ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 62, № 11 ФИЗИКА 2019

УДК 537.525 DOI: 10.17223/00213411/62/11/26

*П.А. БОХАН[1], П.П. ГУГИН[1], Д.Э. ЗАКРЕВСКИЙ[1,2], М.А. ЛАВРУХИН[1]*

# МЕХАНИЗМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ РАЗРЯДЕ В ГЕЛИИ И ЕГО СМЕСЯХ С КИСЛОРОДОМ И АЗОТОМ*

Представлены результаты исследования вольт-амперных характеристик (ВАХ) и эффективности генерации электронных пучков в непрерывных разрядах в гелии, его смесях с кислородом и азотом, а также в чистых кислороде и азоте. Отмечены особенности ВАХ, объяснённые с точки зрения изменения роли основных механизмов эмиссии электронов по мере роста напряжения. Показано, что высокая величина эффективности генерации электронного пучка выше 80 % может быть получена в тлеющих разрядах в гелии, кислороде и азоте. В гелии она обеспечивается преобладанием фотоэмиссии, в кислороде и азоте или их смесях с гелием в основном кинетической эмиссией под действием быстрых тяжелых частиц.

***Ключевые слова:*** *высоковольтный разряд, электронный пучок, гелий, кислород, азот.*

## Введение

Высоковольтные тлеющие разряды в гелии, азоте, кислороде и смесях этих газов в течение длительного времени успешно используются для генерации электронных пучков (ЭП) в разрядах низкого (менее 1 Торр) [1, 2] и среднего (до 30 Торр) давления [3–5]. Тем не менее идентификация физических процессов, приводящих к высокоэффективной генерации ЭП, остается дискуссионной темой. Так, полярными являются выводы разных авторов о роли фотоэмиссии в высоковольтных разрядах: от полного отрицания её какой-либо измеримой доли по сравнению с кинетической эмиссией под действием быстрых атомов и ионов [6–8] до преобладания фотоэмиссии в ряде типов разрядов, генерирующих ЭП [3, 4, 9, 10]. Противоречивыми являются и данные по коэффициентам кинетической эмиссии под действием быстрых атомов $\gamma_f$ в диапазоне энергий $w$ = 100–2000 эВ, характерных для высоковольтных разрядов. Так, величина $\gamma_f$ в современных работах при $w$ = 1 кэВ принята равной $\gamma_f$ = 0.02 [11] по сравнению с $\gamma_f$ = 0.2 в более ранних работах [12, 13] и с $\gamma_f$ = 1.2, взятой из [14] и используемой в работах [6–8] и многих других.

Перечисленные противоречия, перечень которых в реальности значительно шире, безусловно, сдерживает прогресс в применении электронных пучков кэВ-диапазона энергий, генерируемых в газовом разряде. На наш взгляд, эти противоречия вызваны в основном двумя причинами: несоответствием величин $\gamma_i$ и $\gamma_f$ из работы [14] реальным условиям в разряде в гелии, в том числе с молекулярными примесями ($\gamma_i$ – коэффициент эмиссии под действием ионов); неконтролируемыми условиями по составу рабочей среды и состоянием поверхности катодов. Определенный вклад в противоречивость выводов также вносит и использование заниженной величины коэффициента фотоэмиссии $\gamma_{ph} \approx 0.03–0.05$ под действием резонансных фотонов гелия [15, 16], полученных в вакуумных условиях, по сравнению с $\gamma_{ph} \approx 0.2–0.3$ в реальном гелиевом разряде [13, 17–18].

В рамках настоящей работы ставится следующая цель – исследовать основные характеристики высоковольтных разрядов в гелии, кислороде, азоте и их смесях. Главное внимание уделяется изучению эмиссионных свойств холодных катодов, ВАХ разряда и эффективности генерации ЭП.

## Экспериментальная установка и результаты исследования

Исследования проведены в тщательно обезгаженных и оттренированных ячейках с гелием высокой чистоты, в котором не детектируются полосы молекулярных газов. Использовались ячейки с катодом из титана с диаметром рабочей части 12 мм. На расстоянии 21 мм от катода устанавливался анод – коллектор электронов. Измерение мощности ЭП с точностью не хуже 1 % проводилось с помощью калиброванных термодатчиков, установленных на боковой стенке ячейки и коллекторе электронов. В прикатодной области устанавливались зонды, позволяющие определить величину и протяженность катодного падения потенциала.

* Работа поддержана грантом Российского научного фонда, проект № 19-19-00069.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725