

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОТРУБОК

Медведев Е.А., Денисенко К.О., Уайд С.Р.

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, проф. Лучанинов А.И.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина
E-mail: grizzly@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены и проанализированы три пакета программ (*HFSS*, *CST Studio*, *Wire*), использующие различные методы, для расчета электродинамических характеристик структур из углеродных нанотрубок (УНТ). Полученные результаты полезны при выборе программного пакета, с целью достаточно корректного моделирования наноантенн.

1. Введение

В настоящее время ведутся интенсивные исследования возможности применения различных структур, состоящих из УНТ, в электронике, энергетике и т.п. Широкое внедрение таких устройств в практику невозможно без знания их электродинамических характеристик.

Существует несколько различных программных пакетов для расчета характеристик излучения и рассеяния антенн из УНТ структур, но не все они позволяют корректно и быстро производить расчет.

В докладе сравниваются три пакета программ (*HFSS* [1], *CST Studio* [2] и разработанный программный пакет «*Wire*»), использующие разные методы расчета электродинамических характеристик наноантенн. По полученным результатам проведен анализ эффективности каждой программы и установлен оптимальный.

2. Основная часть

В данной работе представлен анализ методов расчета свойств наноантенн из УНТ. Отличительной особенностью их является большое отношение l/a (l — длина плеча вибратора, a — его радиус), которое может достигать 10^7 [3].

Для сравнительной оценки различных методов анализа электродинамических характеристик нанотрубок производились экспериментальные вычисления в различных программных пакетах, использующие разные математические алгоритмы.

При анализе применялись следующие методы: метод интегральных уравнений (ИУ) (*Wire*); метод *FDTD* (*CST Studio*); метод конечных элементов (МКЭ) (*HFSS*). В каждом пакете моделировался полуволновый вибратор с различным отношением l/a .

Результаты моделирования вибратора разными методами частично представлены в таблице 1.

В процессе проведения расчетов было установлено, что метод конечных элементов, (программный пакет *HFSS*), не позволяет анализировать нановибраторы, так как при увеличении l/a (свыше 1000) программа не корректно производит расчет.

Отличительная особенность метода интегральных уравнений — это не только точность расчета, но скорость, что позволяет быстро получить корректные характеристики.

В докладе представлены результаты демонстрирующие, что моделирование наноизлучателей из углеродных нанотрубок целесообразно проводить, используя метод интегральных уравнений. Эффективным инструментом, при этом, в частности, может служить программа *Wire* [4]. Корректные результаты получены также при использовании программы *CST Studio*, использующей метод *FDTD*, но при этом вре-

мя моделирования существенно возросло (более чем на порядок).

Таблица 1

l/a	Используемый метод		
	ИУ	FDTD	МКЭ
100	91,66+j45.27	83,34+j65,22	92,02+j46,87
700	82,51+j45.33	82,49+j73,51	69,876+j50,01
2000	80,05+j44.90	82,07+j87.2	67,43+j50,34

3. Заключение

Данные показали, что пакет *HFSS*, использующий метод конечных элементов является недостаточно эффективным при расчете антенн нанодиапазона, так как при уменьшении радиуса увеличивается погрешность моделирования электродинамических характеристик структур из УНТ и резко увеличивается время расчета.

Разработанная на основе метода интегральных уравнений программа *Wire* является более эффективной в сравнении с пакетами *HFSS* и *CST Studio* при моделировании нановибраторов из УНТ.

4. Список литературы

- [1] Банков С.Е. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft / С.Е. Банков, А.А. Курушин. — М: ЗАО НПП РОДНИК, 2009. — 256 с.
- [2] CST-Computer Simulation Technology – CST Studio Suite 2008 Ru / CST. — Б.М.: CST, 2008. — 221 р.
- [3] Слюсар В. Наноантенны: подходы и перспективы / В. Слюсар // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. — 2009. — № 2. — С. 58 — 65.
- [4] Лучанинов А.И. Пакет программ «Wire» для моделирования тонкопроволочных антенн произвольной конфигурации с линейными и нелинейными свойствами поверхностного импеданса / А.И. Лучанинов, Д.С. Гавва, М.А. Омаров // Прикладная радиоэлектроника. — 2002. — Т.1, №2. — С. 225 — 230.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF DIFFERENT METHODS FOR THE ELECTRODYNAMIC ANALYSIS OF NANOTUBES

Medvedev E.A., Denysenko K.O., Owaid S.R.
Scientific adviser: Luchaninov A.I.

Kharkov National University of Radioelectronics, Ukraine

Abstract — Three software packages (*HFSS*, *CST Studio*, and *Wire*) using different methods for electrodynamic analysis of carbon nanotube structures (CNTs) are analyzed. The results obtained can be useful in software selection for a sufficiently correct nanoantenna simulation.