

Комплексная диэлектрическая проницаемость твердых диэлектриков, наполненных окисью титана и керамики на основе окиси алюминия в диапазоне частот от 1 кГц до 500 МГц

Выполнил: студент гр. ФРМ-602-0-07
Наумов А.С.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук,
профессор Бобров П.П.

Аннотация

Диэлектрическая проницаемость - важнейшая электродинамическая характеристика среды (газа, жидкости, твёрдого тела, нейтронного вещества), частицы которой обладают зарядом или магнитным моментом; понятие диэлектрической проницаемости иногда распространяют и на непротяжённые системы (атом, ядро, нуклоны). Диэлектрическая проницаемость описывает как внутренние свойства среды (спектр возбуждений, взаимодействие частиц), так и результат воздействия на неё внешних зарядов или токов (неупругое рассеяние заряженных частиц, прохождение электромагнитных волн). Диэлектрическая проницаемость содержится в материальных уравнениях, которые дополняют систему Максвелла уравнений, делая её замкнутой.

Актуальность

Измерение диэлектрических свойств материалов в широком диапазоне частот требуется во многих областях фундаментальных и прикладных исследований. Диэлектрические спектры служат инструментом исследования физико-химических свойств материалов. Эти измерения необходимы для контроля качества продукции в промышленности, для диагностического применения в области биомедицины, в радиоэлектронике и антенной технике.

При разработке принципиально новых радиоэлектронных устройств требуются новые материалы с заданными электрическими характеристиками для использования в печатных платах, подложках для микрополосковых антенн, антенных куполах и т.п. Во многих случаях, например при разработке защищенных широкополосных антенн, требуется знание характеристик диэлектриков в широкой полосе частот.

Цель: Измерить диэлектрическую проницаемость твёрдых диэлектриков в диапазоне частот от 1 кГц до 500 МГц.

Задачи: Рассмотреть различные методы измерения диэлектрической проницаемости;

Измерить диэлектрическую проницаемость следующих материалов: СТ-10, ПТ-7, стеклотекстолит, Флан-5.

Методы измерения диэлектрической проницаемости

1. Методы определения диэлектрических проницаемостей вещества, основанные на изучении поля стоячей волны в исследуемом диэлектрике;
2. Методы, основанные на рассмотрении волн, отраженных от образца;
3. Методы, основанные на изучении волн, прошедших через диэлектрик.

Методика измерения диэлектрической проницаемости в широкой полосе частот

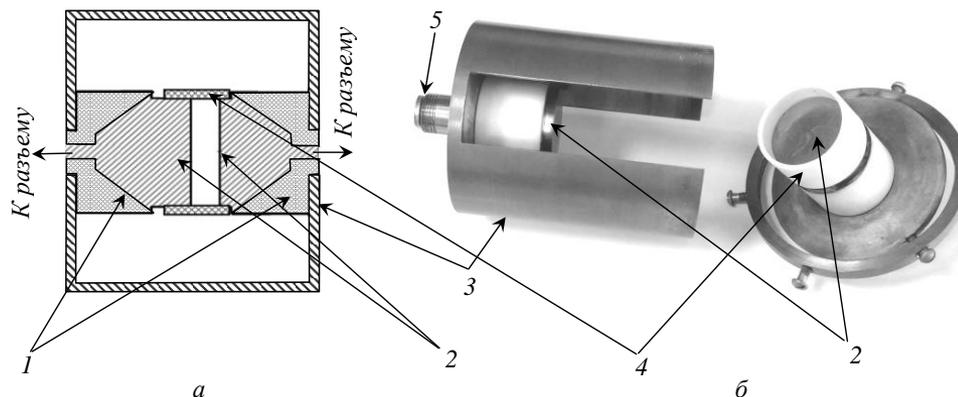


Рис. 1. Эскиз (а) и внешний вид (б) измерительной ячейки. 1 – опорные втулки, 2 – электроды, 3 – корпус, 4 – изолятор, 5 – СВЧ разъем (тип N)



Рис.2. Подключение ячейки к векторному анализатору цепей

Описание экспериментальной установки



2 Рис. 3а



2 Рис. 3б

Вид экспериментальной установки для измерения в диапазоне частот от 0,3 – 500 МГц (а) и в диапазоне 20Гц – 5 МГц (б)

1) Векторный анализатор цепей ZBN 20. 2) Измеряемая ячейка.

3) Анализаторный импеданс.

Результаты измерения диэлектрической проницаемости твёрдых диэлектриков

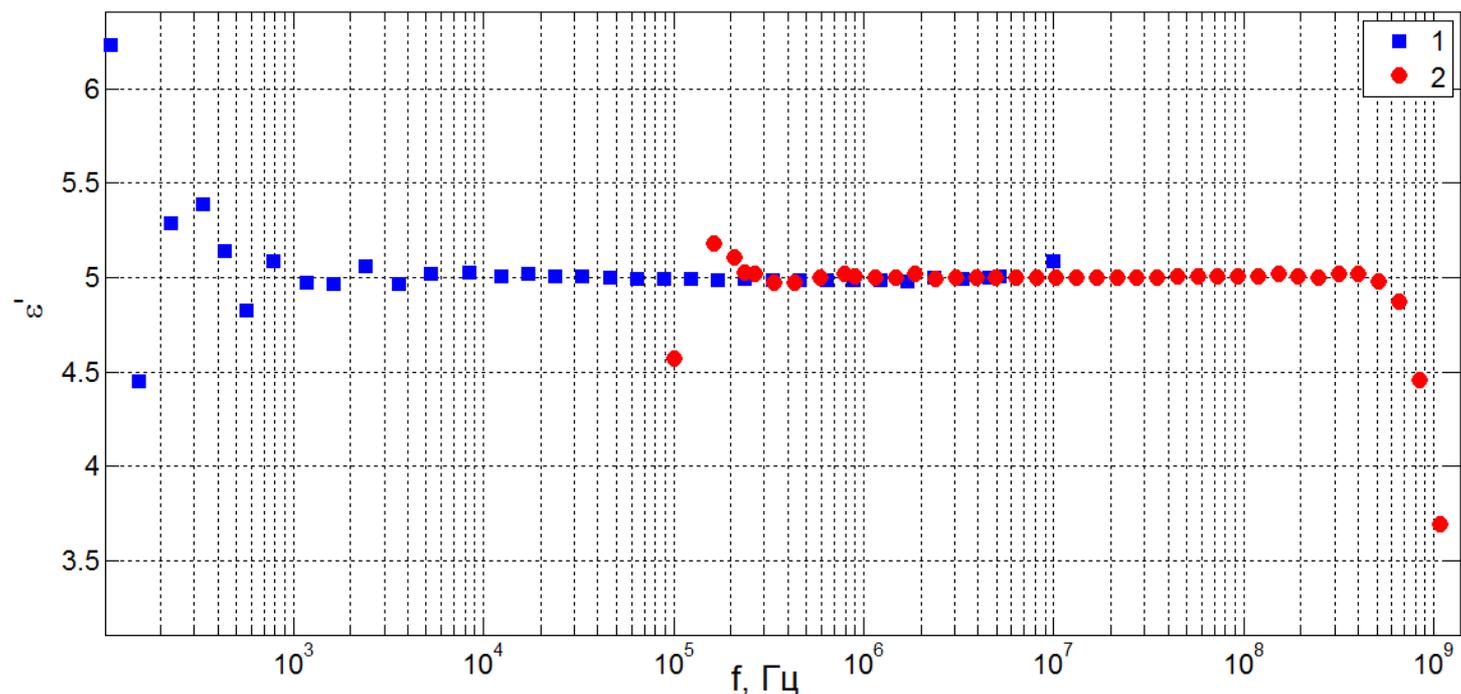


Рис. 4. Результаты калибровки устройства с материалом флан-5 толщиной 10 мм.
1 – экспериментальные данные, полученные с помощью ВАЦ ZNB20;
2 – экспериментальные данные, полученные с помощью измерителя E4990A

Результаты измерения диэлектрической проницаемости твёрдых диэлектриков

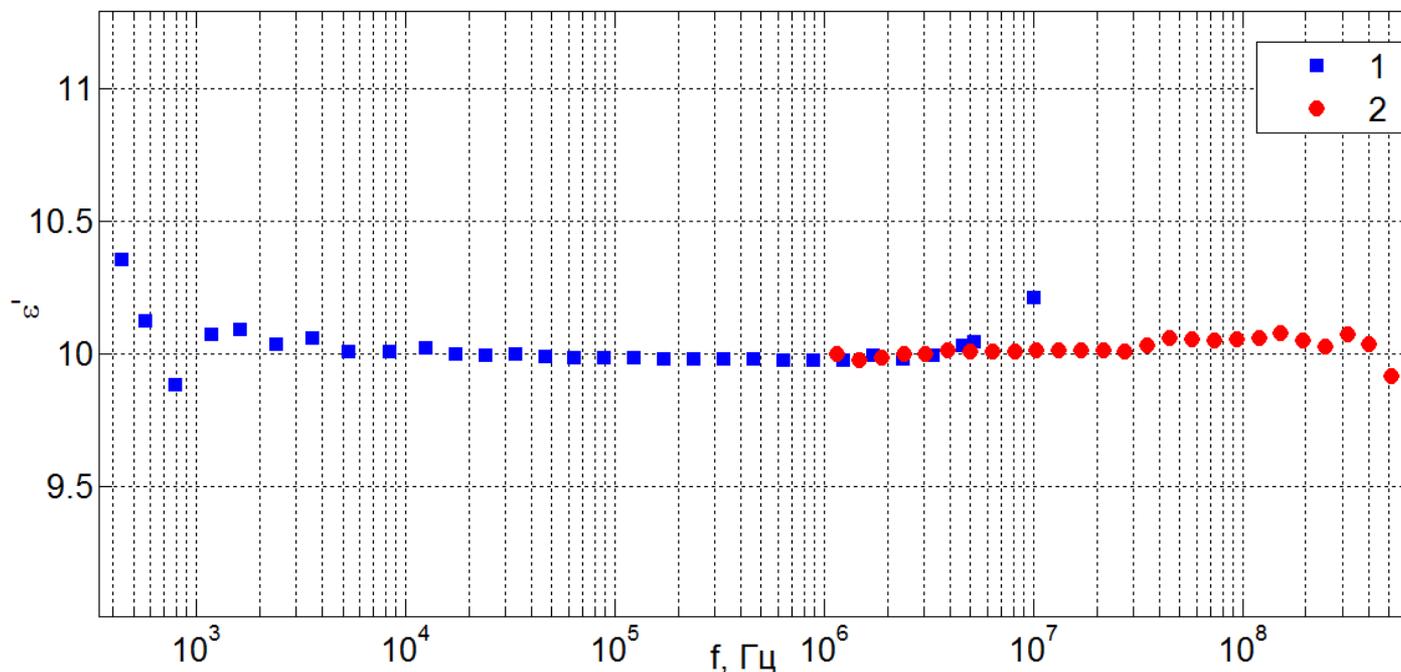


Рис. 5. Результаты калибровки устройства с материалом СТ-10 толщиной 10 мм.
1 – экспериментальные данные, полученные с помощью ВАЦ ZNB20;
2 – экспериментальные данные, полученные с помощью измерителя E4990A

Результаты измерения диэлектриков с неизвестной диэлектрической проницаемостью

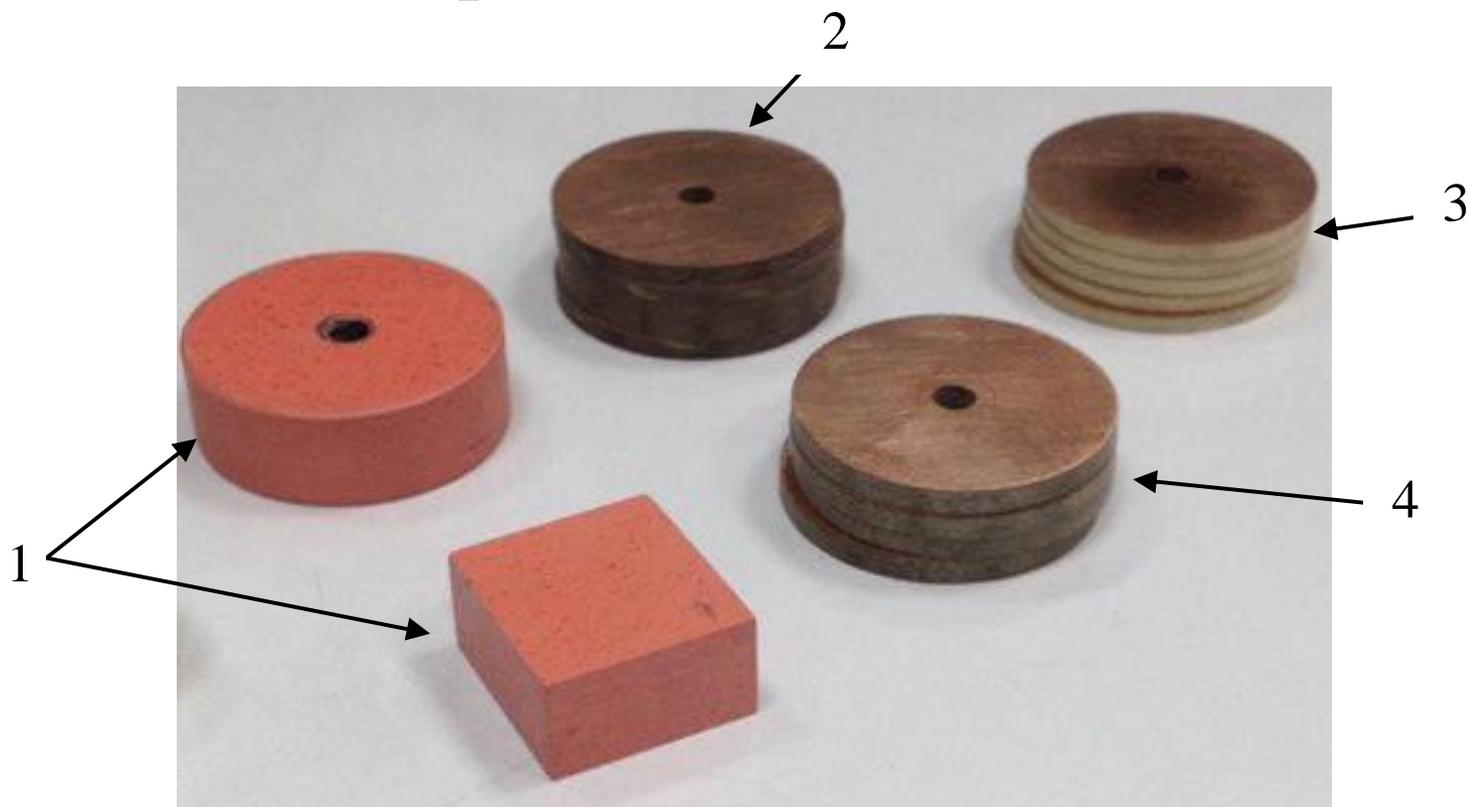


Рис.6. Измеряемые образцы.

1) СТ-10; 2) Флан-5; 3) ПТ-7; 4) Стеклотекстолит.

Результаты измерения диэлектриков с неизвестной диэлектрической проницаемостью

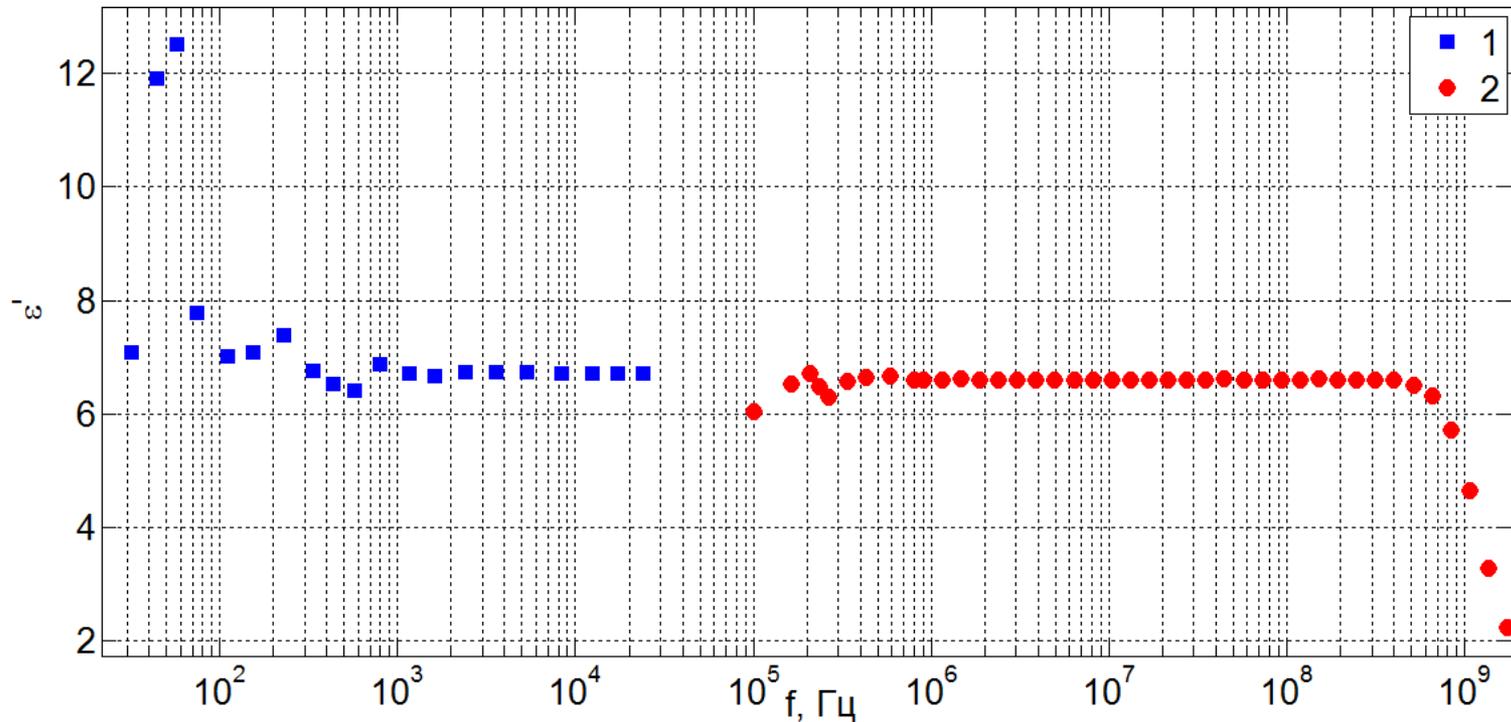


Рис. 7а. Частотная зависимость действительной части КДП материалов
ПТ-7 ,

1 – экспериментальные данные, полученные с помощью ВАЦ ZNB20;
2 – экспериментальные данные, полученные с помощью измерителя E4990A

Заключение

Проведены измерения действительной части КДП твердых диэлектриков с использованием измерительного устройства, позволяющее с хорошей точностью проводить измерения действительной части КДП твердых диэлектриков в широком диапазоне частот. Устройство позволяет производить измерения с помощью двух приборов: анализатора импедансов E4990A и векторного анализатора цепей ZNB 20. За счет этого осуществлено перекрытие по частоте в пять порядков.

Коррекция фазового сдвига и определения краевой емкости производились по диэлектрикам с известными значениями ϵ' . Проведены также измерения твердых диэлектриков меньшей толщины и образцов кернов из пород нефтеносных скважин.

Спасибо за внимание!