

УДК 517.9

Онуфрієнко В.М.¹, Онуфрієнко Л.М.²

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

² канд. фіз.-мат. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ФРАКТАЛЬНА МОДЕЛЬ ПИТОМОЇ ПРОВІДНОСТІ ГРАФЕНОВОГО ТРАНЗИСТОРА

Для моделювання незворотного процесу провідності фрактально конфігурованого графенового транзистора необхідним етапом є вимірювання геометричної протяжності досліджуваної множини, що подається точками, відрізками, плоскими та об'ємними компактами. Вводимо у розгляд їх покриття прямолінійними ланками $l_{i(k)}$ (i – номер ланки у k – му поколінні покриття), при цьому довжина ланок $(k+1)$ – го покриття менше довжини ланок (k) – го покриття: $l_{i(k+1)} < l_{i(k)}$. Кількість N ланок $l_{i(k+1)} < l_{i(k)}$ покриття, що вкладаються на $l_{i(k)}$ є деякою функцією їх відношення: $N_{l_{i(k+1)}l_{i(k)}} = f(l_{i(k)} / l_{i(k+1)})$ [1].

Сумою $\gamma(\alpha) \left(\sum_{i=1}^{\infty} l_i \right)^{\alpha}$ апроксимується протяжність розглядуваної фра-

ктальної множини. У загальному випадку можна передбачити побудову покриття діаметра L фрактально конфігурованої множини з кінцевої точки $L_{-(l_i)}$.

Такий процес, звичайно, дозволяє провести апроксимаційний процес з

очікуваним результатом для сум у вигляді $\gamma(\beta) \left(\sum_{j=1}^{\infty} l_j \right)^{\beta}$ з іншим скейлінговим показником β , числовим значенням якого (додатним, від'ємним,

комплексним, залежним від просторової та часової координати) ураховуються особливості незворотності фрактальних процесів.

Запропонований фізико-математичний підхід до опису фрактальної конфігурації графенового матеріалу середовища надає можливість моделювати скалярні компоненти поляризації та струму у вигляді розвинення в ряд за степенями електричної напруженості [2].

З аналізу математичної моделі випливає висновок про те, що впровадженням у штучне діелектричне, металеве або напівпровідникове з неоднорідною структурою середовище сторонніх джерел енергії з фрактальним дельта-подібним по полю розподілом зарядів (струмів) можна створити штучну “спонтанну” нелінійну електричну поляризацію та електропровідність, що імітують від’ємні ємності та індуктивності.

Для характеристики фрактально конфігурованого середовища з розподіленими параметрами розглядаємо комплексний хвильовий опір [3].

За рахунок фрактальної будови доменних структур із зосередженими параметрами метаматеріалу з комплексним хвильовим опором проявляється просторовий гістерезис у вигляді скейлінгових залежностей для коефіцієнтів відбиття й проходження. Процес зростання потужності хвиль враховуємо вводом деякого скейлінгового показника α_1 , а спадання – значенням α_2 . За розробленою схемою підраховано питому провідність графенового транзистора із заданою шириною каналу. Рівняння для нормованої провідності каналу з фрактально провідним шаром (значення сталого скейлінгу $\alpha = 1$ перетворює модель в класичну) демонструє теоретичну можливість керування петлею просторового гістерезису.

Із загальних теоретичних міркувань на прикладах знаходження провідності та опору середовищ з розподіленими та зосередженими параметрами виявлено наявність зв’язку комплексних значень скейлінгового показника з еквівалентними матеріальними параметрами, що пояснює гістерезисність сегнетоелектричного та магнітодіелектричного середовищ. Це пов’язано з наявністю спонтанної електричної поляризації, виникненням фрактально конфігурованих електричних доменів та перебудовою фрактальної доменної структури, що впливає на перебіг гістерезисного ефекту. Крім цього, виявлено, що варіацією скейлінгу теоретично можна керувати діелектричними і магнітними втратами у фрактально конфігурованому, зокрема, нефострівському елементі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Онуфрієнко В. М. Диферінтегральні альфа-форми у хаусдорфовій метриці на фрактальних множинах / В. М. Онуфрієнко // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2002. – № 2 (8). – С. 31–39.

2. Онуфрієнко В. М. Поляризованість та намагніченість несучільного фрактального середовища / В. М. Онуфрієнко, А. О. Місюра // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2006. – № 1 (15). – С. 14–20.

3. Onufrienko V. M. Modeling characteristics of field-effect fractal nanotransistor / V. M. Onufrienko, T. I. Slyusarova, L. M. Onufriyenko // 15th Intern. Conf. on advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering Proceedings. February 25-29, 2020. – Lviv-Slavske, Ukraine. – P. 586–589.