

Анализ и сравнение методов расчета электродинамических параметров сегнетоэлектриков в СВЧ-диапазоне

П.А. Астафьев, А.А. Павелко

*Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: l.b.e.9.w.4.a.9.p@yandex.ru*

Одной из современных тенденций развития науки и техники в области радиоэлектроники является миниатюризация компонентов. Для многих заказчиков крайне важным требованием к разрабатываемым устройствам является низкая стоимость производства. Выполнить в некоторой степени данные требования позволяет использование сегнетоэлектрических материалов. Среди многих перспектив применения сегнетоэлектриков можно выделить использование объемных монокристаллических или керамических материалов в перестраиваемых резонаторах, перестраиваемых фильтрах, линзовых антеннах. Сегнетоэлектрические тонкие пленки могут быть использованы в варикапах или фазовращателях в составе АФАР. Материалы должны обладать высокой способностью к перестройке, низкие перестроечные напряжения, низкая диэлектрическая проницаемость. В связи с вышесказанным, актуальной задачей современного материаловедения является исследование параметров сегнетоэлектриков в СВЧ диапазоне. В данной работе представлены результаты измерения параметров объемного сегнетоэлектрических образцов волноводным методом в X-диапазоне частот. Проведено сравнение расчета диэлектрической проницаемости образца различными методами.

Исследования проводились с использованием векторного анализатора цепей Keysight P9375A. Калибровка произведена при комнатной температуре при помощи калибровочного набора X11644A. Количество выборок – 201. Образец был помещен в четвертьволновый отрезок прямоугольного волновода. Форма образца точно соответствовали геометрическим размерам волновода, зазоры между стенками волновода и образцом отсутствовали. S-параметры керамических образцов на основе ЦТС были получены на частотах 8,2 – 12,4 ГГц. Расчет электродинамических параметров осуществлялся с помощью программного обеспечения Keysight Materials Measurement Suite. Вычисление диэлектрической проницаемости было выполнено с использованием модели Николсона-Росса-Вейра и полиномиальным фитингом. Для сравнения результатов вычисления программного обеспечения был выполнен расчет диэлектрической проницаемости алгоритмом Николсона-Росса-Вейра в пакете Matlab. Также смоделирован метод корректировки воздушных зазоров между широкой стенкой волновода и образцом с использованием пакета Matlab.

Сравнение результатов, полученных различными методами, показало, что алгоритм расчета, выполненный при помощи пакета Matlab позволяет получать удовлетворительную точность расчета диэлектрической проницаемости до 50-60. Сравнение результатов расчета параметров обычных диэлектриков (поликор, парафин) друг с другом и литературными данными подтверждают возможность использования данных методов при относительно низких значениях диэлектрической проницаемости. Результаты проделанной работы будут использованы при разработке программного обеспечения для автоматизации расчетов электродинамических параметров объемных сегнетоэлектрических, ферромагнитных и мультиферроидных материалов. Основными вопросами остается выявление предела точности измерений образцов, имеющих зазоры между стенками волновода и поверхностью образца, а также сравнение алгоритмов корректировки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности, научный проект № (0852-2020-0032)/(БА30110/20-3-07ИФ)).