

УДК 517.9

Онуфрієнко В.М.¹, Слюсарова Т.І.²

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

² асист. НУ «Запорізька політехніка»

ДИФЕРЕНТЕГРАЛЬНА МОДЕЛЬ «ЗАКОНУ 3/2» ДРЕЙФОВИХ ПРОЦЕСІВ У ФРАКТАЛЬНО КОНФІГУРОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Структура доменів в метаматеріалах, що визначає реакцію середовища на зміну електричних, механічних, оптичних параметрів, є результатом складних просторових взаємодій, які відбуваються під час природного «народження» матеріалу, а також від часової області розвитку явища, процесу. Штучне створення метаматеріалів зі своїми притаманними їм екзотичними властивостями, спонукає дослідників зосереджувати зусилля на розробці теоретичних моделей для опису і прогнозування протікання процесів у таких середовищах. Для виявлення ефектів просторового перебігу, що можуть виникати у приладах з від'ємними ємностями та індуктивностями, розглядаємо фрактальну модель дрейфу заряджених частинок у фрактально конфігурованому шарі.

Диферентеграальна модель фрактальних елементів базується на основі вводу хаусдорфової метрики та міри фрактальних точкових зарядів у вигляді диферентеграальної альфа-форми множин фізичних зарядів (елементів струму) в метаматеріальному середовищі [1] та, як наслідок, у вигляді дробового диференціалу $d^\alpha x$, його зв'язку з дробовою похідною електричного поля напруженості $d^\alpha E(x) = {}_a D_x^\alpha E(x) d^\alpha x$, де дробова похідна ${}_a D_x^\alpha E(x)$ використовується у формі Рімана-Ліувілья. Такий фізико-математичний підхід дає можливість змодельовати фрактальний рух носіїв заряду, спрямований в одному напрямку (фрактальний дрейф), що накладається на ізотропний хаотичний тепловий рух, внаслідок чого виникає неізотропність руху заряду (струму). Фрактальний дрейф носіїв заряду може виникати: 1)

існує створюване фрактальними джерелами електричне поле (дрейф у полі);
 2) існує градієнт фрактальної концентрації носіїв заряду (дифузійний дрейф);
 3) дифузійно-польовий фрактальний дрейф.

Для визначеності розглянемо далі теорію фрактального дрейфу носіїв заряду у електричному полі напруженості E , створюваному між фрактально конфігурованими паралельними пластинами. Потік вектора E через поверхню шару метаматеріального середовища зі скейлінгом α за теоремою Гаусса: $d^\alpha \Phi = (E + d^\alpha E)S - ES = S \cdot d^\alpha E$, $d^\alpha \Phi = \frac{1}{\varepsilon_0} d^\alpha q$, $d^\alpha q = \rho d^\alpha x$, де S

– площа кожної пластини, ρ – об’ємна густина просторового заряду q , ε_0 – діелектрична стала. $d^\alpha E \cdot S = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho S d^\alpha x$, $\frac{d^\alpha E}{d^\alpha x} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$, з урахуванням зв’язку

$E(x) = -\frac{d^\alpha U}{d^\alpha x}$ між напруженістю поля $E(x)$ та потенціалом $U(x)$, утворюємо

диференціальне рівняння у дробових диферінтегралах $\frac{d^{2\alpha} U}{d^{2\alpha} x} = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$. Із

виразу для струму $I = -\rho v S$ та закону збереження енергії $mv^2/2 = eU$ для електрона із зарядом e та масою m маємо диференціальне рівняння для

потенціалу $D_x^{2\alpha} U(x) = \frac{A}{\sqrt{U(x)}}$, $A = \frac{I}{S \cdot \varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{m}{e}}$. Граничні умови для

поставленої задачі $E(0) = -\frac{d^\alpha U}{d^\alpha x} \Big|_{x=0} = 0$ виконуються, якщо $U(0) = 0$ або

$$U(0) = \frac{C}{\Gamma(1-\alpha) \cdot x^\alpha}.$$

Таким чином, можливо створити штучну нелінійну електричну поляризацію та електропровідність [2], що імітують від’ємні ємності та індуктивності впровадженням у штучне діелектричне, металеве або напівпровідникове середовище сторонніх джерел [3] з фрактальним дельта-подібним по полю E розподілом зарядів (струмів), що заслуговує подальшого вивчення для виявлення умов виникнення та збільшення енергонезалежної пам’яті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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/TCSET 49122.2020.235500.

2. Місюра А. О. Поляризованість та намагніченість несущого фрактального середовища / А. О. Місюра, В. М. Онуфрієнко // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2006. – № 1(15). – С. 9–13.

3. Онуфрієнко В. М. Диферінтегральна модель дрейфу носіїв зарядів у полі фрактального метаматеріального середовища / В. М. Онуфрієнко, А. В. Засовенко, Т. І. Слюсарова, Л. М. Онуфрієнко // Інноваційні процеси в науці та освіті: матеріали III міжнародної науково-практичної інтернет-конф., м. Бердянськ, 30 листопада 2021 р. – Бердянськ : Бердянський державний педагогічний університет, 2021. – С. 42–44.