

Чтобы частично компенсировать это явление был применён диффузор. В связи с этим необходимо провести эксперимент другим методом, который не предусматривает создание однородного поля. Один из таких методов приведён в работе [4]. Метод калибровки пространственного распределения светочувствительности матричных приёмников излучения предполагает измерение стабильных по времени распределений интенсивности светового пучка при нескольких различных комбинациях взаимного положения пучка и приёмника излучения. Таким образом, следует провести исследование неравномерности светочувствительности по пикселям на основе предложенного авторами [4] метода с учётом его применения к многоэлементной фотоприёмной линейке.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН (FFWZ-2025-0005).

Список использованных источников

1. Каштанов, Н. В. Оптоэлектронные датчики статического и полного давлений на базе упругих элементов и ПЗС-линеек / И. В. Антонец, Р. А. Борисов, А. А. Черторийский, Л. А. Нигматуллина, Н. В. Каштанов // Актуальные проблемы физической и функциональной электроники: материалы 24-ой Всероссийской молодёжной конференции - г. Ульяновск: УлГТУ, 2021. – с.215-216.
2. Каштанов, Н. В. Экспериментальное исследование неравномерности светочувствительности пикселей ПЗС-линейки // Актуальные проблемы физической и функциональной электроники: материалы 28-ой Всероссийской молодёжной конференции - г. Ульяновск: УлГТУ, 2025. – с.401-403.
3. Каштанов Н. В., Черторийский А. А. Установка для исследования и алгоритм оценки неравномерности чувствительности пикселей многоэлементной фотоприёмной линейки // Вузовская наука в современных условиях: сборник материалов 59-й научно-технической конференции (г. Ульяновск, 20–31 января 2025 года). В 2 ч. Ч. 1. Ульяновск: УлГТУ, 2025. – 242 с
4. Стукачёв С. Е., Кожеватов И. Е. Метод калибровки пространственного распределения светочувствительности матричных фотоприёмников // Известия вузов. Радиофизика. – 2011. – Т. 54, № 7 – С. 550-557.

Каштанов Никита Валерьевич, н.с. УФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, аспирант каф. радиотехника, опто- и наноэлектроники УлГТУ, ya@nkashtanov.ru

УДК 621.389

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА КАТОДА НА ЭФФЕКТИВНЫЙ ТОК ИСТОЧНИКА ИОНОВ

Д.В. Шарафутдинов

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: катод, работа выхода, ионный источник, электронный ток, масс-спектрометр.

Электронный источник – катод, являющийся составной частью ИИ масс-спектрометра, участвует в процессе ионизации газа и формировании ионного пучка. От характеристик материала при выборе катода напрямую зависит плотность электронного тока в области ионизации, а следовательно – эффективность образования ионов и чувствительность прибора. Недостаточная эмиссия электронов приводит к снижению интенсивности ионного сигнала и ухудшению точности измерений, тогда как избыточные токи могут вызывать нестабильность работы источника, нагрев элементов камеры и ускоренное деградирование материалов [1,2]. В связи с этим целью данной работы является анализ параметров термоэлектронной эмиссии различных материалов катодов и исследование нитей косвенного накала источников электронов для ионизации газа в масс-спектрометре. В качестве изучения были использованы нити прямого и косвенного накала [3], которые имеют отличные, друг от друга характеристики работы выхода $A_{\text{вых}}$, а также температурные диапазоны эксплуатации. По формуле термоэлектронной эмиссии Ричардсона-Дешмана, рассчитана плотность электронного тока J_e , результаты зависимости тока от температуры, показанны на рисунке 1:

$$J_e = AT_{\text{н}}^2 \exp\left(-\frac{\phi_{\text{вых}} + \Delta\phi}{kT_{\text{н}}}\right),$$

Значения электронного тока, нитей на их рабочих температурах показаны в таблице 1.

Таким образом, при подборе правильного источника необходимо соблюсти баланс между электронным потоком, создаваемым нитью накала, и ее энергозатратой на нагрев. Из полученных результатов следует, что источники косвенного накала, принцип работы, которых состоит из нагрева нитью накаливания чашечки с напыляемым слоем, могут генерировать такой же по силе электронный пучок как и катоды прямого накала, из-за меньшей энергии работы выхода $A_{\text{вых}}$, при этом используя куда меньше энергии, при меньших температурах. Рассчитываем выходной ток J_{ion} , для следующих элементов: O_2 , Ag, CO_2 , используя разные источники, при одинаковой площади сечения для термоэлектронной эмиссии (рисунок 2). По итогу, нихромовая нить на выходе имеет ток J_{ion} на несколько порядков меньше, чем у других катодов. Вольфрамовая нить обладает малой площадью сечения и высокой рабочей температурой. Результаты моделирования подтверждают целесообразность применения нитей косвенного накала в электронных источниках масс-спектрометров. Подобная конструкция позволяет обеспечить достаточную плотность электронного тока из-за для эффективной ионизации газа из большей полезной площади, а также помогает повысить стабильность работы устройства при меньших энергозатратах.

Таблица 1– Характеристики нитей накаливания катода

Материал	А _{вых} , эВ	T, К	$J_e, \frac{A}{cm^2}$
Вольфрам	4.55	2500	0.495
Нихром	4.5	1300	$1.1 \cdot 10^{-6}$
Молибден	4.3	2100	0.025
Борид лантана	2.7	1400	0.043
Оксид бария	2	1500	2.7

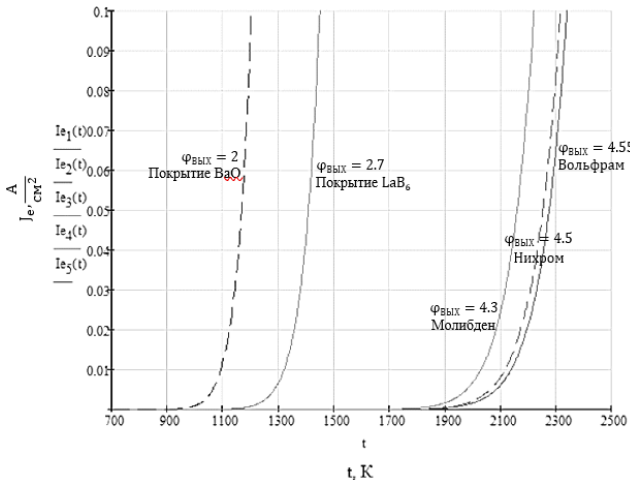


Рисунок 1- Зависимость электронного тока от температуры, для разных нитей накаливания

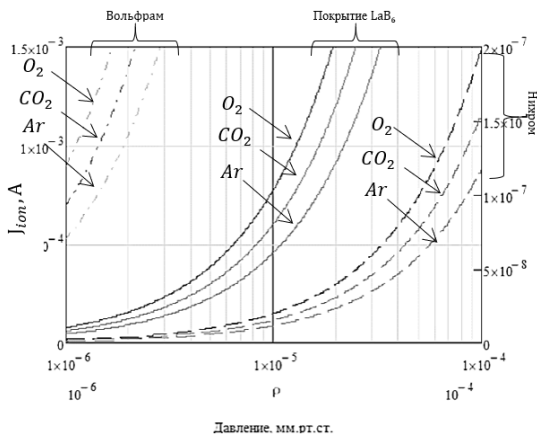


Рисунок 2 - Зависимость ионного тока разных газов от давления в рабочем диапазоне $p \approx 10^{-4} - 10^{-6}$ мм.рт.ст., при использовании разных материалов катода

Список использованных источников

1. Пияков И.В., Родин Д.В., Родина М.А., Ионные источники для космических экспериментов: Материалы Всероссийской научно-технической конференции, Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2015. С. 114-115.
2. Пияков И.В., Родин Д.В., Родина М.А. и др. Численное моделирование процесса фокусировки ионов в пылеударном времяпролетном масс-спектрометре // IV международная конференция и молодежная школа «Информационные технологии и нанотехнологии». — 2018. — С. 2350-2357
3. Семкин Н.Д., Пияков И.В., Родин Д.В. и др. Времяпролетный масс-спектрометр с нелинейным источником ионов, патент №43 получен 11.07.2017

Шарафутдинов Данил Вадимович, студ. гр. 6401-110301D, wr2004@list.ru

УДК 621.384.82

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СТРУННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЕКТОРА СКОРОСТИ С ДИСКРЕТНОЙ (КОМПАРАТОРНОЙ) АРХИТЕКТУРОЙ

М.А. Родина

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: измеритель вектора скорости, пылевые частицы, микрометеороид, космический мусор.

Надежная регистрация параметров микрометеороитов и элементов космического мусора является критически важной задачей для обеспечения безопасности космических аппаратов [1]. В условиях космического пространства высокоскоростные микрочастицы приобретают естественный электрический заряд, что позволяет использовать бесконтактные методы регистрации. Традиционные измерители наведенного заряда опираются на применение аналоговых усилителей для анализа формы сигнала, что накладывает ограничения на их масштабируемость.

В данной работе рассматривается альтернативная архитектура бесконтактного струнного измерителя, где зарядочувствительные усилители (ЗЧУ) подключены напрямую к быстродействующим компараторам [2]. Потеря информации о профиле аналогового сигнала при таком подходе компенсируется значительным увеличением плотности струнной сетки.

Целью данного исследования является оценка точностных характеристик предложенной системы: определение погрешностей при вычислении пространственного вектора движения частицы и модуля ее скорости.

Пространственный вектор скорости регистрируемых частиц аппаратно ограничен внешней (входной) и внутренней (выходной) апертурами прибора. Формируемый ими телесный угол определяет диапазон измеряемых