



УДК 537.87

Н.А. Дугин, д.ф.-м.н., зав.отделом «НИРФИ ННГУ им.Н.И. Лобачевского», профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,

Т.М. Заборонкова, д.ф.-м.н., профессор ФГБОУ ВО «НГТУ им.Р.Е.Алексеева»

Е.Н. Мясников, д.ф.-м.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕКОМПОЗИТНОЙ АНТЕННЫ L ДИАПАЗОНА

Ключевые слова: волновод, рупорная антенна, поляризация, углекомпозиционные материалы, графеносодержащие вещества

В статье представлены результаты исследований поляризационных характеристик СВЧ-антенны на диапазон 1,6 ГГц, изготовленной из углекомпозиционных материалов с графеносодержащим эпоксисвязующим веществом. Исследованы такие параметры как КСВ и коэффициент эллиптичности в сравнении с металлической антенной – аналогом.

В работе представлены результаты исследований СВЧ-антенн из углекомпозиционных материалов (УКМ). В предыдущих работах [1-3] была показана принципиальная возможность изготовления волноводных антенн из УКМ с характеристиками, идентичными их металлическим аналогам. Исследования проводились на примере УКМ антенн на частотные диапазоны 0,2, 0,6, 1,6 и 5 ГГц; измерялись их коэффициенты стоячей волны (КСВ), диаграммы направленности и амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), которые позволяли оценить изменения коэффициента усиления (КУ) антенн из УКМ.

Особый интерес вызывает влияние возможной (или искусственно созданной) анизотропной проводимости применяемых материалов на параметры антенны; в дальнейшем предполагается использование этого эффекта для формирования нужных характеристик УКМ устройств. Первым этапом этих работ можно считать исследование поляризационных характеристик антенн на основе круглого волновода с поляризационным устройством для создания излучения с круговой (эллиптической) поляризацией. Введение последовательного фазового сдвига в распространяющейся в волноводе волне должно показать влияние анизотропии проводимости стенок, если она имеет существенную величину.

Схема УКМ антенны на 1,6 ГГц с поляризатором приведена на рис. 1а. Возбуждающее устройство 1 состоит из двух ортогональных диполей, повернутых на 45° относительно штырей поляризатора 2 (рис. 1б, вид вдоль оси), отсчет углов при измерениях проводился от вертикальной оси. Для предварительной настройки антенн использовались пластины 3, расположенные между диполями и первыми штырями поляризатора.

Исследования поляризационных характеристик УКМ-антенны и ее металлического аналога проводились в лабораторных условиях; в качестве излучателя сигнала использовался генератор R&S SMB 100A и эталонная антенна П6-23А на опорно-

поворотном устройстве с тремя степенями свободы, для измерения уровня принимаемого сигнала использовался радиометр ПК7-17.

Графики поляризационной зависимости сигнала от угла поворота одной антенны относительно оси симметрии близки к синусоидальным, что свидетельствует о линейной поляризации излучаемого и принимаемого сигналов (антенны без поляризационных элементов, т.е. возбуждается основная мода ТЕМ типа).

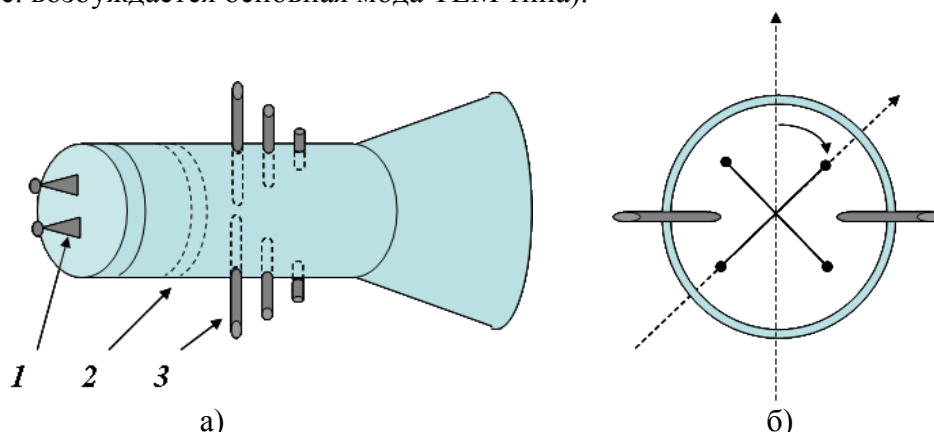


Рис. 1. Схема исследованной рупорной антенны.

Коэффициенты стоячей волны (КСВ) двух антенн без поляризаторов на двух ортогональных поляризациях (П1, П2) показаны на рис. 2; видно, что для металлической антенны зависимость от частоты имеет ярко выраженный резонансный характер. Рабочая зона (КСВ менее 1,4) для обеих антенн примерно одинакова (1550 – 1700 МГц), минимальные значения КСВ - менее 1,1.

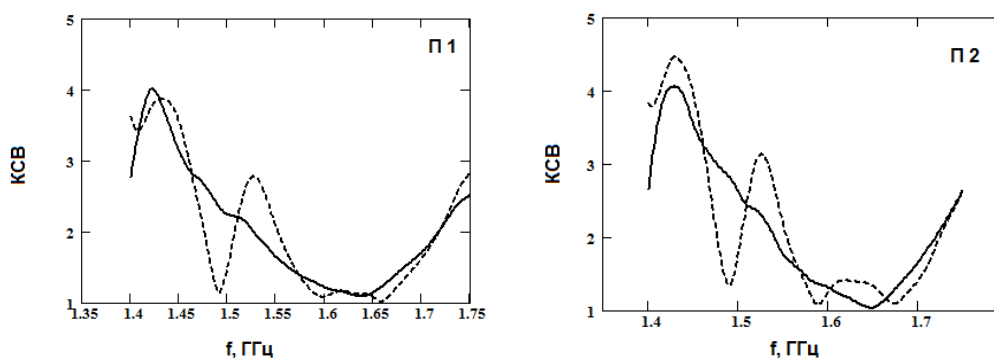


Рис. 2. КСВ антенн без поляризационных элементов, сплошная линия – КСВ УКМ антенны, пунктир – металлической.

Коэффициенты стоячей волны двух антенн для эллиптически поляризованных волн на двух поляризациях (П1, П2) показаны на рис. 3. Видно, что характер зависимости КСВ от частоты сохранился, рабочие зоны несколько сместились, минимальные значения КСВ также менее 1,1. Для исследований были выбраны пять частот в диапазоне 1550 -1650 МГц.

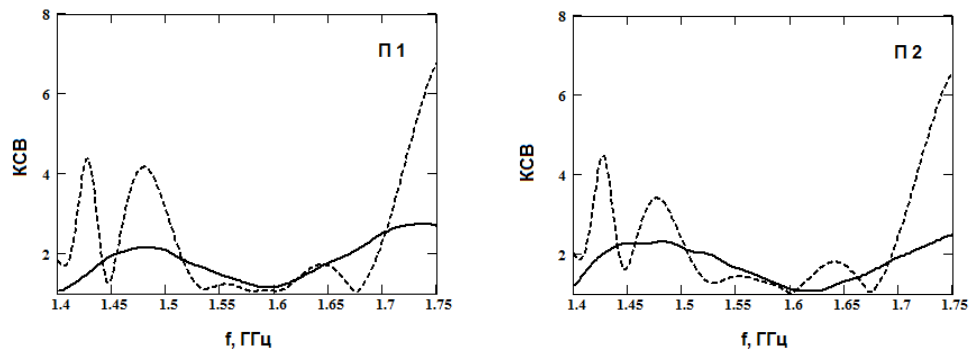


Рис. 3. КСВ антенн с поляризаторами, сплошная линия – КСВ УКМ антенны, пунктир – металлической.

Ниже приведем результаты измерений поляризационных характеристик двух антенн: УКМ – рис. 4, металлической – рис. 5. На рис. 4а приведены зависимости амплитуды сигнала УКМ антенны на двух поляризациях от угла поворота излучающей антенны на частотах 1550 (сплошная линия) и 1575 МГц (пунктир), на рис. 4б – для частот 1600 (сплошная), 1625 (пунктир) и 1640 МГц (штрих-пунктир).

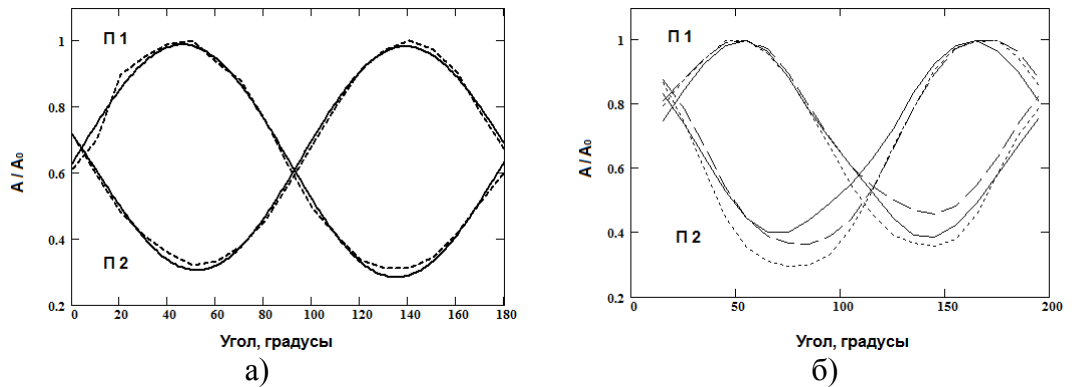
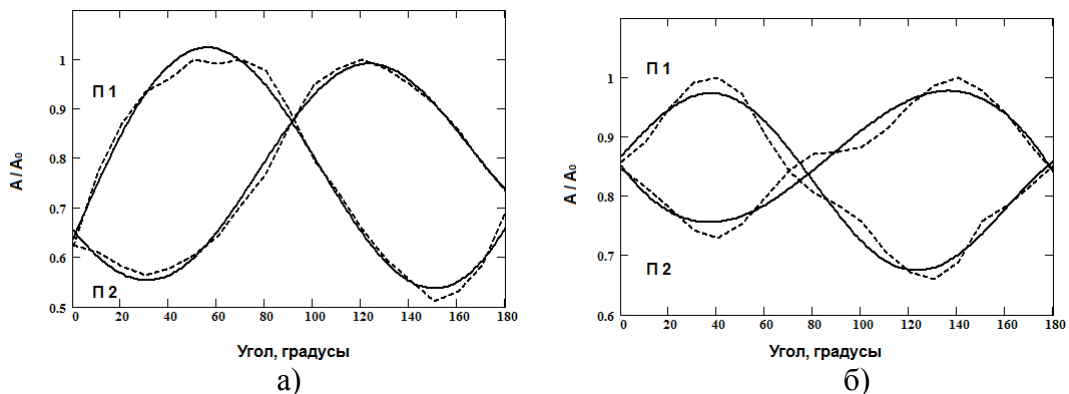


Рис. 4. Зависимость амплитуды сигнала УКМ антенны от угла поворота излучающей антенны на различных частотах.

На рис. 5 приведены зависимости амплитуды сигнала металлической антенны от угла поворота излучающей антенны на частотах 1550, 1600, 1625 и 1640 МГц (измеренные – пунктир и аппроксимированные синусоидальной функцией - сплошная линия).



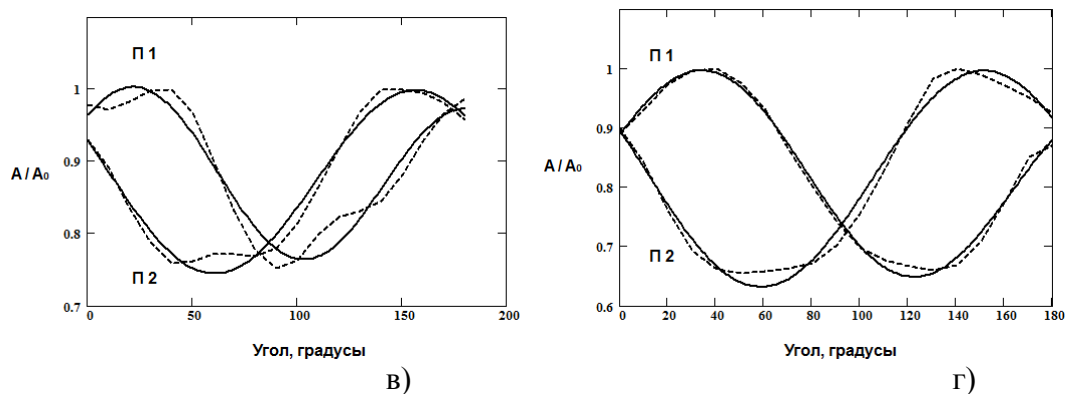


Рис. 5. Зависимость амплитуды сигнала металлической антенны от угла поворота излучающей антенны на различных частотах

Из приведенных графиков видно, что зависимости сигнала от поворота поляризации для УКМ антенны более гладкие (практически синусоидальные), коэффициент эллиптичности $K_{элл}$ (отношение минимума сигнала к максимуму) близок к 0.4 и слабо зависит от частоты. Для металлической антенны коэффициент эллиптичности меняется в пределах 0,55 - 0,8 и максимален в центре рабочего диапазона; кроме того на этих частотах сигнал нестабилен по амплитуде. Получено также, что есть незначительные несовпадения (для двух антенн) зависимости изменения $K_{элл}$ от частоты. Эти эффекты определяются, скорее всего, индивидуальными особенностями поляризаторов и системы настройки (возбуждающие диполи были одними и теми же). Однако, различия между $K_{элл}$ достаточно велики, что позволяет заключить о влиянии анизотропности проводимости стенок волновода на распространение волны в УКМ волноводе.

Таким образом, при исследованиях поляризационных характеристик СВЧ антенны из УКМ материалов получены следующие результаты:

- зависимость КСВ УКМ антенны более сглажена по сравнению с металлическим аналогом, т.е. можно считать ее более широкополосной;
- коэффициент эллиптичности УКМ антенны в диапазоне 1,5-1,65 ГГц лежит в пределах 0,35-0,45 и почти вдвое меньше, чем у металлического аналога. Это обстоятельство можно объяснить влиянием неизотропности проводимости УКМ стенок круглого волновода, являющегося одной из основных частей конструкции рупора исследованной антенны.

Авторы выражают благодарность В.И. Абрамову за ценные обсуждения рассмотренной проблемы и М.Б. Нечаевой за помощь в работе.

Список литературы:

- [1] Tatyana Zaboronkova, Nikolai Dugin, Evgenii Myasnikov. Microwave Horn Antenna Made of a Graphene-Containing Carbon Composite Material / International conference EuCAP'2015. Lisbon, Portugal, 12-17 April 2015. Proc.of EuCAP'2015. P.7228220-1 – 7228220-2.
- [2] Н.А.Дугин, Т.М.Заборонкова, Е.Н.Мясников, В.В.Чугурин. Антенно-фидерное СВЧ устройство из углекомпозитного материала и способ его изготовления / Патент на изобретение № 2577918 (RU 2 577 918 C1) от 20.03.2016 (заявка № 2014136727/28, 09.09.2014), опубл. 20.03.2016, Бюлл. № 8: ил.
- [3] Н.А.Дугин, Т.М.Заборонкова, Е.Н.Мясников. Антенно-волноводные СВЧ-устройства из углекомпозитных материалов / Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42. Вып.12. С. 91-96.