

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ – АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА В СИСТЕМЕ ПОЛУПРОВОДНИК – ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ПРОМЕЖУТОК

¹Д.Д. Хосилов, ¹М.Р. Мадаминов, ²Х.Т. Йулдашев

¹Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий,

²Ферганский политехнический институт

E-mail: hurshid5704@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты исследования ВАХ полупроводниковой фотографической системы ионизационного типа путем введения металлического зонда в область газового разряда, не нарушая его природу.

Ключевые слова: газовый разряд, газоразрядная ячейка, фотоприемник, вольтамперная характеристика, металлический зонд, коэффициент ионизации Таунсенда.

АННОТАЦИЯ

Ушбу мақолада ионизацион русумли яримўтказгичли фотографик системанинг газ-разряди табиатини бузмасдан унинг соҳасига кўшимча металл зондни киритиш орқали олинган ВАХ натижалари келтирилган.

Калит сўзлар: газ-разряди, газ-разряди ячейкаси, фотоприёмник, вольт-ампер характеристика, металл зонд, Таунсенд ионизация коэффициенти.

ABSTRACT

The article presents the results of a study of the current-voltage characteristic of a semiconductor photographic system of the ionization type by introducing a metal probe into the area of a gas discharge without disturbing its nature.

Keywords: gas discharge, gas-discharge cell, photodetector, current-voltage characteristic, metal probe, Townsend ionization coefficient.

ВВЕДЕНИЕ

Полупроводниковые фотографические системы и спектральные преобразователи изображений ионизационного типа [1-6] нашли достаточно широкое применение для высокоскоростной пространственно – временной фотографической диагностики лазерных инфракрасных излучений [7-15]. В настоящее время они являются одним из наиболее перспективных типов устройств, составляющих основу несеребряной высокочувствительной фотографии [16-21].

Решение таких вопросов, как стабилизация работы различных приборов газового разряда, [22-27] преобразование инфракрасного излучения в видимое, передача изображений и бессеребряное фотографирование [28-31] и т. д. осуществляется с помощью газоразрядных ячеек с высокоомных полупроводниковым электродом. В этих ячейках используется узкий газоразрядный зазор с плоским металлическим электродом и пластиной из высокоомного и фоточувствительного полупроводника. В такой системе возникает контакт полупроводника с плазмой газового разряда. Наличие этого контакта существенным образом влияет на свойства газового разряда и коренным образом отличает его от классических затрудненных и барьерных разрядов. Однозначного мнения о механизме стабилизации разряда с полупроводниковым электродом и физической интерпретации процессов в такой газоразрядной ячейке не существует. Однако физические процессы, происходящие в контакте полупроводника и плазмы, играют определяющую роль в формировании разряда.

В работе [32-34] измерены первые производные ВАХ полупроводникового зонда, помещенного в неоновую газоразрядную плазму. Под действием внешнего излучения производные характеристики смещаются в сторону электронной части. Величина смещения интерпретируется как глубина проникновения электрического поля в полупроводник. По зависимости потенциала смещения максимума первой производной характеристики от давления газа при одинаковой освещенности дана интерпретация смещения характеристик.

В работе [35-38] измерены вольт-амперные характеристики плоского полупроводникового зонда, помещенного в гелиевую газоразрядную плазму. Изучено влияние постороннего излучения на зондовую характеристику. Обнаружено, что под действием излучения величина зондового тока сильно возрастает, плавающий потенциал смещается в сторону электронной части характеристики. Величина смещения интерпретируется как глубина проникновения поля в полупроводник. Измерены также первые производные вольт-амперных характеристик полупроводникового зонда. Под действием внешнего излучения производные характеристик также смещаются.

Целью настоящей работы является проверка правильности этого предположения, то есть исследование распределения потенциалов в элементах системы и исследование ВАХ газоразрядного промежутка методом зондовых измерений.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Принципиальная схема полупроводниковой ионизационной фотографической системы приведена на рис.1. Светочувствительным фотоприемником (2) служит полуизолирующий арсенид галлия ($\rho \cong 10^8 \text{ Ом.см}$), на одну из поверхностей которого напылен полупрозрачный никелевый контакт (1). Внутренняя поверхность пластины отделена от поверхности регистрирующего слоя (4) газовым зазором (3). Регистрирующий слой (4) располагается на прозрачном проводящем контрэлектроде (5), выполненном, например, из стеклянной пластинки, покрытой проводящей пленкой SnO_2 . При подключении к системе напряжения происходит пробой газового разряда, отличающийся тем, что в разрядной ячейке присутствует распределенное сопротивление полупроводника, способствующее демпфированию токовых неустойчивостей. Сопротивление, полупроводника полностью определяет величину плотности тока по площади сечения и при освещении полупроводника может управлять величиной и распределением тока в газовом зазоре. Основными элементами полупроводниковых фотографических систем ионизационного типа являются (рис. 1,а) полупроводниковый фотоприемник (ФП), газоразрядная ячейка и регистрирующая среда. В этих системах реализуются три вида усиления: 1) фотоэлектрическое усиление при преобразовании потока фотонов в фототок полупроводникового фотоприемника; 2) плазменное усиление фототока по мощности в газоразрядном зазоре, 3) химическое усиление в регистрирующей среде, подвергающейся воздействию газоразрядной плазмы. Подбор оптимального режима и хорошего согласования этих элементов между собой является основным фактором повышения чувствительности системы в целом. До настоящего времени на основании Косвенных методов исследования считалось, что ВАХ фотоприемника и системы совпадают при $U \geq U_{\text{пр}}$. Это означало, что ВАХ газового разряда строго вертикальна, дифференциальное сопротивление разрядного промежутка с большой точностью равно нулю и при освещении не происходит перераспределение напряжения в системе даже при высокой освещенности.

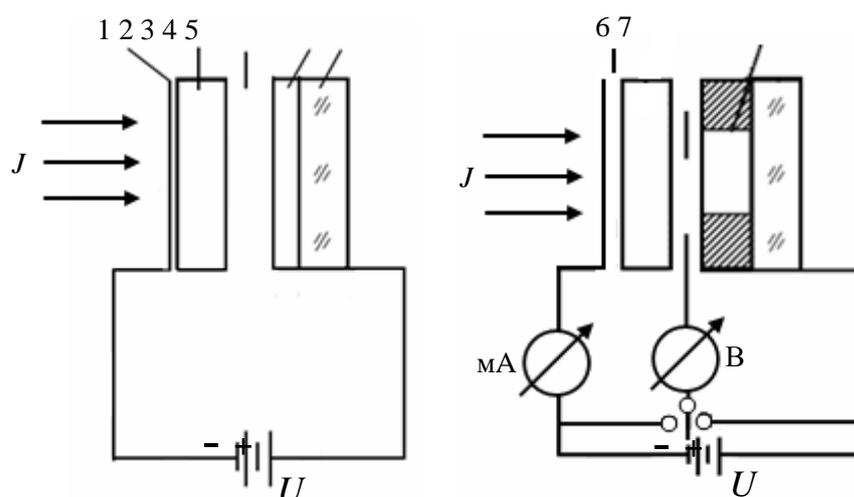


Рис. 1. Схема ионизационной системы. 1-прозрачный электрод, 2-полупроводниковый фотоприёмник, 3-газоразрядный зазор, 4-регистрирующий слой, 5-прозрачный контрэлектрода, 6-кольцеобразный никелевый контакт, 7-слюдяная прокладка.

На поверхности полупроводника со стороны разряда наносился кольцеобразный никелевый контакт (в дальнейшем так называемый зонд) с внутренним диаметром 11,5 мм. При этом сменные слюдяные прокладки, имеющие диаметры отверстий 10,0 мм, 10,5 мм и 11,0 мм, создавали газовой калиброванный зазор и исключали никелевый зонд от непосредственного участия его в процессе разряда, таким образом сохранялся вид разряда, характерный для ионизационной системы.

Постепенное приближение (в пределе до бесконечно малого расстояния, d) разрядного промежутка к металлическому кольцеобразному зонду, напыленного на поверхность ФП со стороны разряда, с помощью слюдяных прокладок разных диаметров отверстий, определяющих газоразрядное пространство, является более удачным, поскольку позволяет сохранить постоянство режима работы при изучении электрооптических характеристик системы. ВАХ поверхности ФП всегда остается линейной, поэтому поверхностный промежуток ФП от зонда до края разрядного промежутка изменит лишь наклон ВАХ газового разряда и при бесконечно малом приближении зонда к разряду можно наблюдать ВАХ, близкую к истинной.

Для удобства сопоставления вольтамперных характеристик системы и фотоприемника была выбрана схема с одним газоразрядным промежутком (в некоторых вариантах фотоприемник помещается между двумя газоразрядными

зазорами). В противном случае полупроводниковый омический контакт ФП, необходимый для снятия ВАХ полупроводника, изменяет наклон этой характеристики за счет гашения входной интенсивности.

С помощью диафрагмы освещался участок ФП диаметром 8 мм, на 2 мм меньше, чем диаметр в слюдяной прокладке с наименьшим отверстием. Это позволяет ограничить интенсивность разряда на краях зазора.

Измерения ВАХ полупроводника, газоразрядного промежутка системы проводились согласно рис. 1,6 при входном освещении $J = 2 \cdot 10^{-2}$ Вт/см²; давлении газа $P=50$ мм рт.ст.; толщине зазора 40 мкм в разных удалениях (750 мкм, 500 мкм, 250 мкм) края зонда от темного кольцеобразного участка газового разряда шириной 1 мм. При всех измерениях контролировалась ВАХ для системы, она практически не изменялась.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 2 приведены следующие характеристики: 1-ВАХ системы; 2,3,4 - потенциалы зонда в зависимости от тока системы, соответственно для $d= 750$ мкм, 500 мкм, 250 мкм; 5-ВАХ ФП.

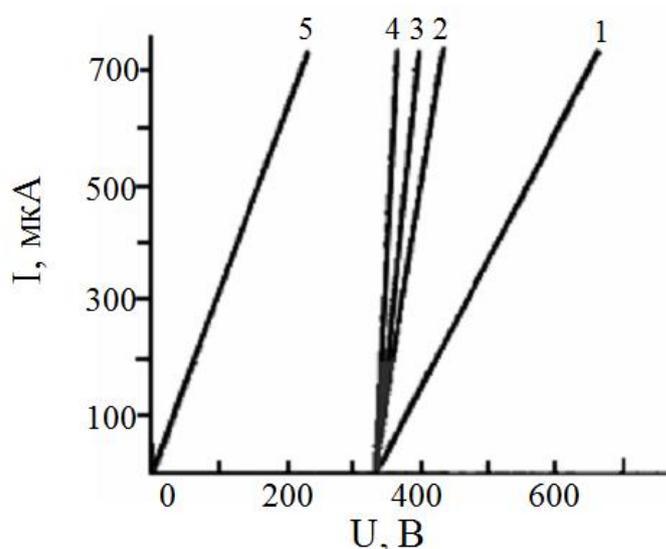


Рис.2. Вольтамперная характеристика:

1-система, 2,3,4-газового разряда, 5-фотоприемника

На рис. 3 показаны, перестроенные из графиков 2,3,4 предыдущего рисунка, зависимости потенциала зонда от d для трех значений тока системы: (1- $I=0,7$ мА, 2- $0,5$ мА, 3- $0,3$ мА).

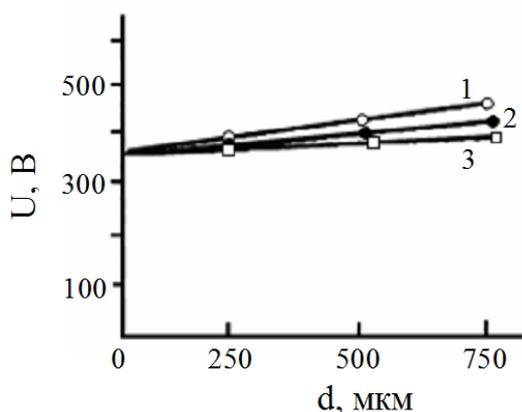


Рис.3. Зависимость потенциала зонда от расстояния до разрядного промежутка при токе системы: 1 - 700 мкА; 2 - 500 мкА; 3 - 300 мкА

Сопоставление ВАХ системы в целом, фотоприемника и разрядного промежутка (рис. 2) указывает на то, что при токах $i > 150$ мкА все характеристики фотоприемника

и системы практически совпадают, наклон ВАХ разряда с уменьшением d стремится к вертикальности (рис. 2), а кривые пересекают ось напряжений в точке 340 В (рис. 3), что совпадает с напряжением пробоя газа (для данного случая $U_{пр}$ определяется точкой пересечения ВАХ системы с осью напряжений (рис. 2, кривая 1).

Следует отметить, что в ионизационных системах в качестве контрэлектрода обычно используется прозрачный электрод в виде стекла с проводящим слоем SnO_2 , который имеет обычно поверхностное удельное сопротивление порядка $100 \div 400$ Ом.см.

Незначительное несовпадение наклонов ВАХ фотоприемника и системы, а также отклонение ВАХ газового разряда (рис. 2) от вертикальности объясняется, по всей видимости, экранированием потока электронов объемным зарядом, образованным на поверхности контрэлектрода. При использовании в качестве контрэлектрода металлических пластин, например, Си, Та, Al и др., ВАХ системы строго совпадает с наклоном ВАХ ФП.

Анализируя эти результаты, можно констатировать, что приближением зонда к краю разряда можно определить значение пробивного напряжения $U_{пр}$ для данных параметров разрядного промежутка, которое остается постоянным. Следует отметить, что при изменении входной освещенности наклоны ВАХ газоразрядного промежутка не изменяются, т.е. значение $U_{пр}$ остается постоянным. Крутизна ВАХ системы в послепробойной области увеличивается с ростом интенсивности освещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подытоживая эти результаты, можно заключить, что полупроводниковый электрод осуществляет одновременно две функции: локально управляет плотностью тока газоразрядного промежутка и подавляет нежелательную для

работы системы неустойчивость однородного распределения тока. Диапазон наблюдаемых токов и вертикальность ВАХ газоразрядного промежутка указывают на тот факт, что работа систем осуществляется в области нормального тлеющего разряда. Однако, как уже указывалось, характерное для этой стадии разряда шнурование тока в нашем случае отсутствует.

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. Kizi, M. S. H. Разработка системы менеджмента качества на промышленном предприятии development of a quality management system at an industrial enterprise.
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. Otakulov, O. X., Ergashev, S. F., Kuldashov, O. X., & Rustamov, U. (2020). Modeling of geothermal Micro-GES. *Scientific-technical journal*, 24(2), 89-93.
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 автоматизации.

11. Рустамов, У. С. (2020). Математическое и компьютерное моделирование Микро-ГЭС башенного типа. Экономика и социум, (12), 58-62.
12. Алихонов, Э. Ж. (2021). Определение линейной плотности хлопковые ленты фотоэлектрическим методом. Universum: технические науки, 11(92).
13. Мамасадиқов, Ю., & Алихонов, Э. Ж. (2021). Оптоэлектронное устройство для контроля линейной плотности хлопковых лент с функциональной разветкой. Universum: технические науки, 10(91).
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. Obidov, J. G., & Ibrohimov, J. M. (2021). Application and research of energy-saving lighting devices in engineering networks. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(4), 1370-1375.
16. 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.
17. Yuldashev, K. T., & Akhmedov, S. S. (2021). Physical properties at the contact semiconductor-Gas discharge plasma in a thin gas discharge cell. *Asian Journal of Multidimensional Research*, 10(9), 569-573.
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. Абдумаликова, З. И. (2019). Исследование кинетика пробоя в газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом. Евразийский союз ученых, (10-5), 14-18.
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. Йулдашев, Х. Т., Эргашев, К. М., Алихонов, Э. Ж., Иброхимов, Ж. М., & Рустамов, У. С. (2021). Исследование процессов токового усиления в системе полупроводник-газоразрядный промежуток. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(10), 114-123.
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. Turgunov, B. M., & Muminov, N. S. (2019). Principles of assessment and management of quality systems in industrial enterprises. *Точная наука*, (44), 5-14.
27. Шаймардонович, Ж. Ҳ. (2020). Сифим электродли дон ва дон маҳсулотларини намлигини ўлчаш ўзгарткичининг умумий ўлчаш хатолигини ҳисоблаш усули. *Science and Education*, 1(6).
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. 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.
30. 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.
31. Yuldashev, H. T., & Mirzaev, S. Z. (2021). Investigation of background radiation and the possibility of its limitation in a semiconductor ionization system. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(4), 1364-1369.
32. Yuldashev, X. T. (2019). Analysis of electrical parameters of the ionization system at high frequency currents. *Scientific-technical journal*, 23(4), 172-176.
33. Ergashov, K. M., & Xabibulloogli, E. A. (2021). Selection of methods of acceptance inspection in production. *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(10), 1350-1355.
34. 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.

35. 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.
36. Мамасадиқов, Ю., & Алихонов, Э. Ж. (2021). Оптоэлектронное устройство для контроля линейной плотности хлопковых лент с функциональной разветкой. *Universum: технические науки*, 10(91).
37. Alikhonov, E. J. (2021). Determination of linear density of cotton ribbons by photoelectric method. *Science and Education*, 2(11).