменьшением давления газа.

Увеличение тока i_1 в цепи ФП должно было бы привести к экспоненциальному росту тока i_2 , что не наблюдается на опытах. Это объясняется тем, что повышение тока i_1 влечет за собой образование отрицательного объемного заряда в проэлектродном пространстве, который экранирует движение электронов, что отражается в сублинейной зависимости $i_2(i_1)$. Уменьшение давления газа увеличивает среднюю длину пробега носителей, тем самым большее число электронов успевает преодолеть поле объемного заряда. Далее электроны выталкиваются, тем же полем в засеточное пространство, где могут вызвать ионизацию или возбуждение атомов газа. Поэтому при малых напряжениях с уменьшением p наблюдается увеличение крутизны ВАХ.

При наличии достаточного ускоряющего поля между сеткой и экраном происходит интенсивная ударная ионизация атомов и молекул газа, что способствует резкому возрастанию тока в цепи экрана. По описанным выше причинам при низких давлениях переход от участка с меньшим наклоном может и не наблюдаться, поскольку интенсивная ионизация наступает уже и при незначительных напряжениях. Дальнейший ход кривых $i_2(i_1)$ характеризуется тенденцией к насыщению тока i_2 , что говорит о возрастающей роли приэлектродного отрицательного объемного заряда. Это можно лишний раз подтвердить сравнением кривых $i_2(i_1)$ (рис.3.) полученных для $U_2 = 300$ В $p = 15$ мм.рт.столба [31-40]. В первом случае ток в цепи ФП изменялся изменением напряжения U_1 и за счет частичной компенсации объемного заряда потенциалом анода нарастание тока i_2 замедляется при больших i_1 . Во втором случае при постоянном U_1 ток i_2 регулировался изменением освещения ФП, тем самым объемный заряд приэлектродного пространства все время увеличивается с ростом i_1 и на графике мы наблюдаем ранний изгиб характеристики $i_2(i_1)$ и уменьшение тока в цепи экрана.

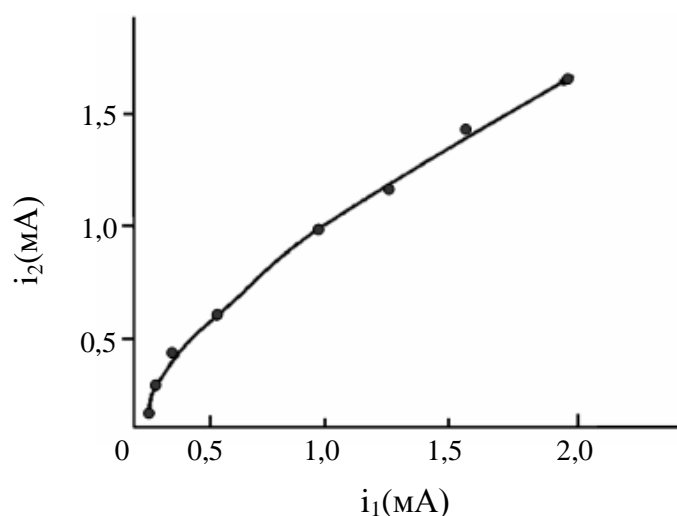


Рис. 3. $i_2(i_1)$ – характеристики. (i_1 -является функцией входного освещения)

Токовая усилительная характеристика газоразрядной ячейки.

Наиболее полную информацию об электрических свойствах газоразрядных промежутков дает семейство зависимостей коэффициента токового усиления $K = i_2/i_1$ от тока в цепи ФП. На рис.4 показаны эти характеристики, снятые при фиксированном давлении газа и разных значениях напряжения U_2 . Максимальный коэффициент усиления достигается при малых значениях тока

(i_1) и больших значениях напряжения U_2 . При незначительных напряжениях U_2 (кривые 1,2) вид кривых указывает о возрастающей роли при электродного отрицательного объемного заряда на интенсивность проникновения электронов из-за сеточного пространства, при этом незначительная ударная ионизация во втором разрядном промежутке (на наличие ионизация указывает смещение кривых при увеличении U_2) не в состоянии исказить распределение потенциала на этом участке. Поэтому при больших i_1 ток экрана определяется только инжекционными свойствами первого разрядного промежутка, имеющего прозрачный электрод, что характеризуется пропорциональным ростом тока i_2 , т.е. постоянством коэффициента усиления при токах $i_2 \geq 0,5$ mA. При относительно высоких напряжениях U_2 (см. кривые 4,5) наблюдаем монотонное убывание коэффициента усиления с увеличением тока первого разрядного промежутка. При этом разряд характеризуется интенсивным размножением носителей тока, и поскольку скорости дрейфа электронов и положительных ионов сильно отличаются, то вблизи сетки положительные ионы образуют пространственный положительный заряд. Увеличение приэлектродного положительного объемного заряда компенсирует поток малоэнергичных электронов из первого разрядного промежутка. Кроме того, при образовании положительного вне электродного пространственного заряда процессы ударной ионизации и возбуждения нейтральных атомов становятся менее эффективными. Выше указанными причинами и объясняется более медленный, по сравнению с током ФП, рост тока i_2 .

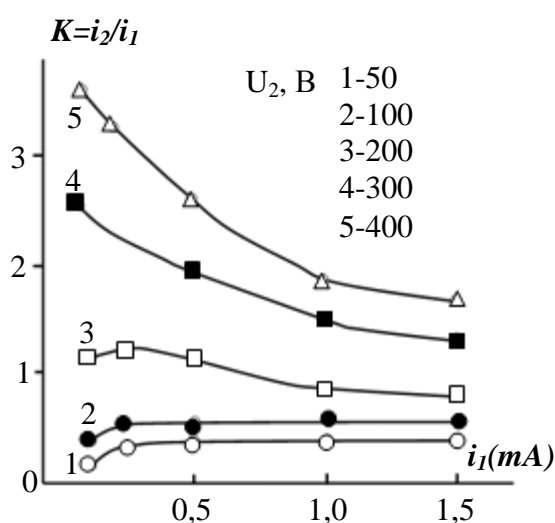


Рис. 4. Зависимость коэффициентов токового усиления $K=i_2/i_1$ от тока i_1 .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, мы имеем случай, когда газовый разряд между ФП и прозрачным для зарядов (электронов) электродом управляет разрядом во внеэлектродном пространстве, заключенном между сеткой и вторым электродом (экраном), и подавляет нежелательную для работы системы неустойчивость токового состояния. На наш взгляд, поток электронов из первого разрядного промежутка нейтрализует вблизи катода положительный пространственный заряд, следствием которого является однородное распределение потенциала по длине разрядного промежутка, что препятствует в рассматриваемом диапазоне напряжения U_2 развитию самостоятельного газового разряда.

REFERENCES

1. Khurshidjon, Y., Azamjon, T., Abdullajon, K., & Xusniddin, S. (2020). Transition photoelectric processes in a superfluid gas-discharge cell with semiconductor electrodes. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(5), 100-109.
2. Yuldashev, K. T. (2020). Research photoelectric and photographic characteristics of the converter of the image of the ionization type. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, 2(10), 16-22.
3. Умаралиев, Н., Матбабаев, М. М., & Эргашев, К. М. (2020). Установка для изучения оптоэлектронного датчика влажности воздуха. *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*, 63(3), 237-241.
4. Эргашев, С. Ф., Рустамов, У. С., Кулдашев, А. Х., Тиллябоев, Т. Н., & Орипов, А. (2019). Микро-ГЭС мощностью 5 Квт для индивидуальных потребителей. *Известия Ошского технологического университета*, (2), 168-170.
5. Jamoldinovich, A. E. (2020). The importance of metrology and standardization today Alikhonov Elmurod. *International scientific and technical journal "Innovation technical and technology"*, 1(4), 1-3.
6. Абдумаликова, З. И. (2019). Исследование кинетика пробоя в газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом. *Евразийский союз ученых*, (10-5), 14-18.
7. Yuldashev, K. T., Akhmedov, S. S., & Ibrohimov, J. M. (2020). Damping cell from gallium arsenide with plasma contacts in an extreme gas discharge cell. *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*, 16(1), 36-41.

8. Эргашев, К. М., & Иброхимов, Ж. М. Особенности газового разряда при малых межэлектродных расстояниях в ионизационной системе. Евразийский союз ученых (ЕСУ), 59.
9. Obidov, J. G., & Alixonov, E. J. (2021). Organization of the education process based on a credit system, advantages and prospects. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(4), 1149-1155.
10. Эргашев, С. Ф., Рустамов, У. С., Абдурахмонов, С. М., & Кулдашов, О. Х. (2020). Автоматизированная система управления водными ресурсами на основе элементов компьютерной автоматики.
11. Abdumalikova, Z. A., Matbabaeva, S. M., & Yuldashev, N. K. (2007). Excitation of surface-radiation exciton-polariton modes at strong attenuations of excitons. *Uzbekiston Fizika Zhurnali*, 9(1), 30-33.
12. Yuldashev, K., Akhmadaliev, B., Ahmedov, S., & Ergashov, K. (2020). Analysis of kinetics of image formation on bismuth films under action of gas discharge. *Theoretical & Applied Science*, (4), 839-843.
13. Мамасадиқов Ю., Алихонов Э.Ж. Оптоэлектронное устройство для контроля линейной плотности хлопковых лент с функциональной разветкой // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2021. 10(91). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12426> (дата обращения: 10.11.2021). DOI - 10.32743/UniTech.2021.91.10.12426.
14. Ergashov, K. M., & Madmarova, U. A. (2020). Technics of the infra-red drying of farm products. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(11), 1351-1355.
15. Йулдашев, Х. Т., Ахмедов, Ш. С., Рустамов, У. С., & Эргашев, К. М. (2017). Дослідження фонового випромінювання та можливості його обмеження в напівпровідниковій іонізаційній системі. *Журнал фізики та інженерії поверхні*, 2(1), 44-48.
16. Абдумаликова, З. И., Матбабаева, Ш. М., & Юлдашев, Н. Х. (2006). Фотолюминесценция поверхностно-радиационных экситон-поляритонных мод при сильных затуханиях механических экситонов.
17. Урмонов, С., & Йулдашев, Х. (2019). Ефективний метод фотографічної реєстрації інфрачервоного випромінювання за допомогою напівпровідникової іонізаційної камери. *Логос. Онлайн*.
18. Ergashov, K. M., & Madmarova, U. A. (2020). Research of metrological characteristics optoelectronic of devices for control of humidity of installations. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(11), 1337-1341.

19. Йулдашев, Х. Т., Ахмедов, Ш. С., Рустамов, У. С., & Эргашев, К. М. (2017). Исследование фонового излучения и возможности его ограничения в полупроводниковой ионизационной системе. *Журнал физики и инженерии поверхности*.
20. Боймирзаев, А. Р. (2019). Особенности свечения разряда в полупроводниковом газоразрядном преобразователе ИК-изображения. *Евразийский союз ученых*, (10-5), 19-20.
21. Xabibulloogli, E. A., & Abdukarimovna, M. U. (2021). Assesment of metrological reliability of measurements using the method of producing functions. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(8), 520-528.
22. Yuldashev, K. T. (2019). The study of processes current gain in a "Semiconductor-gas-discharge GAP" system. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, 1(7), 13-17.
23. Мирзаева, З. И., Набиев, Г. А., & Эргаш, К. М. (2008). Фотоэлектретное состояние без внешнего поляризующего поля в однородных полупроводниках. *Фізична інженерія поверхні*, (6, № 1-2), 65-69.
24. Ibrokhimov, J. M. (2021). Features of methods of optimising calculation of parameters the combined solar power installations. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(5), 1043-1047.
25. Obidov, J. G. O. (2020). About safety technique and issues of supplying electricity of the textile industry. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(9), 123-127.
26. Мирзарахимова, Ф. К. К., Мамасидиков, Д. Р. Ё., Сатторов, М. М. Ё., & Йулдашев, Х. Т. (2018). Усилительные процессы в газоразрядной ячейке с полупроводниковыми электродами. *Евразийский Союз Ученых*, (2-1 (47)).
27. Йулдашев, Х. Т., Ахмедов, Ш. С., & Эргашев, К. М. (2017). Пространственная стабилизация тока в газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом. *American Scientific Journal*, (17-1), 52-53.
28. Yuldashev, K. T., Akhmedov, S. S., & Ibrohimov, J. M. (2020). Damping cell from gallium arsenide with plasma contacts in an extreme gas discharge cell. *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*, 16(1), 36-41.
29. Хайдаров, З., & Йулдашев, Х. Т. (2018). Переходные фотоэлектрические процессы в сверхтонкой газоразрядной ячейке с полупроводниковыми электродами. *Журнал фізики та інженерії поверхні*, 3(3), 106-113.

30. Kuldashov, O. H., Umaraliev, N., & Ergashev, K. M. (2021). Stabilization of the parameters of a two-wave optoelectronic device. *Scientific-technical journal*, 4(2), 51-61.
31. Ibrokhimov, J. M. (2020). Application of the solar combined systems consisting of the field of flat and parabolocylindrical collecting channels for hot water supply of the industrial factories. *Academicia: An international multidisciplinary research journal*, 10(12), 1293-1296.
32. Мирзарахимова, Ф. К., Шамсутдинов, Ф. А., Турсуналиев, А. Р., & Йулдашев, Х. Т. (2018). Эффективный метод фотографической регистрации инфракрасного излучения с помощью полупроводниковой ионизационной камеры. *Вестник современных исследований*, (3.2), 152-155.
33. Эргашев, К. М., & Мадмарова, У. (2018). Компьютерная модель микро-ГЭС с использованием потенциальной энергии геотермальных вод. In *Современные технологии в нефтегазовом деле-2018* (pp. 376-379).
34. Khurshidjon, Y., Abdumalikovna, A. Z., Muminovna, U. G., & Mirzasharifovna, Q. G. (2020). The study of photoelectric and photographic characteristics of semiconductor photographic system ionisation type. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(5), 72-82.