

И.А. СОРОКИН ^{а, б}

^аНациональный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

^бФрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Россия

АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ ВТОРИЧНО-ЭМИССИОННЫЙ РАЗРЯД И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

В работе описаны механизмы, лежащие в основе высокочастотной вторично-эмиссионной неустойчивости, возникающей при взаимодействии сильнонеравновесной плазмы ППР с высокоэмиссионной поверхностью (металл, покрытый тонким слоем диэлектрика). Представлены физические основы АВЭР. Проведен анализ применимости двух основных режимов АВЭР для реализации источника плазмы для электроракетных двигателей и генератора периодических высоковольтных релаксационных импульсов (например, для генерации нейтронов и иммерсионной имплантации).

I.A. SOROKIN ^{а, б}

^аNational Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

^бKotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics (Fryazino Branch), RAS, Fryazino, Russia

SELF-OSCILLATORY SECONDARY EMISSION DISCHARGE AND ITS APPLICATIONS

The work describes the mechanisms underlying high-frequency secondary emission instability arising from the interaction of highly nonequilibrium BPD plasma with a high-emission surface (metal covered by thin dielectric layer). The physical foundations of the SOSED are presented. A dedicated analysis is provided on the applicability of the two primary SOSED regimes for implementing a plasma source for electric propulsion thrusters and a generator of periodic high-voltage relaxation pulses (e.g., neutron generation and immersion implantation).

Режимы, характеризующиеся нестабильным протеканием тока через электрод, погруженный в плазму с высоким коэффициентом вторичной электронной эмиссии, наблюдаются в некоторых типах газовых разрядов (например, пучково-плазменный (ППР), магнетронный и разряд с полым катодом). Наиболее распространенным условием возникновения таких режимов является наличие на поверхности металлического электрода устойчивой тонкой оксидной пленки. Эта пленка может образовываться как благодаря кислородсодержащим компонентам остаточного газа, так и за счет целенаправленного окисления поверхности при работе с химически активными газами. Вольтамперная характеристика таких электродов имеет N-образную форму с областью отрицательного дифференциального сопротивления [1]. Таким образом, в подобной системе создаются условия для усиления колебаний и возникновения автоколебаний на собственных частотах электрической цепи. Такой режим называется автоколебательным вторично-эмиссионным разрядом (АВЭР) [1-6].

Частота и амплитуда переменных составляющих тока и напряжения в газоразрядной автоколебательной системе, работающей в режиме АВЭР, зависят от собственной частоты и добротности электрического контура и могут регулироваться в широких пределах, например, введением внешней индуктивности (см. рис. 1а). При исследовании АВЭР на базе ППР были выявлены два основных типа автоколебательных неустойчивостей (см. рис. 1(б-в)): квазигармонические сильноточечные низковольтные колебания с частотами ~10–100 МГц и высоковольтные колебания релаксационного типа (до 10 кГц).

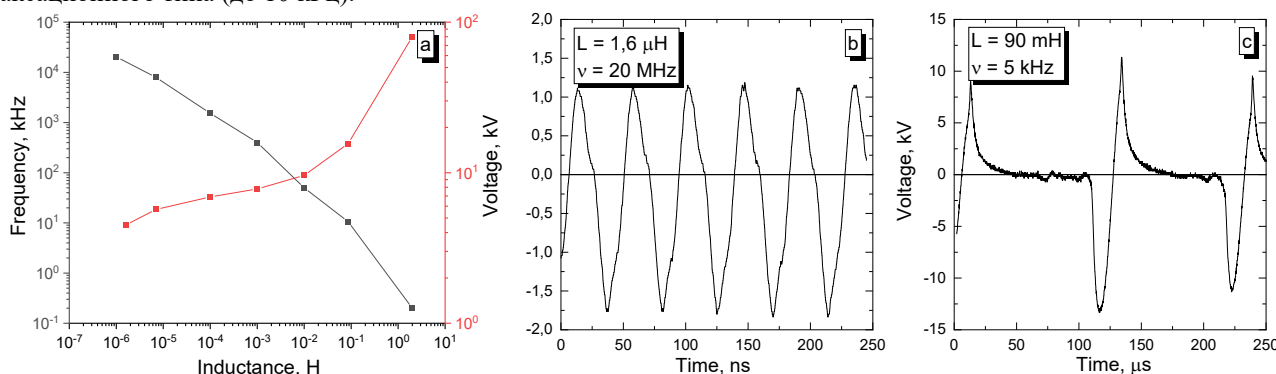


Рис.1. (а) Зависимость частоты и амплитуды напряжения автоколебаний от внешней индуктивности, и (б-в) осциллограммы напряжения для двух режимов АВЭР.

Список литературы

- 1 Gutorov K.M. et al. // JETP Lett. 2015. Vol. 100, № 11. P. 708–711.
- 2 Gutorov K.M., Vizgalov I. V., Kurnaev V.A. // Plasma Phys. Reports. 2012. Vol. 38, № 13. P. 1050–1052.
- 3 Koval O.A., Vizgalov I. V. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2016. Vol. 80, № 2. P. 133–137.
- 4 Vizgalov I. V. et al. // Phys. At. Nucl. 2019. Vol. 82, № 10. P. 1368–1375.
- 5 Vizgalov I. V., Sorokin I.A. // Phys. At. Nucl. 2020. Vol. 83, № 10. P. 1459–1466.
- 6 Sorokin I.A. // J. Commun. Technol. Electron. 2022. Vol. 67, № S1. P. S97–S100.