

УПРАВЛЕНИЕ РАССЕЯНИЕМ СВЧ-ПОЛЯ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Интерес представляет исследование диэлектрического отклика сегнетоэлектрика на высокочастотное электрическое поле с относительно невысокими напряженностями при нормальных условиях. В работе для экспериментальных исследований использовался сегнетоэлектрический материал титанат кальция (CaTiO_3), характеристики которого хорошо изучены в СВЧ-диапазоне. Основными требованиями к исследуемому материалу были: диэлектрическая проницаемость со значением выше 100 и отсутствие ее частотной дисперсии в СВЧ-диапазоне, а также минимальная величина тангенса угла диэлектрических потерь.

Проведено исследование дисперсии диэлектрической проницаемости CaTiO_3 под воздействием высокочастотного электрического поля мостовым методом. Обнаружено проявление резонансных свойств материала на частоте 60 МГц, обусловленных колебаниями стенок доменов. Результаты эксперимента показали, что материал в высокочастотном поле (40-70 МГц) может изменять значение диэлектрической проницаемости ϵ от 150 до 3270.

Проведены измерения зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрического материала от напряженности ВЧ-поля мостовым методом на резонансной частоте сегнетоэлектрического материала 60 МГц. При значениях напряженности ВЧ-поля до 0,9 В/см диэлектрическая проницаемость материала максимальна, а при дальнейшем увеличении напряженности – уменьшается.

Наблюдаемая нелинейность диэлектрической проницаемости материала обусловлена процессами поляризации и переполяризации.

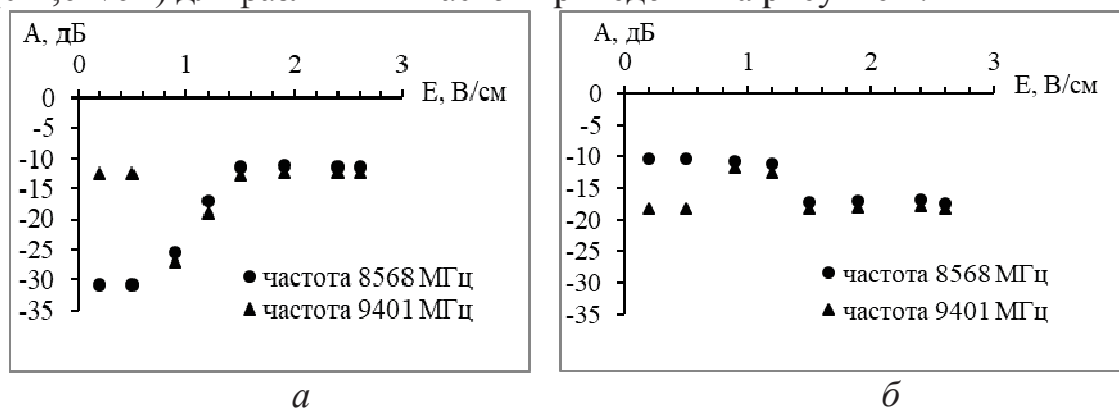
Измерения диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь сегнетоэлектрического материала в СВЧ диапазоне проводились пространственным методом. Управление диэлектрическими характеристиками сегнетоэлектрика осуществлялось однородным ВЧ-полем.

Обнаружено, что диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектрического материала CaTiO_3 не обладает частотной дисперсией в СВЧ-диапазоне (7,5–10,5 ГГц), и в условиях воздействия внешнего ВЧ-поля пространственная дисперсия материала определяется поляризацией управляющего электрического поля. Величина диэлектриче-

ской проницаемости на резонансной частоте (55 ± 70 МГц) определяется амплитудой управляющего поля и изменяется в диапазоне от 3000 до 150 [1, 2].

Экспериментально исследовано рассеяние электромагнитных волн СВЧ-диапазона на фрагменте периодической решетки из сегнетоэлектрических элементов в виде брусьев, установленных нормально к направлению распространения СВЧ-поля.

Наличие управляющего ВЧ-поля, а также изменение его напряженности приводит к изменениям диэлектрических параметров решетки, а, следовательно, и амплитуды рассеянного электромагнитного поля. Амплитудные значения напряжения на детекторной головке приемной антенны для рассеянного СВЧ-поля при нормальном падении при различных величинах напряженности управляющего ВЧ-поля (0-2,6В/см) для различных частот приведены на рисунке 1.



Апр, дБ – амплитудные значения напряжений на приемной детекторной головке; E, В/см – напряженность управляющего поля

Рисунок 1 - Амплитудные значения напряжений на приемной головке детектора для прошедшего (а) и отраженного (б) полей СВЧ-диапазона для различных напряженностей управляющего ВЧ-поля

Диаграммы рассеяния нормально падающего СВЧ-поля на фрагменте решетки представлены путем наложения друг на друга в целях удобства сравнения их размеров и формы (рисунок 2). Значение напряжения на детекторной головке приемной антенны для прошедшего и отраженного полей так же указываются на рисунке. При увеличении напряженности управляющего поля наблюдается изменение амплитуд прошедшего и отраженного полей, а также изменение формы диаграмм рассеяния.

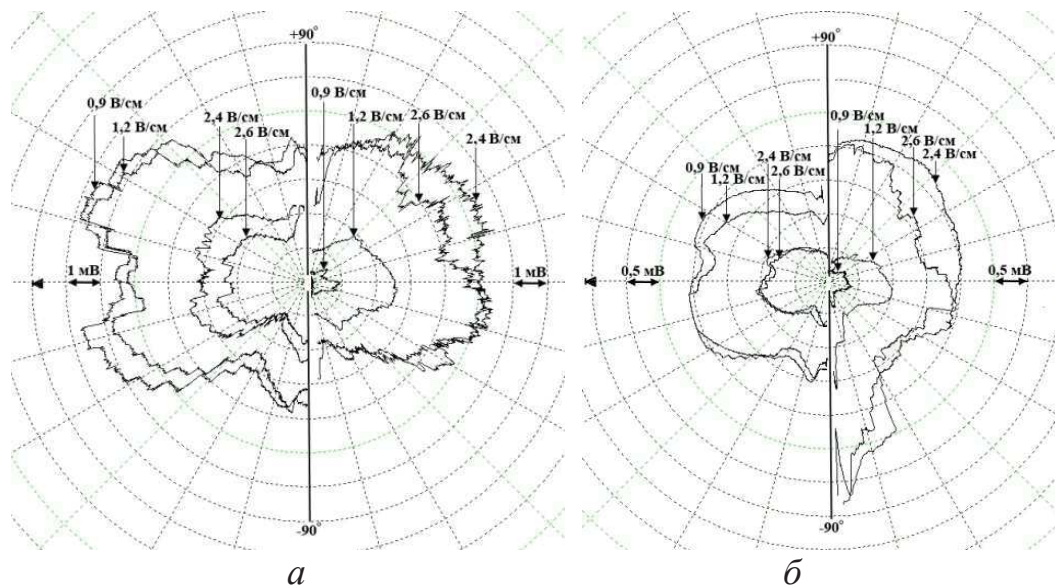


Рисунок 2 – Диаграммы рассеяния СВЧ-поля на фрагменте решетки с сегнетоэлектрическими элементами частотой 8,57 ГГц (а) и частотой 9,4 ГГц (б)

Результаты исследования показывают потенциальную возможность использования резонансного воздействия внешнего высокочастотного электрического поля на поляризацию сегнетоэлектрика для управления рассеянием электромагнитного излучения СВЧ-диапазона без участия в этом процессе каких либо механических воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распространение электромагнитных волн СВЧ-диапазона в управляемых двумерных периодических структурах / Ю. М. Рычков [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. - 2010. - Т. 54, № 1. - С. 50–53.
2. Использование высокочастотного резонанса сегнетоэлектрических материалов для управления характеристиками рассеяния СВЧ-излучения / Д. В. Заерко [и др.] // Вестник БГУ Сер. 1 Физика, математика, информатика. - 2017. - № 3. - С.65-72.