XXIX Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч.IV: С. 81, 2001.

УДК 537.86/87: 536.75

К.В.Ходосевич, Н.А.Крылов (5 курс, каф. ГАД), А.Л.Санин, д.ф.-м.н., проф.

ОДНОМЕРНОЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В РАМКАХ КВАНТОВЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С САМОСОГЛАСОВАННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Нелинейные динамические свойства электронов на квантовых пространственных масштабах при разных температурах представляют особый интерес в физике и электронике. Целью настоящей работы является изучение пространственных стационарных колебаний или структур при изотермическом движении электронов в условиях, когда существенны квантовые волновые эффекты. Для их исследования используются различные методы описания. Квантовые гидродинамические уравнения являются одним из них [1]. В настоящей работе представлены результаты численного интегрирования стационарных одномерных уравнений: непрерывности, движения и электрического поля

$$d(nv)/dx=0, \quad vdv/dx = -(e/m)E - (v_T^2/n)dn/dx - (1/m)dQ/dx,$$

$$dE/dx = 4\pi(-en + \rho_+), \quad Q = -(\hbar^2/2m)(1/\sqrt{n})d^2\sqrt{n}/dx^2.$$

Здесь n, v — плотность и гидродинамическая скорость электронов, ρ_+— плотность фонового положительного заряда, E — напряженность электрического поля, -e, m— заряд и масса электрона, ħ— постоянная Планка.

Квантовый потенциал Q определяет квантовые волновые свойства, а изотермический характер движения описывается вторым слагаемым в уравнении движения. Тепловая скорость v_T пропорциональна температуре электронов. В данной задаче электроны инжектируются в область с распределенным положительным зарядом и транспортируются в ней. В плоскости инжекции x=0 задаются граничные условия. Для плотности и скорости имеем $n(0)=n_b$, $v(0)=v_b$, отличные от нуля величины. Переменные величины нормируются на граничные величины скорости и плотности и их комбинации. В результате исходные переменные n, v, E, Q и координата x преобразуются в N, V, ε, -μu, ζ. Третья производная в уравнении движения записывается через первые производные и вводится переменная y=dN/dζ. Величина μ - квантовый параметр, пропорциональный $\hbar^2$; ρ_+ преобразуется в γ. Для решения нормированных уравнений используется метод Рунге-Кутта IV-го порядка. Методом быстрого преобразования Фурье анализируется фурье-компонента плотности FN(q), где q - ее аргумент. Расчеты режимов движения при γ=1, μ=0.32, граничном поле ε_b=0.01, u(0)=0, y(0)=ε_b и разных V_T показывают чувствительность движения электронов к изменению тепловой скорости. Значение V_T, равное 0.123, является критическим. При переходе через него характер реализаций и фурье-спектров изменяется. С увеличением расстояния ζ до некоторой области происходит постепенный рост амплитуды колебаний. В окрестности некоторой ζ^* этой области рост амплитуды носит "взрывной" характер. Плотность N возрастает на несколько порядков. Фурье-спектр содержит пики, отдельные спектральные линии и широкополосную спектральную компоненту. В отличие от этих режимов, возможны другие, когда мелкомасштабные колебания промодулированы крупномасштабной огибающей, а фурье-спектры не содержат широкополосной составляющей. Представленные результаты выбраны из множества расчетов и являются типичными.

ЛИТЕРАТУРА:

1. A.L. Sanin. Electron synergetics: quantum hydrodynamic view-point. Proc. SPIE., V. 3345, p.122-128 (1998).