

УДК 62.385:537.525

Источник ионов натрия

В.К. Свешников, В.Г. Васильченко

В статье рассматривается принцип работы и конструкция диффузионного источника ионов натрия на базе разрядной трубки натриевой лампы высокого давления типа Днат-400. Созданный источник ионов натрия может найти применение в технике физического эксперимента, в разборных конструкциях электровакуумных приборов. Он прост по конструкции, экономичен и допускает развакуумирование вакуумной системы.

PACS: 52.75.— d

Ключевые слова: источник ионов, разрядная трубка, эмиссия ионов, ионный ток, электрод.

Введение

Актуальной задачей в развитии газоразрядных приборов (ГРП) с парами натрия является повышение стойкости материала оболочки прибора к воздействию натрия. Известно, что испытание образцов разработанных материалов ведется в атмосфере паров натрия, что не учитывает бомбардировку поверхности стекла или керамики ионами натрия, поступающими из газоразрядной плазмы. Отсутствие доступных и надежных источников ионов натрия затрудняет проведение испытаний и анализа материалов с целью дальнейшей корректировки их свойств.

Другой аспект практического использования источников ионов в плане совершенствования конструкции, технологии и проектирования ГРП с парами натрия связан с созданием эффективных катодов, определением физических постоянных (длины свободного пробега, коэффициента распыления металлов и их окислов ионами натрия различных энергий и др.), отсутствие которых затрудняет расчет эксплуатационных характеристик приборов.

Известные источники ионов натрия сложны в изготовлении, имеют низкую эффективность, большие габариты и предназначены для использования в вакуумных устройствах и электровакуумных приборах, которые не допускают развакуумирования системы [1, 2].

Целью данной работы являлась разработка одной из возможных конструкций источника ионов

натрия на основе использования разрядной трубки (РТ) натриевой лампы высокого давления Днат-400, которая могла бы найти применение в технике физического эксперимента, в т.ч. в разборных конструкциях электровакуумных приборов.

Принцип работы и устройство источника ионов

На основе результатов исследования эмиссии натрия разрядными трубками [3–5] нами предложена конструкция диффузионного источника ионов натрия на основе разрядной трубки [6, 7], представленная на рис. 1. Конструкция системы формирования ионного пучка выбиралась из его назначения.

Источник ионов натрия состоит из разрядной трубки 1, расположенной внутри теплового экрана 2, имеющего цилиндрическую форму. Экран изготовлен из поликристаллической окиси алюминия.

Для выхода ионов на тепловом экране сделан долевой вырез, под которым на поверхности РТ размещен сетчатый электрод, вытягивающий ионы 3. Ускоряющим электродом 4 является сетка, расположенная в окне теплового экрана.

Работа источника ионов основана на диффузии ионов натрия из разрядного канала трубки через её керамическую оболочку под действием ускоряющего электрического поля, создаваемого вытягивающим и ускоряющим электродами. Эмиссия ионов натрия возможна при температуре РТ не меньшей, чем 900°С. Это условие определяется уравнением теплового баланса, учитывающим, что подводимая к трубке электрическая мощность рассеивается в виде тепла и светового излучения [8].

Ионный ток I_0 , соответствующий режиму насыщения при нулевой напряженности электрического поля на трубке, находится из соотношения [4]:

Свешников Виктор Константинович, профессор.
Васильченко Василий Григорьевич, аспирант.
Мордовский государственный педагогический институт им. М. Е. Евсевьева.
Россия, 430007, г. Саранск, ул. Студенческая, 11а.
Тел.: (8342) 33–92–81. Факс (8342) 33–92–67.
E-mail: WWG_962@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20 октября 2013 г.

© Свешников В.К., Васильченко В.Г., 2013

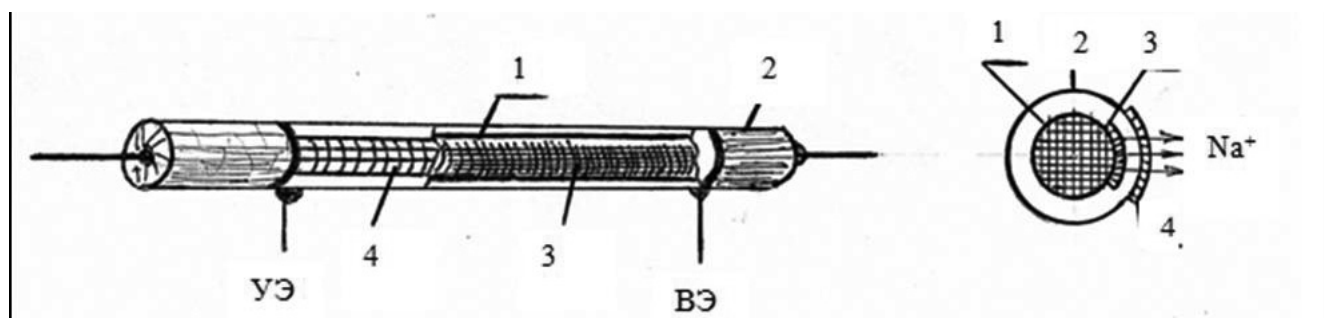


Рис. 1. Конструкция источника ионов натрия: 1 — разрядная трубка, 2 — тепловой экран, 3 — вытягивающий ионы электрод ВЭ, 4 — ускоряющий электрод.

$$I_0 = \frac{2\pi D n_0 e l}{\ln r_2 - \ln r_1}$$

Из него следует, что эффективный источник ионов натрия можно получить, используя РТ, оболочка которой имеет высокий коэффициент D диффузии натрия. Это характерно для керамических материалов с развитой поверхностью стеклофазы [5].

Формирование активной части поверхности оболочки РТ, имеющей высокий коэффициент диффузии, осуществляется приложением к вытягивающему электроду отрицательного потенциал относительно плазмы [9]. Продолжительность работы источника ионов определяется массой амальгамы натрия, содержащегося в разрядной трубке.

Характеристики источника ионов

Нами изготовлен и апробирован источник ионов натрия на основе РТ натриевой лампы высокого давления типа ДНат-400. Разрядная трубка наполняется ксеноном до давления 2,5 кПа и амальгамой натрия массой $2,8 \cdot 10^{-4}$ кг, содержащей $7,5 \cdot 10^{-5}$ кг натрия. Оболочка РТ из поликристаллической окиси алюминия имеет средние размеры зерен ~ 40 мкм. Внутренний диаметр керамического экрана составляет $1,8 \cdot 10^{-2}$ м при

толщине стенки $5 \cdot 10^{-4}$ м. Размер выходного окна равен $6 \cdot 10^{-2}$ м \times $1 \cdot 10^{-2}$ м. В качестве вытягивающего и ускоряющего электродов используется вольфрамовая сетка с диаметром проволоки 10^{-4} м и размером ячеек $(2 \times 2) \cdot 10^{-4}$ м.

На рис. 2 приведена схема для снятия характеристик источника ионов. Коллектором ионов является молибденовый цилиндр диаметром $4 \cdot 10^{-2}$ м и высотой $6 \cdot 10^{-2}$ м. Питание измерительной цепи осуществляется постоянным напряжением, снимаемым с регулируемого выпрямителя В1 (ВУП-2К). Напряжения к вытягивающему и ускоряющему электродам прикладывается соответственно от выпрямителей В2 и В3. Снятие характеристик источника ионов нами осуществлялось в вакууме порядка 10^{-5} Па.

С целью стабилизации параметров разряда и отбираемого с РТ ионного тока изготовленные трубки предварительно тренировались в течение 30 часов при мощности разряда 300 Вт. Активная поверхность источника ионов формировалась при токе электролиза 300 мкА, протекающем через вытягивающий электрод.

Изготовленный источник ионов на базе РТ натриевой лампы ДНат-400 имеет следующие основные параметры, отраженные в табл. 1.

Предложенный источник ионов натрия обладает лучшими параметрами, чем известный источник [1], основанный на использовании ВЧ-разряда в парах солей натрия (см. табл. 2)

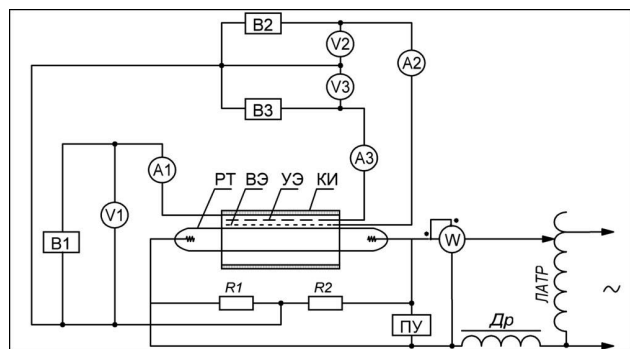


Рис. 2. Принципиальная схема для снятия характеристик источника: В1, В2, В3 — регулируемые выпрямители; ПУ — пусковое устройство; РТ — разрядная трубка; ВЭ — вытягивающий электрод; УЭ — ускоряющий электрод; КИ — коллектор ионов

Таблица 1

Потребляемая мощность, Вт	150
Рабочая температура, °С	900÷930
Ионный ток, мА	0,5
Напряжение на вытягивающем электроде, В	0,1
Напряжение на ускоряющем электроде, В	100
Эффективность, мА/Вт	$3 \cdot 10^{-3}$
Размеры активного элемента, мм	9x100
Время установления стационарного режима работы источника, мин	25
Продолжительность работы, ч	50

Таблица 2

Потребляемая мощность, Вт	1000
Ионный ток, мА	0,1
Эффективность, мА/Вт	10^{-4}
Размеры активного элемента, мм	30x200

Из таблиц следует, что эффективность созданного источника ионов на порядок выше, чем у источника [1], а именно, $3 \cdot 10^{-3}$ мА/Вт против 10^{-4} мА/Вт.

Заключение

Экспериментальное исследование разработанного источника позволяет сделать следующие выводы:

1. созданный источник ионов натрия прост по конструкции, имеет малые габариты, экономичен и допускает развакуумирование системы;
2. высокая эффективность источника ионов натрия может быть достигнута в разрядной трубке, керамическая трубка которой имеет развитую поверхность стеклофазы.

Литература

1. Габович М.Д. Физика и техника плазменных источников ионов. — М.: Атомиздат, 1972
2. Свешиников В.К., Васильченко В.Г. // Учебный эксперимент в образовании. 2012. № 2. С. 13
3. Свешиников В.К. Механизм эмиссии натрия с оболочек разрядных трубок натриевых ламп. / VII Всесоюзная конференция «Взаимодействие атомных частиц с твердым телом». Тез. докл. Минск.
4. Свешиников В.К. // Электронная техника. Сер. Электровакуумные и газоразрядные приборы. 1986. № 2. С. 6
5. Свешиников В. К. // Электронная техника. Сер. Электровакуумные и газоразрядные приборы. 1985. № 6. С. 16.
6. Свешиников В.К., Васильченко В.Г. Диффузионный источник ионов натрия. / XI Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС. Звенигород, 11–15 февраля 2013 г. Тез. докладов. ЗАО НТЦ «ПЛАЗМАИОФАН». 2013.
7. Свешиников В.К. Источник ионов натрия. Патент СССР № 1797395. 1991.
8. Рохлин Г.Н. Газоразрядные источники света. — М.— Л.: Энергия, 1966.
9. Wyner E.F. // J. Illumin. Eng. Soc. 1979. V. 8. № 3. С. 166

Source of sodium ions

V.K. Sveshnikov and V.G. Vasilchenko

Mordovian State Pedagogical Institute
11a Student's str., Saransk, 430007, Russia
E-mail: WWG_962@mail.ru

The article considers the operating principle and design of diffuse source of sodium ions on the basis of the discharge tube sodium lamps of high pressure type HPS-400. The generated source of sodium ions can find application in the technique of physical experiment, in prefabricated structures vacuum devices. It is simple in design, economical and allows time-vacuum degassing system.

PACS: 52.75.— d

Keywords: ion source, discharge tube, emission, ions, ion current, electrode.

Bibliography — 9 references

Received October 20, 2013