

УДК 621.393.3:621.382:621.385

Исследование процессов усиления тока в газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом

Х. Т. Йулдашев, З. Хайдаров, Ш. С. Касымов

Рассмотрены возможные эффекты усиления тока плазмы, управляемой освещенным полупроводником, при использовании сеточных металлических электродов. Экспериментально изучены вольт-амперные характеристики ионизационных систем с сеточным усилением в непрерывном режиме работы и показано, что работоспособность системы сохраняется, а чувствительность улучшается в 8—10 раз.

PACS: 52.80.-s

Ключевые слова: коэффициент усиления, фотопроводимость, полупроводниковый электрод, полупроводник-сетка, усилительный зазор, вольт-амперная характеристика, положительный заряд, область объемного заряда.

Введение

В последнее время газоразрядные системы с полупроводниковым электродом (т.н. SGD-структуры) нашли достаточно широкое применение в области фотоэлектроники для регистрации инфракрасных излучений и пространственно-временной диагностики лазерных излучений в диапазоне 0,4÷11 мкм. [1, 2]. С уменьшением газового зазора газоразрядной ячейки в полупроводниковой ионизационной камере (ПИК) существенно расширяется область пространственной стабилизации тока как по диапазону давлений газа, так и по значениям допустимых приложенных напряжений [3]. Эта тенденция является благоприятной для некоторых практических применений, относящихся к визуализации пространственного распределения плотности тока в фоточувствительных полупроводниковых материалах, поскольку приводит к повышению разрешающей способности [4], облегчает техническую реализацию условий надежной работы и расширяет круг используемых материалов.

Полная картина процессов в газоразрядной ячейке при малых зазорах ($d \leq 0,1$ мм) не может быть удовлетворительно интерпретирована в рамках простой теории газового разряда [5, 6] и требует привлечения факторов, относящихся к эмиссионным процессам на реальной поверхности полупроводникового электрода. Условия возникновения разряда в этих зазорах достаточно не изучены.

В работе [7] исследовалась структура «полупроводник—плазма» газового разряда низкой плотности. Измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) этой структуры при разных полярностях постоянного напряжения и разных уровнях засветки полупроводника. Установлено, что ВАХ структуры идентична ВАХ системы с запорным контактом.

В работе [8] рассмотрено влияние пробоя в узком газоразрядном промежутке с полупроводниковым электродом на его проводимость. Показано, что замена одного из металлических электродов на высокоомный полупроводник изменяет развитие процесса возникновения тока в узком газоразрядном зазоре при напряжениях, предшествующих напряжению пробоя. Система обладает памятью: пробой газа приводит к увеличению ее проводимости в области слабых допробойных полей, когда $U < U_{пр}$.

Цель настоящей работы состоит в рассмотрении возможностей получения эффектов усиления в плазме тонкой (50—100 мкм) газоразрядной ячейки, управляемой освещенным полупроводником.

Йулдашев Хуршиджон Толибович, старший научный сотрудник.

Хайдаров Зокиржон, доцент.

Касымов Шавкат Сулаймонович, доцент.

Ферганский политехнический институт.

Узбекистан, 150107, г. Фергана, ул. Ферганская, 78/14.

Тел. +99890-588-16-79. E-mail: hurshid5704@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20 сентября 2016 г.

© Йулдашев Х. Т., Хайдаров З., Касымов Ш. С., 2016

Проблема усиления по току

Уникальные свойства ионизационных фотографических систем и преобразователей изображений с помощью плазмы газового разряда заключаются в том, что светочувствительная полупроводниковая пластина (фотоприемник — ФП), выступающая в роли одного из электродов газоразрядного промежутка, управляет плотностью тока разряда в плоскости электродов в соответствии с распределением интенсивности излучения. Спроектированное на фотоприемник изображение, в отличие от газового разряда между металлическими электродами, подавляет нежелательную для работы системы неустойчивость однородного распределения тока. Подавление неустойчивости в системе «полупроводник—газоразрядный промежуток» осуществляется за счет значительного сопротивления полупроводниковой пластинки, являющейся распределенной нагрузкой. Как показано в работе [9], в широком интервале тока дифференциальное сопротивление системы «полупроводник—газоразрядный промежуток» совпадает с сопротивлением использованного полупроводникового ФП. В послепробной области дифференциальное сопротивление газоразрядного промежутка обращается в нуль, так как ВАХ газоразрядного зазора практически вертикальна. Как уже указывалось, ток в системе полностью контролируется ФП и наблюдаемое усиление по мощности определяется как фотоэлектрическими свойствами полупроводника, так и величиной напряжения разряда. Запись изображения осуществляется в конечном итоге, за счет выделения энергии в газоразрядном промежутке при протекании в нем тока.

Однако в силу того, что для подавления неустойчивости однородного распределения тока в плазме используются достаточно высокоомные ФП, выделение в разряде значительной мощности затруднено ограничением тока. Эту проблему, по всей видимости, можно решить двумя путями: или подбором параметров разрядного промежутка и условий разряда, или воздействием на разряд через дополнительный источник питания с помощью электрода, введенного в разрядный промежуток. Первый путь отпадает, поскольку это приводит в конечном итоге к ухудшению разрешающей способности и контрастности системы. Чрезмерное повышение питающего напряжения приводит к образованию шнуров в газоразрядной ячейке и тем самым к преждевременному выходу из строя ФП. Второй путь, казалось бы, приведет к неизбежной неустойчивости плотности тока. Однако уже предварительные опыты показали, что при определенных условиях введения в разрядный промежуток

дополнительного электрода в виде сетки, подключенного к источнику питания, сохраняет работоспособность системы и, кроме того, приводит к заметному токовому усилению в плазме.

Экспериментальная установка и методы измерений

Следует отметить, что в ионизационной системе обычной схемы (см. рис. 1, а) плазменное усиление фототока всегда лимитируется наиболее высокоомным из последовательно включенных элементов, а именно, сопротивлением фотопродводника.

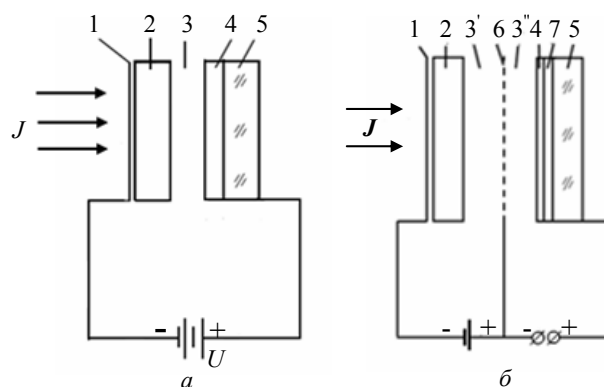


Рис. 1. Системы плазменного усиления фототока. а) Обычная схема ионизационной системы: 1 — прозрачный электрод; 2 — полупроводниковый фотоприемник; 3 — газоразрядный зазор; 4 — регистрирующий слой; 5 — прозрачный контрэлектрод. б) Схема модифицированной ионизационной системы: 6 — сетка; 7 — распределенное сопротивление.

В модифицированной плазменной системе в зазор между ФП и регистрирующей частью (экраном) с помощью калиброванных слюдяных прокладок помещается электрод в виде плоской металлической сетки (рис. 1, б), имеющую достаточно мелкую структуру (10 ячеек на 1 мм). Между полупрозрачным электродом фотоприемника 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 сеткой и экраном.

По всей видимости, усиление по току в газоразрядном промежутке будет происходить следующим образом. Если спроектировать изображение на поверхность полупроводникового фотоприемника и приложить к его полупрозрачному

электроду и сетке достаточное напряжение ($U \gg U_{пр}$ для газового промежутка), то в цепи сетки установится самостоятельный тихий разряд, интенсивность которого в поперечном сечении будет контролироваться фотоприемником, причем в соответствии со спроектированным изображением. Для получения нормальных условий работы систем с сеткой необходимо, чтобы к усилительному зазору было приложено постоянное напряжение, которое меньше напряжения самостоятельного газового разряда. Проходящие сквозь сетку электроны из первого зазора размножаются далее благодаря ударной ионизации, сохраняя заданное освещение пространственное распределение в плоскости контрэлектрода, при этом величина коэффициента усиления составляет 8—10. Ограничение коэффициента усиления в данном случае связано с использованием только несамостоятельного газового разряда в усилительном зазоре [10].

Для объяснения наблюдаемого эффекта нами были исследованы несколько вариантов фотосъемочных устройств с сеточным усилением тока в разряде как растриванного, так и не растриванного изображений. Более детально была исследована система в преобразовательном режиме с одним электродом без растривания изображения, принципиальная схема которой показана на рис. 2.

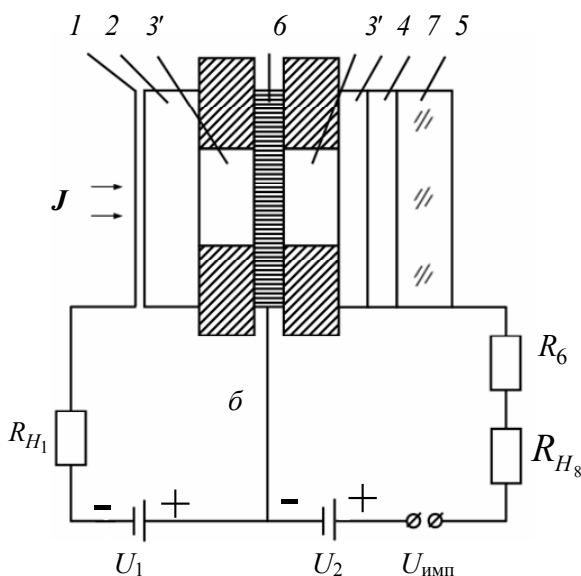


Рис. 2. Схема усилительной установки ионизационного типа.

В зазоре между фотоприемником (2) и регистрирующей частью (экраном) (5) с помощью калиброванных лавсановых прокладок ($3'$, $3''$) помещался электрод в виде плоской металлической сетки (6), имеющей мелкую структуру. Светочувствительным фотоприемником (2) служит полу-

проводник из арсенида галлия ($\rho \cong 10^8$ Ом см), на одну из поверхностей которого напылен полупрозрачный никелевый контакт (1). Контрэлектрод (экран) изготовлен из стеклянной пластинки 5, покрытой токопроводящим слоем из SnO_2 . Прозрачность стеклянной пластинки необходима для визуального наблюдения и фотографирования свечения газового разряда. Между фотоприемником и сеткой подключался основной источник питания постоянного тока U_1 , а между сеткой и экраном — источник прямоугольных импульсов напряжения $U_{имп}$. В качестве последнего служил высоковольтный тиратронный генератор с длительностью импульсов $t_v = 0,5—30$ мкс и длительностью переднего фронта $\tau_{ф} = 50$ нс. Максимальное напряжение $U_{max} = 1,6$ кВ, выходное сопротивление $R = 100$ Ом. Для регистрации тока в первой цепи использован самописец типа ЛКД4-033, регистрирующий падение напряжения на нагрузочном сопротивлении R_{H1} . Во второй цепи включено балластное сопротивление R_B , ограничивающее величину разрядного тока во втором зазоре, и нагрузочное сопротивление R_{H2} , которое использовалось для регистрации токового импульса во втором зазоре с помощью осциллографа С1-15. Кроме того, к усилительному зазору может быть подключен последовательно с импульсным генератором источник постоянного напряжения U_2 .

Экспериментальные результаты

Для объяснения закономерностей формирования изображения в ионизационных системах с токовым усилением в разряде и определения оптимальных режимов эксплуатации был проведен ряд исследований вольт-амперных характеристик системы в целом и отдельных ее элементов. Также были рассмотрены токовые зависимости цепи экрана от тока сетки и исследован коэффициент токового усиления системы $K = i_2/i_1$ (где i_1 — ток сетки, i_2 — ток экрана).

Основная часть результатов была получена при непосредственном визуальном контроле однородности распределения тока по площади разряда и качества изображения с помощью люминесцентного экрана [11].

В качестве ФП использовался арсенид галлия GaAs с удельными сопротивлениями $\rho = 10^7 \div 10^9$ Ом см, при освещении в спектральной области длин волн больше 0,8 мкм.

**Вольт-амперные характеристики.
Обсуждение результатов**

Для определения свойств системы рассматривались две вольтамперные характеристики: участков «ФП—сетка» и «сетка—экран». На рис. 3, а, б показаны семейства ВАХ участка «ФП—сетка» для постоянных величин давления газа ($p = 15$ мм рт. ст.) и длины разрядного промежутка ($d_1 = 50$ мкм и $d_2 = 100$ мкм) при различных напряжениях на участке «сетка—экран» (U_2) и семейство ВАХ, когда параметром кривых является давление газа при $U_2 = 400$ В. Видны типичные для ионизацион-

ных систем ВАХ, когда изменение параметров газоразрядного промежутка приводит к изменению падения напряжения на участке «ФП—сетка» в газовом зазоре. Отличительной особенностью системы с сеточным управлением является то, что после зажигания разряда в цепи экрана характеристика сдвигается в сторону меньших напряжений. При этом чем интенсивнее этот разряд, тем меньше падение напряжения на участке «ФП—сетка». Последнее обстоятельство объясняется тем, что сетка приобретает потенциал, обусловленный током зарядов положительных ионов плазмы участка «сетка—экран».

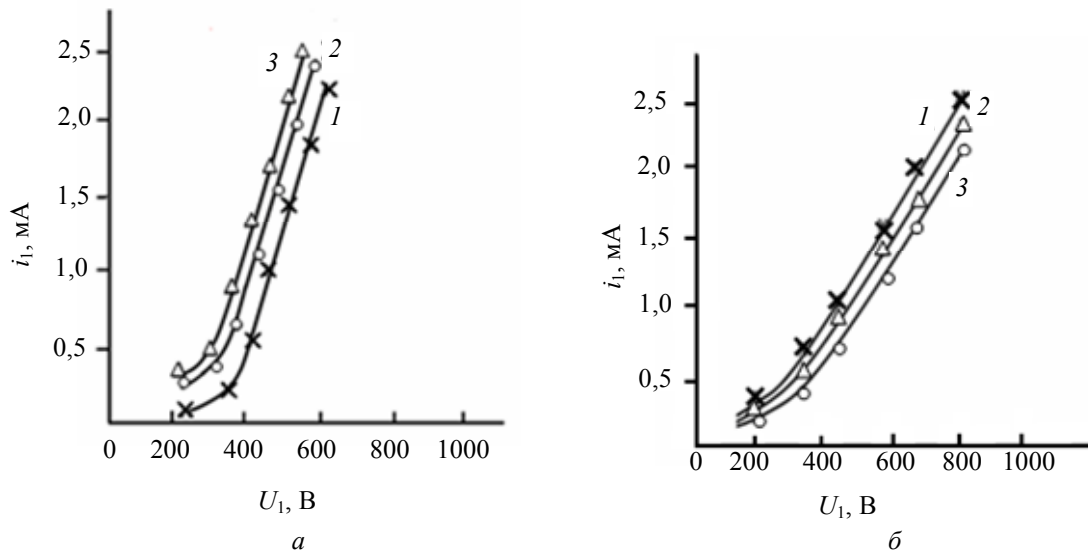


Рис. 3. Семейства ВАХ для U_1 . а) ВАХ участка «ФП—сетка» при $p = 15$ мм рт. ст.; значения U_2 : 1 — 200 В; 2 — 300 В; 3 — 500 В. б) ВАХ участка «ФП—сетка», $U_2 = 400$ В; значения p : 1 — 50 мм рт. ст.; 2 — 100 мм рт. ст.; 3 — 150 мм рт. ст.

Семейство вольтамперных характеристик для участка «сетка—экран» (рис. 4, а, б) показывает соответственно зависимость тока i_2 от напряжения U_2 при фиксированных значениях тока i_1 в цепи

«ФП—сетка» для различных значений давлений газа p и при фиксированных значениях давлений газа p для различных значений тока i_1 в цепи «ФП—сетка».

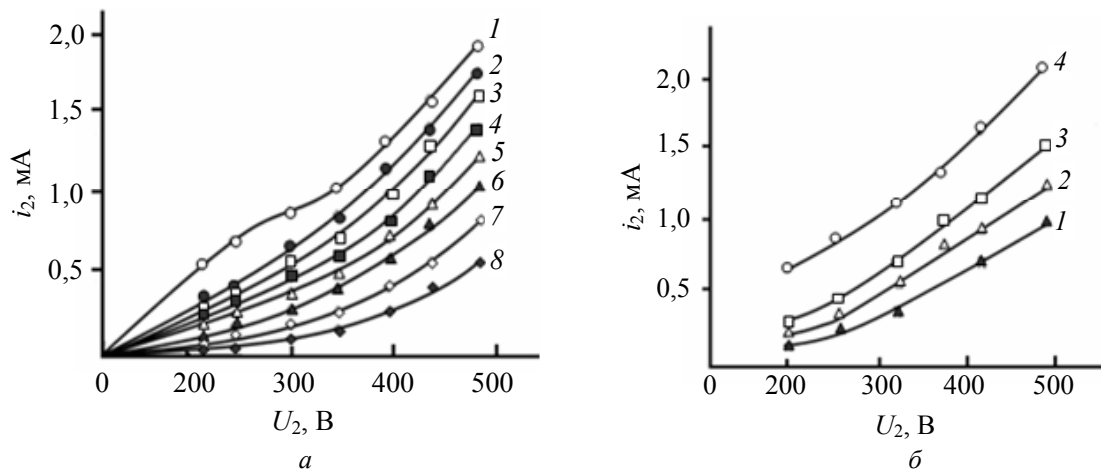


Рис. 4. Семейства ВАХ для U_2 . а) ВАХ участка «сетка—экран», $i_1 = 1,5$ мА. p , (мм рт. ст.): 1 — 15; 2 — 30; 3 — 45; 4 — 60; 5 — 75; 6 — 90; 7 — 105; 8 — 120. б) ВАХ участка «сетка—экран». $p = 15$ мм рт. ст. i_1 (мА): 1 — 0,3; 2 — 0,5; 3 — 1,0; 4 — 1,5.

Из приведенных характеристик следует, что в исследованном диапазоне токов отсутствует характерная для газового разряда между металлическими электродами неустойчивость тока, хотя ее значения в данном случае соответствует токам в диапазонах нормального напряжения U_2 аномального тлеющего разряда, что специально контролировалось равномерностью свечения экрана. Зависимости $i_2(U_2)$ (см. рис. 4, а) сняты для тока $i_1 = 1,5$ мА, входной интенсивности излучения $J_{\text{вх}} = 2 \times 10^{-3}$ Вт/см² для толщин газоразрядных зазоров $d_1 = 50$ мкм и $d_2 = 100$ мкм, когда параметром является давление газа.

В общем случае кривые $i_2(U_2)$ имеют весьма сложный и неоднозначный характер, для объяснения которых необходимо учитывать ряд факторов, определяющих прохождение тока в цепи экрана. Этими факторами могут быть следующие явления: экранирующее поле объемного заряда, образованного в приэлектродном пространстве, изменение средней длины пробега носителей с изменением давления газа, процессы во втором газоразрядном промежутке, определяющиеся упругими и неупругими соударениями частиц, и др.

На графиках можно выделить два характерных участка с переходом от сверхлинейного к линейному нарастанию тока. Уменьшение давления газа приводит к веерообразному смещению кри-

вых первого и параллельному сдвигу второго участков в сторону больших токов. Характерным для первого участка является меньший наклон и наличие значительного тока при нулевом напряжении между сеткой и экраном, который с уменьшением давления растет. Далее характерным для этих графиков является и то, что с увеличением давления переход от первого участка ко второму происходит при больших U_2 , а на линейном участке уменьшение приводит к пропорциональному росту (см. рис. 4, а). На рис. 4, б показано семейство ВАХ разряда между сеткой и экраном при фиксированном давлении $p = 15$ мм рт. ст. и разных значениях тока в цепи ФП. Видим схожие с характеристиками рис. 4, а зависимости $i_2(U_2)$. Аналогично тому, что уменьшение давления приводит к сдвигу характеристик в сторону больших токов, увеличение тока i_1 на участке «ФП—сетка» также приводит к увеличению тока i_2 на участке «сетка—экран». 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 (см. кривые 1, 2 рис. 5, а).

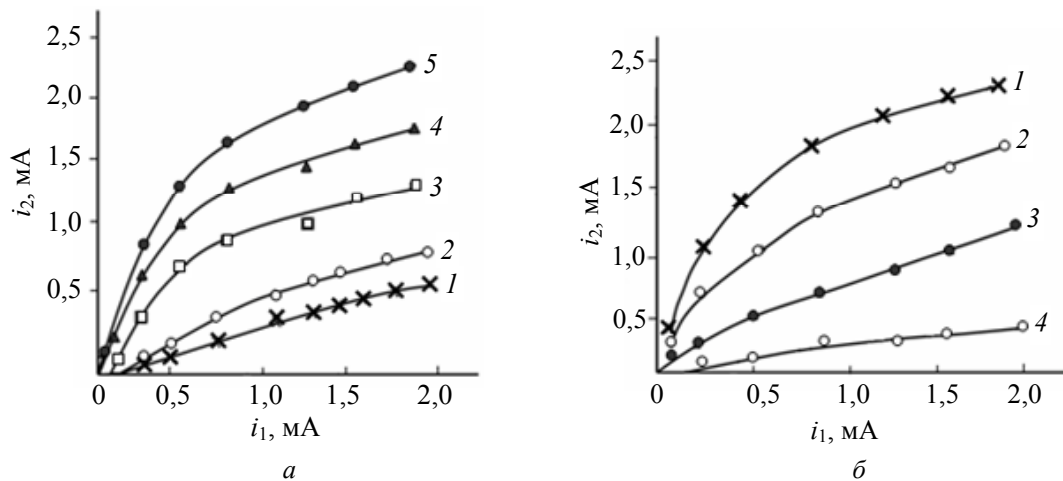


Рис. 5. Семейства токо-токовых характеристик. а) Характеристики $i_2 = f(i_1)$, $p = 15$ мм рт. ст. Ток в цепи ФП изменялся регулированием напряжения, U_2 (В): 1 — 100; 2 — 200; 3 — 300; 3 — 400; 5 — 500. б) Характеристики $i_2(i_1)$, $U_2 = 500$ В. p (мм рт. ст.): 1 — 15; 2 — 45; 3 — 90; 4 — 120.

Можно сделать вывод о том, что в общем случае ток в цепи «ФП—сетка» пропорционален величине E/p , которая характеризует энергию, накапливаемую электроном на пути свободного пробега, и определяет степень ионизации газа [12].

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. 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 (см. рис. 4, а).

Токо-токовые характеристики газоразрядной ячейки

Для более детального представления электрических характеристик нами были изучены токо-токовые характеристики, т.е. зависимость тока i_2 на участке «сетка—экран» от тока i_1 на участке «ФП—сетка», чрезмерно тонкой газоразрядной ячейки с полупроводниковым электродом. На рис. 5, а представлены такие характеристики для постоянного давления ($p = 15$ мм рт. ст.) и различных значений напряжения U_2 на участке «сетка—экран», а на рис. 5, б — для постоянного напряжения ($U_2 = 500$ В) на участке «сетка—экран» и различных значений давления газа p .

На основе полученных токо-токовых характеристик для объяснения механизма физических процессов, происходящих в газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом, можно привести следующие аргументы. 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 приэлектродном 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 успевают 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 (см. рис. 4, а).

Ток в цепи ФП изменялся изменением напряжения U_1 . За счет частичной компенсации объемного заряда потенциалом анода, нарастание тока i_2 замедляется при больших i_1 . Дальнейший ход кривых $i_2(i_1)$ характеризуется тенденцией к насыщению тока i_2 , что говорит о возрастающей роли приэлектродного отрицательного объемного заряда. На графике мы наблюдаем изгиб характеристики $i_2(i_1)$ и уменьшение тока в цепи экрана.

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. 6 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 на возрастающую роль приэлектродного отрицательного объемного заряда на интенсивность проникновения электронов из засеточного пространства. При этом незначительная ударная ионизация во втором разрядном промежутке (на наличие ионизации 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 $i_2 \geq 0,5$ мА.

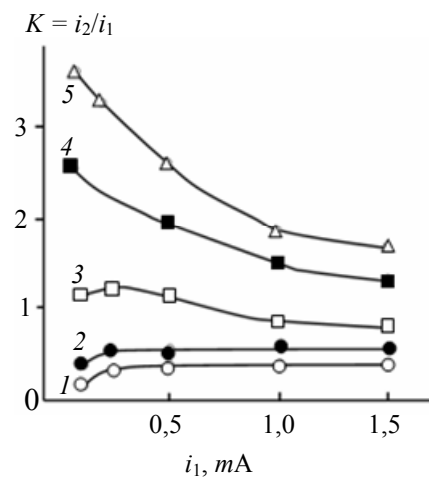


Рис. 6. Зависимость коэффициентов токового усиления $K = i_2/i_1$ от тока i_1 . Напряжение U_2 (В): 1 — 50; 2 — 100; 3 — 200; 4 — 300; 5 — 400.

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. 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 внеэлектродного пространственного заряда процессы ударной ионизации и возбуждения нейтральных атомов становятся менее эффективными. Вышеуказанными причинами и объясняется более медленный, по сравнению с током ФП, рост тока i_2 .

В процессе опытов мы наблюдали некоторую особенность работы системы, которая является, на наш взгляд, важным обстоятельством, влияющим на работоспособность ионизационной системы с токовым усилением в газовом разряде. При напряжении $U_2 \geq 300$ В снятие входного сигнала (света) или напряжения между ФП и сеткой приводит к неустойчивости токового состояния между сеткой и экраном, что характеризовалось образованием шнуров, наблюдаемых визуально на люминесцентном экране. При этом ВАХ приобретает S-образный участок, характерный для газового разряда между металлическими электродами.

Заключение

В работе экспериментально исследованы возможности получения эффектов усиления изображений в плазме тонкой газоразрядной ячейки, управляемой освещенным полупроводником, при наличии дополнительного сеточного усиления. Экспериментально изучены вольт-амперные характеристики ионизационных систем с сеточным усилением в непрерывном режиме работы и установлено, что работоспособность системы сохраняется, а чувствительность улучшается в 8—10 раз.

На основе анализа полученных результатов опыта, можно отметить, что результаты этих исследований могут быть применены для регистрации фотографического процесса, где величины темного и фототоков слишком малы при отображении изображения в регистрирующем узле.

По результатам экспериментов выявлено следующее:

– когда газовый разряд между фотоприёмником и прозрачным для зарядов (электронов) электродом управляет разрядом во внеэлектродном пространстве, заключенном между сеткой и вторым электродом (экраном), подавляет нежелательную для работы системы неустойчивость подобного состояния;

– поток электронов из первого разрядного промежутка нейтрализует вблизи катода положительный пространственный заряд, следствием чего является однородное распределение потенциала по длине разрядного промежутка, что препятствует в рассматриваемом диапазоне напряжения U_2 развитию самостоятельного газового разряда;

– несамостоятельный газовый разряд при включении мощного внешнего ионизатора переходит в самостоятельный газовый разряд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лодыгин А. Н., Астров Ю. А., Порцель Л. М., Берегулин Е. В. // ЖТФ. 2015. Т. 85. № 5. С. 27.
2. Астров Ю. А., Лодыгин А. Н., Порцель Л. М. // ЖТФ. 2011. Т. 81. № 2. С. 42.
3. Йўлдашев Х. Т., Касымов Ш. С., Хайдаров З. // Прикладная физика. 2016. № 2. С. 94.
4. Лодыгин А. Н., Порцель Л. М., Астров Ю. А. // Письма в ЖТФ. 2008. Т. 34. № 14. С. 61.
5. Йўлдашев Х. Т. / Proceedings of 8th International conference on Eurasian scientific development. (Austria-2016). P. 178.
6. Касымов Ш. С., Парицкий Л. Г., Хайдаров З., Отажонов С. М. // Физическая инженерия поверхности. 2010. Т. 8. № 3. С. 214.
7. Лебедева Н. Н., Орбух В. И., Эйвазова Г. М., Боброва Е. Ю. // Вестник Бакинского Государственного университета. 2007. № 4. С. 199–200.
8. Лебедева Н. Н., Орбух В. И., Боброва Е. Ю. // Вестник Бакинского Государственного университета. 2005. № 5. С. 111–115.
9. Касымов Ш. С., Хайдаров З., Йўлдашев Х. Т. // Узбекский физический журнал. 2012. Т. 14. № 4. С. 241.
10. Йўлдашев Х. Т., Касымов Ш. С., Хайдаров З. / Труды международной конференции. «Современные проблемы физики» (Беларусь-2016). С. 116–122.
11. Salamov B. G., Özçelik S., Inalöz A. and Mammadov T. S. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2007. Vol. 40. P. 6657.
12. Salamov B. G. // The Imaging Science Journal. 2009. Vol. 57. P. 152.

Study of processes of magnifying in a gas discharge cell with the semiconductor electrode

Kh. T. Yuldashev, Z. Khaydarov, and Sh. S. Kasymov

Fergana Polytechnic Institute
86 Fergana str, Fergana, Uzbekistan
E-mail: hurshid5704@mail.ru

Received September 20, 2016

Consideration is given to possible effects of the reinforcement of the plasma current, operated by the illuminated semiconductor, when a net metallic electrode is used. The voltage-ampere features of ionizing systems have been studied by reinforcement in the unceasing state of working. It is shown that a working capacity of the system is saved, but a sensitivity increases in 8—10 times.

PACS: 52.80.-s

Keywords: coefficient of amplification, photoconductivity, semiconducting electrode, semiconductor, amplifier, gap, current-voltage characteristic, positive charge, volume charge.

REFERENCES

1. A. N. Lodygin, Yu. A. Astrov, L. M. Portsel, and E.V. Beregulin, *Technical Physics* **85** (5), 27 (2015).
2. Yu. A. Astrov, A. N. Lodygin, and L. M. Portsel, *Technical Physics* **81** (2), 42 (2011).
3. Kh. T. Yuldashev, Sh. S. Kasymov, Z. Khaydarov, *Prikl. Fiz.*, No. 2, 94 (2016).
4. A. N. Lodygin, L. M. Portsel, and Yu. A. Astrov, *Technical Physics Letters* **34** (14), 61 (2008).
5. Kh. T. Yuldashev, in *Proc. 8th International conference on Eurasian scientific development*. (Austria-2016). P. 178.
6. Sh. S. Kasymov, L. G. Paritskiy, Z. Khaydarov and S. M. Otajonov, *Fizich. Inzener. Poverkhn.* **8** (3), 214 (2010).
7. N. N. Lebedova, V. I. Orbukh, G. M. Eyvazova and Ye. Yu. Bobrova, *Vestnik Baku Gos. Univer.*, No. 4, 199 (2007).
8. N. N. Lebedova, V. I. Orbukh, G. M. and Ye. Yu. Bobrova, *Vestnik Baku Gos. Univer.*, No. 5, 111 (2005).
9. Sh. S. Kasymov, Z. Khaydarov and Kh. T. Yuldashev, *Uzbek. Journal Fiz.*, **14** (4), 241 (2012).
10. Kh. T. Yuldashev, Sh. S. Kasymov, and Z. Khaydarov, in *Proc. International conference. «Modern problems of physics»* (Belarus-2016). P. 116–122.
11. B. G. Salamov, S. Özçelik, A. Inalöz and T. S. Mam-madov, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **40**, 6657 (2007).
12. B. G. Salamov, *The Imaging Science Journal* **57**, 152 (2009).