

УДК 517.9:621.382

Онуфрієнко В.М.¹, Слюсарова Т.І.², Килимник І.М.³

¹ д-р фіз.-мат. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асист. НУ «Запорізька політехніка»

³ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРВЕАНС ХАРАКТЕРИСТИК РОЗПОДІЛУ ЗАРЯДІВ У МЕТАМАТЕРІАЛЬНОМУ ШАРІ

Для задачі з несучільним фрактально конфігурованим середовищем зі скейлінговим показником α маємо зв'язок між струмом і потенціалом [1]

$$I_a = g_{fr}(m, e, \varepsilon_0, S, \alpha) \cdot U_a^{3/2} \quad (1)$$

(вольтамперна α – характеристика), що вказує на можливість керування електричними параметрами у розширених межах за допомогою зміни скейлінга середовища, зокрема, в задачах мініатюризації. Отриману залежність назовемо «законом трьох других» для об'ємного фрактального розподілу зарядів у міжелектродному просторі.

Первеанс $g_{fr}(m, e, \varepsilon_0, S, \alpha)$ – показник того, наскільки суттєвим є вплив об'ємного фрактального заряду на вольтамперну характеристику. Первеанс виступає як міра інтенсивності фрактального потоку. В пристроях надвисоких частот, як правило, застосовуються інтенсивні електронні потоки, у яких сила взаємного відштовхування електронів суттєво впливає на рух зарядів, що можуть конфігураційно формувати фрактальні кластери.

З одержаного виразу для первеансу маємо: величина струму у випадку обмеження об'ємними фрактально розподіленими зарядами залежить від різниці потенціалів, відстані між електродами, а також від скейлінгового показника α , який характеризує розмірність зарядового кластеру. Варіація скейлінгового показника сильніше впливає на зміну протяжності зарядового

каналу, що спричиняє зміну напруженості поля у сторону її зменшення, а це полегшує формування кластерних згустків об'ємного заряду. За рахунок цього можна керувати струмом насичення при більших напругах на аноді. Для скеїлінгу $\alpha = 1$ з (1) маємо класичний закон «трьох других» вольтамперної характеристики.

$$\text{Потужність електронного потоку } I_a P = U \cdot I = g_{fr}(m, e, \varepsilon_0, S, \alpha) \cdot U^{5/2},$$

як і у класичному випадку, швидко зростає при збільшенні напруги, але при цьому з'являється можливість регулювання процесу за рахунок зміни фрактальної конфігурації пристрою, що демонструє вираз для первеансу. Відомо, що в усіх пристроях потужність вигідніше збільшувати не за рахунок зростання напруги, а завдяки зростання струму.

Дослідження величини первеансу залежно від фрактальних параметрів потоку зарядів дозволяє маніпулювати величиною струму для управління робочою напругою при заданій потужності потоку. Це впливає на можливості зменшення складності апаратури та зменшення габаритів пристроїв за рахунок зміни довжини активних ділянок електродинамічної системи. При цьому зростання первеансу може супроводжуватись збільшенням підсилення та ростом коефіцієнту корисної дії.

Для боротьби з «розбуханням» пучків, де діють значні кулонівські сили взаємного відштовхування зарядів, найчастіше застосовують постійне магнітне поле, що паралельне осі пучка. Через відносно велику довжину приладів досить сильне магнітне поле потрібно створити на великій ділянці. Найменші витрати на потужність і масу магнітних систем реалізуються при використанні періодичного магнітного фокусування, при якому електронний пучок пропускається вздовж знакозмінного магнітного поля.

Аналогічного результату досягають за допомогою періодичного електростатичного фокусування фрактально конфігурованих пучків, яке здійснюється поруч періодично розташованих електростатичних лінз. Така система має ще меншу масу і споживану потужність.

Ще один спосіб боротьби з «розбуханням» пучків полягає в тому, що фрактальна конфігурація електронного пучка створюється вводом кількох позитивно заряджених іонів, які своїм просторовим зарядом компенсують негативний просторовий заряд електронів. Після встановлення стаціонарного стану в об'ємі пучка утворюється квазінейтральне фрактально конфігуроване середовище, що схоже на плазму (іонне фокусування).

З аналізу запропонованої математичної моделі випливає теоретичний висновок про можливість створення штучної нелінійної електричної поляризації та електропровідності, що імітують від'ємні ємності та індуктивності включенням у штучне діелектричне, металеве або напівпровідникове середовище сторонніх джерел з фрактальним дельта-подібним по полю розподілом зарядів (струмів), що заслуговує подальшого вивчення для виявлення умов виникнення та збільшення енергонезалежної пам'яті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Онуфрієнко В. М. Диферінтегральна модель визначення впливу фрактально конфігурованих границь середовища на дрейф носіїв заряду / В. М. Онуфрієнко, І. М. Килимник, Т. І. Слюсарова // Theoretical and empirical scientific research: concept and trends: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. – Oxford, United Kingdom (February 2, 2024). – P. 251–255. – DOI: 10.36074/logos-02.02.2024.049
2. Child C. D. Discharge From Hot CaO / C. D. Child // Phys. Rev. (Series I) – 1911. – Vol. 32, № 5. – P. 492–511. – DOI: 10.1103/PhysRevSeriesI.32.492
3. Langmuir I. The Effect of Space Charge and Residual Gases on Thermionic Currents in High Vacuum / I. Langmuir // Phys. Rev. – 1913. – Vol. 2, № 6. – P. 450–486. – DOI: 10.1103/PhysRev.2.450
4. Onufrienko V. M. Modeling characteristics of field-effect fractal nanotransistor / V. M. Onufrienko, T. I. Slyusarova, L. M. Onufriyenko // IEEE: Proceedings 15th International Conf. on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET-2020), Lviv-Slavske, Ukraine, February 25-29, 2020. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2020. – P. 586–589. – DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235500