

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА УБЕГАНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ НА ИХ ИОНИЗАЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ

Мамонтов Ю.И.^{1*}, Лисенков В.В.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: mamontov.ura.1994@yandex.ru

EVALUATION OF INFLUENCE OF THE RUNAWAY ELECTRONS PHENOMENON ON THEIR IONIZATION ABILITY

Mamontov Y.I.^{1*}, Lisenkov V.V.²

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of Electrophysics UD RAS, Yekaterinburg, Russia

The previously described algorithm for numerical simulation of electrons motion through a gas-filled accelerating gap has been applied to estimate the effect of the runaway electrons phenomenon on their ionization ability. It has been shown that when the runaway frequency reaches 10^9 s^{-1} the electron ionization ability and associated impact ionization coefficient start to decrease. This fact should be taken into account when gas discharge formation process is under consideration.

На динамику формирования импульсных самостоятельных разрядов, применяемых, например, для накачки газовых лазеров, может оказать существенное влияние явление убегания электронов. Так, в [1] показано, что при давлении газа вплоть до 40 атм. на начальной стадии формирования катодного слоя разряда складываются условия для перехода электронов в режим убегания. Чтобы оценить степень влияния этого явления на процесс развития разряда был применен написанный авторами [2] алгоритм, численно моделирующий движение электронов через газонаполненный ускоряющий промежуток методом Монте-Карло. В ходе исследования моделировалось движение электрона через азот и водород (давление газов — 1 атм., температура — 300 К) в однородном электрическом поле, при этом оценивалась ионизационная способность электронов. В результате была получена зависимость коэффициента ударной ионизации α от величины приведенной напряженности электрического поля E/N . Было проведено сравнение расчетных значений α с теоретическими аппроксимациями [3] и экспериментальными значениями α [4,5] для водорода и азота. Результаты исследования приведены на рис. 1.

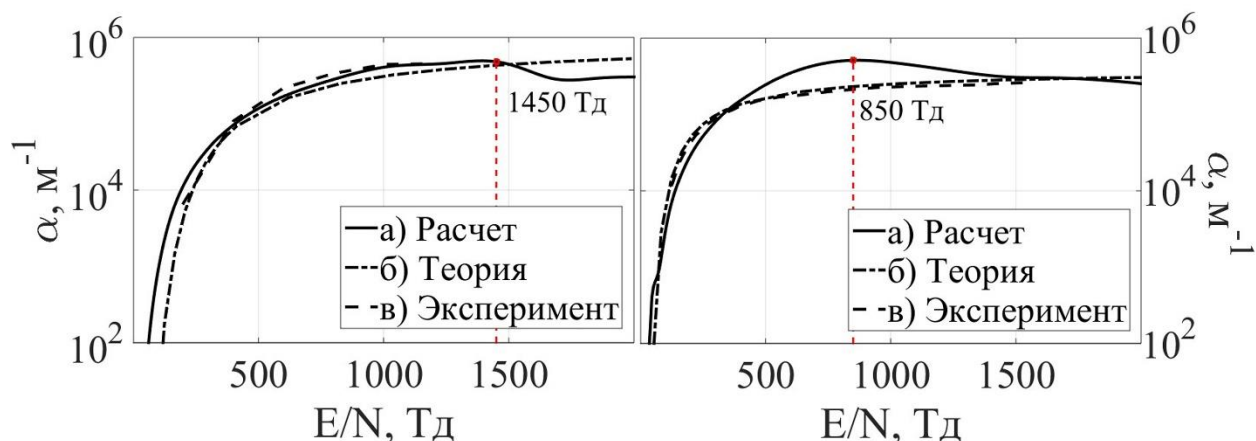


Рис. 1. Сравнение зависимостей коэффициента α (в м⁻¹) от величины E/N (в Тд) в азоте (слева) и водороде (справа). Отмечены точки начала уменьшения α .

На рис. 1 видно, что расчетная зависимость $\alpha(E/N)$ согласуется с теоретической и экспериментальной зависимостями в области значений $300 \text{ Тд} > E/N > 1400 \text{ Тд}$ для азота и $100 \text{ Тд} > E/N > 400 \text{ Тд}$ для водорода. Однако при $E/N > 1450 \text{ Тд}$ в азоте и $E/N > 850 \text{ Тд}$ в водороде, вопреки теоретическим предсказаниям, наблюдается уменьшение α с увеличением E/N . Причиной этого является учет явления убегания электронов при проведении моделирования и последующем расчете коэффициента α . Данное явление приводит к быстрому набору энергии электроном и снижению величины эффективного сечения взаимодействия электрона с газом. Как следствие, увеличивается длина свободного пробега λ и дрейфовая скорость V электрона. Из-за увеличения λ снижается число актов ионизации, приходящееся на единицу длины пробега электрона, то есть, по определению, снижается α . Для указанных на рис. 1 точек были также оценены величины частот убегания ν_{esc} . Они оказались весьма близки друг к другу: $4 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ для водорода и 10^9 с^{-1} для азота. Можно сделать вывод, что при $\nu_{esc} \approx 10^9 \text{ с}^{-1}$ влияние явления убегания электронов на коэффициент α (и, следовательно, на ионизационную способность электрона) становится существенным, поэтому его учет необходим при рассмотрении процессов развития газовых разрядов.

Работа поддержана грантом РФФИ №16-08-00894-а.

1. Иванов С.Н., Лисенков В.В., ЖТФ, 80, 54 (2010).
2. Мамонтов Ю.И., Лисенков В.В., Пономарев А.В., Физика. Технологии. Инновации. Мат-лы IV Междунар. молодежной научной конф., 3, 88 (2017).
3. Райзер Ю.П., Физика газового разряда, Издательский дом «Интеллект» (2009).
4. Phelps A.V., Pitchford L.C., Phys. Rev. A, 31, 2932 (1985).
5. Davies D.E., Milne J.G.C., British J. of Appl. Phys., 10, 301 (1959).