

ОСОБЕННОСТИ АВТОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ В СВЕРХТОНКОМ ЗАЗОРЕ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ЯЧЕЙКИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЕ

З.Х. Хайдаров

*Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий
Узбекистан*

Поступила в редакцию 17.01.2006

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований физических процессов в сверхтонкой – порядка 40 мкм газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом. Экспериментально подтверждается, что основным механизмом формирования изображения в полупроводниковой ионизационной камере является автоэлектронная эмиссия. В рамках этой работы установлено, что обнаруженный новый положительный эффект в виде нормального изменения фототоков и аномального изменения темновых токов, обеспечивает разрешающую способность фотографического процесса в полупроводниковой ионизационной камере со сверхтонкой газоразрядной ячейкой.

ВВЕДЕНИЕ

Газоразрядная ячейка с плоским полупроводниковым электродом нашла достаточно широкое применение в области фотоэлектроники при регистрации оптического и инфракрасного излучения. 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 [1]. В последнее время с применением нового эффективного метода фотографической регистрации расширяется круг используемых полупроводниковых материалов в ПИКе [2]. Полная картина процессов в газоразрядной ячейке при малых зазорах не может быть удовлетворительно интерпретирована в рамках простой теории газового разряда [3 ÷ 5]. Условия возникновения разряда в этих зазорах достаточно не изучены. В настоящей работе приводятся результаты исследования в сверхтонкой газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом, длина которой составляет от 10 до 100 мкм.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования вольтамперных характеристик (ВАХ) проводились в следующей конфигу-

рации элементов, состоящих из пластины монокристаллического арсенида галлия для работы при комнатной температуре и из пластины кремния, легированного платиной [6] для работы при охлаждаемом варианте камеры. Внутренняя поверхность полупроводниковых фотоприемников была отделена диэлектрической пластиной из слюды, имеющей в центре круглое сквозное отверстие.

Были проведены исследования тока газоразрядной ячейки при относительно высоком вакууме, когда длина свободного пробега электрона значительно превосходит толщину разрядного зазора и полностью исключается ионизация газа.

На рис. 1 приведены ВАХ ячейки при этих условиях при толщине зазора $d = 10$ мкм в темноте (кривая 1) и при освещении полупроводникового фотоэлектрода (кривая 2). Очевидно, что природа тока здесь может быть связана либо с автоэлектронной эмиссией, либо с утечкой по поверхности диэлектрического зазора в сильном электрическом поле по периметру отверстия, ограничивающего вакуумный зазор, т. е. за счет краевого эффекта. Для разрешения этой альтернативы были проведены измерения ВАХ при нескольких значениях диаметра сквозного отверстия в диэлектрической слюде. При этом предпола-

галось, что при преобладающем токе утечки величина общего тока с ростом диаметра будет возрастать линейно (соответственно увеличению длины окружности отверстия), а при преобладании автоэлектронной эмиссии – квадратично (соответственно увеличению площади отверстия).

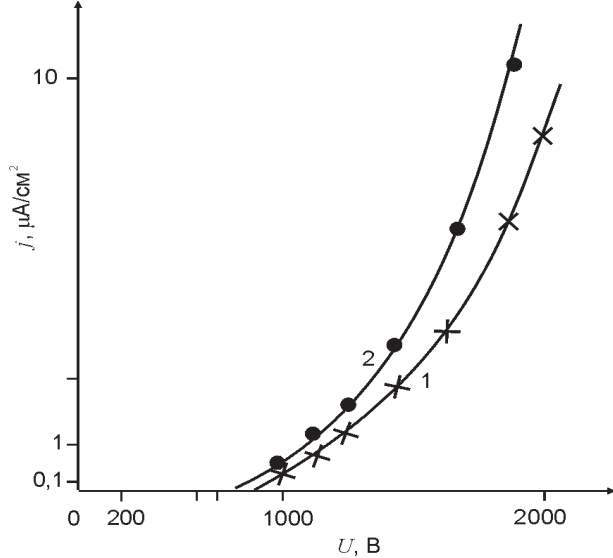


Рис. 1. Вольтамперные характеристики автоэлектронной эмиссии с арсенида галлия: 1 – в темноте; 2 – при освещении.

На рис. 2 приведены результаты измерений, из которых однозначно следует, что ток возрастает пропорционально площади поперечного сечения и краевая утечка не вносит сколько-нибудь существенного вклада.

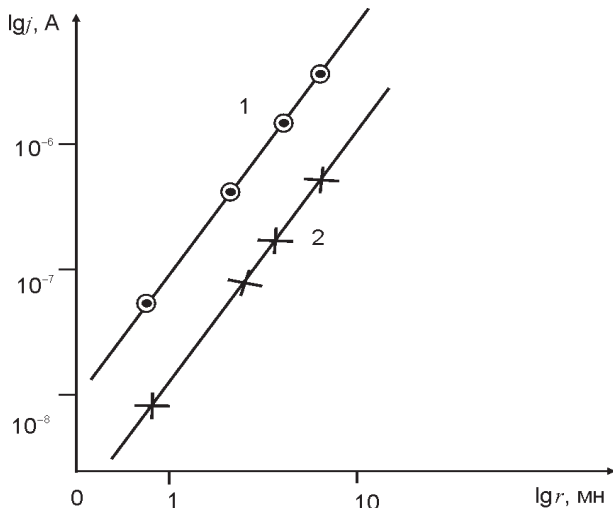


Рис. 2. Зависимость автоэмиссионного тока от радиуса отверстия в диэлектрической прослойке, V , кВ: 1 – 1,5; 2 – 1.

На рис. 3 приведены вольтамперные зависимости, построенные в полулогарифмическом масштабе. Экспериментальные точ-

ки удовлетворительно располагаются по прямым линиям. Это свидетельствует о выполнении функциональной зависимости для автоэлектронного тока, определяемой известной формулой Фаулера-Нордхейма [7], модифицированный [8] с учетом эффекта Шоттки,

$$j = 1,55 \cdot 10^{-6} \frac{E^2}{\phi} \exp \left[\frac{6,86 \cdot 10^7 \phi^{3/2}}{E} f(y) \right],$$

где j – плотность тока в А/см², E – напряженность поля в В/см, ϕ – работа выхода в эВ, $f(y)$ – эллиптическая функция Нордхейма. Нами, также, было исследовано влияние автоэлектронной эмиссии на фото- и термоэлектрические характеристики газоразрядной ячейки в ПИКе при охлаждаемом варианте камеры. Полупроводниковый фотоприемник из Si(Pt) был охлажден до температуры жидкого азота, затем температура медленно поднималась. При этом наблюдались темновые и фототоки газоразрядной ячейки. Эксперимент проводился при остаточном давлении газа (воздуха) 0,2 атм. В ПИКе между фотоприемником и контр-электродом подавалось постоянное напряжение 1200 В. Интенсивность освещения имела значение 10^{-4} Вт/см² в области длин волн $\nu = 2,4$ мкм.

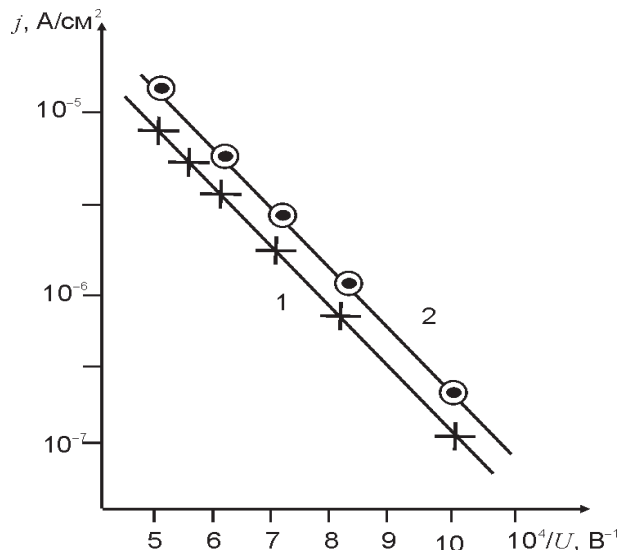


Рис. 3. Вольтамперные характеристики автоэлектронной эмиссии с арсенида галлия: 1 – в темноте; 2 – при освещении.

На рис. 4 приведены температурные зависимости темнового и фототоков, откуда

видно, что, в основном, они повторяют полученные нами результаты предыдущей работы [9]. Однако в области низких температур $T = 80 \div 100 \text{ K}$ имеет место скачкообразное изменение тока, причем, зависимость фототока является нормальной, а темнового тока – аномальной.

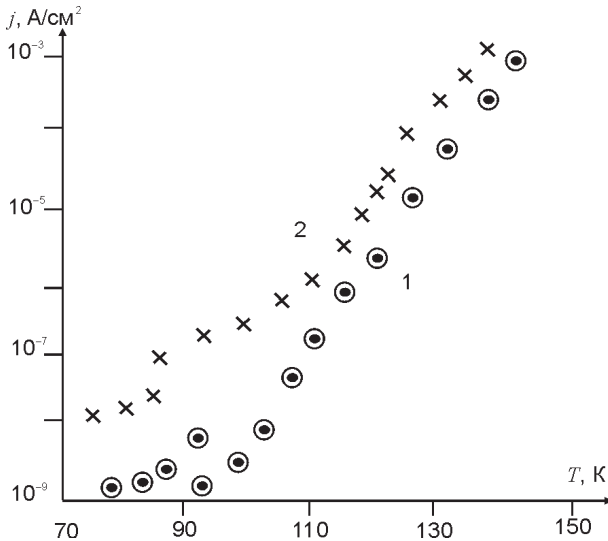


Рис. 4. Температурные зависимости темнового (кривая 1) и фототоков (кривая 2) в ПИКе с фотоприемником из Si (Pt).

Полученные экспериментальные результаты, по-видимому, можно объяснить следующим образом: автоэлектронную эмиссию при темновом токе образуют равновесные носители тока. Их концентрация при низких температурах намного меньше, с повышением температуры их число и, тем самым, сила тока растет. Однако энергия равновесных электронов, вырванных автоэмиссией с поверхности полупроводника недостаточна для образования лавин таунсенда. В наших условиях при температуре 95 K темновой ток скачкообразно падает. Основная часть равновесных электронов, вырванных автоэмиссией с поверхности полупроводникового фотоприемника, ускоряется в электрическом поле, а при столкновении с молекулами газа поглощается. Дальнейшее повышение температуры приводит к увеличению числа равновесных носителей и нарастанию тока (кривая 1).

Фототок (кривая 2) при температуре 85K имеет скачок вверх. С самого начала концентрация неравновесных носителей вырванных

автоэмиссией всегда больше, только лишь их интенсивность недостаточна для лавин таунсенда. При повышении температуры равновесные носители играют роль подачи дополнительной энергии для размножения ионов. И с этого момента со скачком начинается таунсендовский разряд. Необходимо отметить, что подобное явление в неохлаждаемом варианте, то есть при комнатной температуре не наблюдается.

Заметим, что скачкообразное уменьшение темнового тока и скачкообразное увеличение фототока – есть положительный эффект, влияющий на увеличение контрастности, т.е. на чувствительность полупроводниковой ионизационной камеры.

ВЫВОДЫ

Таким образом, наличие автоэлектронной эмиссии оказывает положительное воздействие на пространственную стабилизацию газового разряда. Поток электронов, вырванных полем из фотокатода, приводит к интенсивной нейтрализации объемного заряда положительных ионов в разрядном промежутке, и тем самым отдалает условия искажения распределения электрического поля в зазоре, которое соответствует переходу от таунсендовского к тлеющему разряду. Экспериментальными данными, полученными в [1], при малой величине разрядных промежутков это подтверждается. Автоэлектронная эмиссия при газовом заполнении играет роль поставщика электронов для лавин таунсенда в газовом разряде. Отметим, что наблюдаемый автоэлектронный ток контролируется фотосоппротивлением полупроводника, то есть интенсивностью излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парицкий Л.Г., Хайдаров З.Х., Мухамадиев О. и др. Особенности контакта полупроводник – газовый разряд при малых межэлектродных расстояниях //ФТП. – 1993. – № 27. – С. 2017-2020.
2. Haydarov Z.H. Research of Background Radiation and Possibility of its Restriction in Semiconductor Ionization System//XVIII International

- Scientific and Engineering Conference on Photo electronics and Night Vision Devices (Moscow). – 2004. – P. 173.
3. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987. – 452 с.
 4. Ховатсон А.М. Введение в теорию газового разряда. – М.: Наука, 1980. – 635 с.
 5. Капцов Н.А. Электрические явления в газах и вакууме. – М.: Наука, 1950. – 329 с.
 6. А. с. №1672879./Хайдаров З.Х. и др. 2.04.1991 г.
 7. Fowler R.N., Nordheim L.W.// Procs. Roy. Soc. – 1928. – Vol. A119. – P. 175.
 8. Nordheim L.W.// Procs. Roy. Soc. –1928. – Vol. A181. – P. 626
 9. Хайдаров З.Х. и др. Исследование инфракрасной фотографической системы на основе кремния, легированного платиной// Научно-тех. жур. Ферганского политехнического института. – 2001. – № 3. – С. 3-8.

**ОСОБЛИВОСТІ АВТОЕЛЕКТРОННОЇ
ЕМІСІЇ В НАДТОНКОМУ ЗАЗОРІ
ГАЗОРОЗРЯДНОЇ КОМІРКИ В
НАПІВПРОВІДНИКОВІЙ ІОНІЗАЦІЙНІЙ
КАМЕРІ**

З.Х. Хайдаров

У роботі наводяться результати експериментальних досліджень фізичних процесів у надтонкій – близько 40 мкм газорозрядній комірці з напівпровідниковим електродом. Експериментально підтверджується, що основним механізмом формування зображення в напівпровідниковій іонізаційній камері є автоелектронна емісія. Встановлено, що виявлений новий позитивний ефект у вигляді нормальної зміни фотострумів і аномальної зміни темнових струмів, забезпечують розрізнявальну здатність фотографічного процесу у напівпровідниковій іонізаційній камері з надтонкою газорозрядною коміркою.

**FEATURES OF AUTOELECTRONIC
EMISSION IN THE SUPERTHIN
GAP OF THE GAS-DISCHARGE CELL IN
IONIZATION SEMI-CONDUCTOR THE
CHAMBER**

Z.H. Haydarov

The results of experimental researches of the physical processes in excessively thin gas-discharged cell with semiconductor electrode are given in this work. It is confirmed that the main mechanism of the formation of the image in semiconductor ionization camera is auto electron emission. Within the framework of this work it is installed that discovered new positive effect in the manner of normal change of photocurrent and anomalous change of obscure dark current, provide the allowing ability of photo-process in semiconductor ionization camera with excessively thin gas-discharged cell.