1980 г. Февраль *Том 130, вып. 2*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

621.309.1(049.3)

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Сегнетоэлектрики в технике СВЧ /Под ред. О. Г. Вендика. Предисловие Н. Д. Девяткова.— М.: Сов. радио, 1979.— 272 с.

Издательство «Советское радио» выпустило книгу, посвященную физике и техническим приложениям сегнетоэлектриков в диапазоне СВЧ. Это монография, написанная довольно большим коллективом авторов, отражает последние физические и технические идеи, связанные с исследованием и применением сегнетоэлектриков типа смещения в устройствах, работающих в диапазоне 0,2—40 ГГц.

Появление книг, отражающих последние достижения в конкретной области физики и техники, довольно типично для нашего времени, когда физические идеи быстро становятся объектом прикладных исследований, а затем и технических разработок.

К сожалению, среди этих изданий мало книг советских авторов. В этой связи тем более приятно отметить появление рецензируемой монографии. Заметим, что сегнетоэлектрики стали объектом современной физики твердого тела после пионерских работ И. В. Курчатова и Б. М. Вула, и дальнейшие фундаментальные и прикладные исследования во многом определены трудами советских специалистов.

Исследование свойств сегнетоэлектриков на СВЧ дает информацию о динамических и нелинейных свойствах сегнетомоды на частотах, достаточно близких к собственной частоте моды и удаленных от частот релаксационных явлений. Авторами монографии выполнен ряд оригинальных исследований в этой области. Наряду с физиками в коллективе авторов представлены технологи и специалисты по технике СВЧ.

Рецензируемая книга вышла в свет в начале 1979 г. и содержит ссылки на журнальные статьи, список которых завершается публикациями 1977—1978 гг.

Первые попытки найти применение нелинейных свойств сегнетоэлектриков в технике СВЧ относятся к началу 60-х годов. Однако трудности согласования линий передач, содержащих материал с диэлектрической проницаемостью порядка нескольких тысяч, не позволили получить простые технические решения СВЧ приборов, использующих нелинейность сегнетоэлектриков. Первоначальный интерес к сегнетоэлектрикам со стороны фирм, занятых разработкой СВЧ приборов, заметно ослаб. На рубеже 60-х — 70 -х годов публикации по применению сегнетоэлектриков на СВЧ практически отсутствуют. Интерес к этой проблеме возродился после появления работ, выполненных авторами рецензируемой монографии, по получению и исследованию сегнетоэлектрических пленок на диэлектрической подложке. Исследование пленок поставило ряд задач физического и технологического содержания.

Рецензируемая монография открывается Введением —«Сегнетоэлектрики — новый материал в технике СВЧ» (О. Г. Вендик), в котором анализируются физические особенности сегнетоэлектриков в СВЧ диапазоне, на основе чего определяется место сегнетоэлектриков в технике СВЧ наряду с ферритами и полупроводниками. Одна из важнейших проблем техники СВЧ — создание простых, надежных, дешевых в массовом производстве элементов управления фазированных антенных решеток. Во Введении показано, что СВЧ фазовращателя на сегнетоэлектрических пленках имеют серьезные преимущества перед их полупроводниковыми и ферритовыми конкурентами. Необходимо специально подчеркнуть, что сегнетоэлектрические пленки могут служить основой устройств СВЧ микроэлектроники, изготовляемых методами интегрально-групповой технологии без ручного монтажа навесных элементов.

В главе первой «Физические особенности сегнетоэлектрических материалов» (О. Г. Вендик, И. В. Иванов, А. И. Соколов) излагаются сведения по физике сегнетоэлектричества, в основном на базе динамических представлений с упором на исследование диэлектрической нелинейности в параэлектрической фазе. Как пишут сам-

авторы: «Первая глава книги в значительной степени представляет собой методическую обработку необходимого круга вопросов физики сегнетоэлектричества, изложенную в форме, которая нам представляется удобной для восприятия инженерами, специализирующимися в области радиофизики, радиотехники и электронной техники». Авторы уделяют достаточно много внимания актуальным вопросам физики: рассмотрены корреляционные явления, пространственная дисперсия, природа затухания сегнетоэлектрической моды, размытый фазовый переход. Часть этих материалов содержит оригинальные результаты и представляет интерес для специалистов, интересующихся последними достижениями физики сегнетоэлектричества.

Глава вторая «Свойства сегнетоэлектрических пленок» (Т. Н. Вербицкая, И. Г. Мироненко, Л. С. Соколова, Б. В. Ткачук) посвящена технологии и исследованию диэлектрических свойств сегнетоэлектрических пленок на диэлектрической подложке. Материалы главы содержат обзорные и оригинальные материалы по технологии сегнетоэлектрических пленок, полученных методом седиментации и методом высокочастотного плазменного распыления. Отметим, что на основе сегнетоэлектрических пленок разработан первый тип планерных СВЧ варикондов.

Замечательным свойством пленочных элементов является значительное размытие фазового перехода при сохранении достаточной диэлектрической нелинейности. Это позволяет использовать соответствующие элементы в широком температурном интервале.

Эта глава содержит также оригинальные теоретические материалы по диэлектрическим свойствам пленок. В основу теоретической модели положены представления о нелокальной связи поля и поляризации в сегнетоэлектрике, движения носителей заряда и определенные граничные условия для индукции и поляризации на поверхности пленки. Модель позволяет получить качественное и количественное совпадение с экспериментальными данными по величине эффективной диэлектрической проницаемости и смещению температуры перехода для достаточно тонких сегнетоэлектрических пленок. В этом отношении авторы второй главы вносят вклад не только в технологию и технику, но и непосредственно в физику сегнетоэлектрических явлений.

Нужно заметить, что теоретические представления о свойствах сегнетоэлектрических пленок еще нельзя назвать полностью завершенными. Еще не вскрыта полностью природа сильного размытия фазового перехода в пленках, напрашивается вопрос о старении пленок в сильном электрическом поле. Последнее особенно важно, так как из приведенных данных очевиден вклад в свойства пленок носителей заряда, присутствующих в материалах, в то же время по своему функциональному назначению пленка работает в сильном смещающем поле.

Нужно отметить оригинальный материал главы пятой: «Сегнетоэлектрические параметрические усилители СВЧ » (И. В. Иванов, Л. Т. Тер-Мартиросян). Содержание главы существенно шире ее названия. В главе описаны не только параметрические усилители, использующие диэлектрическую нелинейность сегнетоэлектрика. Значительная часть главы посвящена исследованию неравновесных флуктуационных процессов в сегнетоэлектрике, находящемся в сильном СВЧ поле. Оригинальная методика исследования шумов, испускаемых в СВЧ диапазоне сегнетоэлектрическим элементом, позволила изучить новый круг явлений, связанных с неравновесным разогревом акустических фононов в сегнетоэлектрике. Когда была понята природа разогрева, то удалось предложить способ его подавления и осуществить малошумящий параметрический усилитель, основой которого является нелинейный конденсатор на тонкой сегнетоэлектрической пленке. В главе анализируются не только тонкопленочные варианты усилителя. В целом глава дает богатый материал для развития дальнейших исследований инженерных разработок устройств, использующих нелинейные и параметрические явления.

Заметим, что неравновесный разогрев спиновой системы в ферритовом образце помешал в свое время осуществить малошумящий параметрический усилитель на феррите [1]. Теперь на основе обобщенных представлений о неравновесном разогреве элементарных возмущений в твердом теле, возможно, удастся вернуть к проблеме создания малошумящего параметрического усилителя на феррите.

Главы третья, четвертая и шестая посвящены вопросам, непосредственно связанным с техникой СВЧ и теоретическими задачами технической электродинамики. Оригинальным в этой части является теория электродинамических систем, содержащих тонкий слой нелинейного материала с весьма большой диэлектрической проницаемостью. Решение этих задач позволило создать методы расчета соответствующих устройств техники СВЧ.

Завершая рецензию, хочется отметить, что рассмотренная книга — это хорошая иллюстрация того положения, о котором сейчас часто говорят и пишут — новые технические решения возникают на базе последних достижений физики, и в свою очередь содействуют развитию физики, ставя новые задачи и инициируя их скорейшее решение.

В предисловии к книге академик Н. Д. Девятков пишет: «Предлагаемая читателю книга — коллективный труд специалистов высшей школы и промышленности». Участие представителей промышленности в зарождении и развитии нового направ-

ления прикладной физики вселяет уверенность в том, что результаты совместного труда дадут в скором времени практические плоды.

Несколько слов о работе редактора книги. Несмотря на разнородный состав материала и большое число авторов, книга читается не как сборник отдельных статей, а как единая монография. В этом, несомненно, заслуга ее редактора. Отметим, что редактор книги О. Г. Вендик был известен как специалист в области техники СВЧ, он автор одной из первых в мире монографий, посвященных фазированным антенным решеткам [2]. Последнее время он активно работает в области физики сегнетоэлектричества (см., например, обзор [3]). Такое сочетание в руках одного специалиста материалов различных областей науки — залог успешного решения задач, которые ставит технический прогресс перед прикладной наукой.

Г. А. Смоленский

ЛИТЕРАТУРА

1. Моносов Я. А. Нелинейный ферромагнитный резонанс.— М.: Наука, 1971.
2. Вендик О. Г. Антенны с немеханическим движением луча.— М.: Сов. радио, 1965.
3. Vendik O. G.— Ferroelectronics, 1976, v. 12, p. 85.