

обеспечивающего заданную дальность его приема, и излучается ненаправленной антенной, установленной на НЗ. Информационный сигнал принимается на судне специализированным приемным устройством (СПУ) и поступает на блок синхронизации, где он сравнивается с зондирующим сигналом промежуточной частоты $f_{\text{пр}}$ РЛС. Блок синхронизации формирует метку, позволяющую обозначить принятый от НЗ сигнал на индикаторе РЛС. Далее информационный сигнал поступает в информационный блок (ИБ), где детектируется и из него выделяются заложенные в нем данные о позиции НЗ. Сведения о позиции НЗ, получаемые от судов, проходящих по маршруту, поступают через систему АИС или Интернет в диспетчерские пункты, где формируются соответствующие базы данных, содержащие информацию о пространственном положении каждого НЗ, установленного на маршруте судового хода. Предлагаемый радиолокационный комплекс на основе двухканальной судовой РЛС, позволяет проводить позиционирование навигационных знаков в реальном времени, а также получать дополнительную информацию о навигационной обстановке, необходимую для обеспечения безопасности судоходства на внутренних водных путях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-02-97035 а).

Список литературы:

- [1] Лобанов В.А. Системы радионавигации. Н.Новгород, ВГАВТ, 2008, 124 с.
- [2] Добровольский В.С., Букварев Е.А., Мясников Е.Н., Тараканков С.П., Заборонкова Т.М. Проведение исследований по практическому применению нелинейных рассеивателей электромагнитных волн для определения положения и границ судового хода на внутренних водных путях // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2011. №29. С. 62–66.
- [3] Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н., Тараканков С.П., Чугурин В.В. Применение нелинейных рассеивателей для обнаружения объектов в сложных радиолокационных условиях // Вопросы радиоэлектроники серия РЛТ. 2013. вып.1. С. 74–79.

Н.А. Дугин, Т.М. Заборонкова, В.В. Чугурин
ФГБНУ «НИРФИ»
Е.Н. Мясников
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

РАЗРАБОТКА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ УГЛЕКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Углекомполитные материалы являются научно-технологической основой для создания широкого спектра различных радиотехнических приборов и покрытий, обладающих заданными электромагнитными свойствами. Прежде всего, речь идет о таких параметрах как проводимость, диэлектрическая проницаемость, а также их анизотропных и дисперсионных характеристиках, зависящих от используемого диапазона частот. Введение мультиграфеновых структур в связующий полимер позволяет существенно менять электромагнитные параметры композита. При этом анизотропные свойства материалов на мезо и макро масштабах, начиная с миллиметрового диапазона длин радиоволн до метрового, обусловлены пространственной ориентацией углеродных нитей в углекомполите. На мезо и микро масштабах дисперсионные свойства композитов обусловлены существованием фрактальных кластеров, образованных графеноподобными углеродными структурами.

Один из основных методов синтеза графеноподобных материалов базируется на процессе интеркалирования природного графита с последующим термическим рас-

ширением в индукционных печах и расщеплением слоев графита. Однако при таком способе в полученном веществе (терморасширенном графите) доля собственно графеновых пленок составляет не более 0,1 %, что объясняется с одной стороны недостаточной степенью интеркалированности графита и с другой стороны малой скоростью термической деструкции вещества.

Авторами была разработана установка, состоящая из электромеханического реактора для интеркалирования графита под давлением, блока СВЧ-генератора, резонансной камеры с регулируемым уровнем поглощения СВЧ излучения в среде аргона высокой чистоты. Проведенные эксперименты показали высокую степень интеркалированности графита и существенно большую эффективность поглощения микроволновой энергии частицами вещества и как следствие более высокую скорость нагрева в процессе взаимодействия с высокочастотным электромагнитным полем. Полученное вещество состоит из мультиграфеновых структур толщиной (10–20) нм, несвязанных графеновых пленок, волокнообразных структур длиной от 0,1 до 2,0 мм и эффективным диаметром от 0,001 до 0,03 мм, частиц кристаллитов и аморфного углерода. Удельная поверхность вещества достигает (700–900) м²/г при насыпной плотности 1,6 кг/м³. После динамической сепарации и обработки полученного вещества в ультразвуковой камере мультиграфеновых структур были диспергированы в полимерной матрице.

Полученное вещество обладает высокой локальной проводимостью и способностью образовывать двух и трехмерные связные структуры (мультифрактальные кластеры) состоящих из нескольких атомных слоев (в том числе из одного) с поперечными размерами в несколько десятков микрометров, пригодных для исследования их механических, оптических и электронных свойств.

Были исследованы поляризационные свойства мультиграфеновых структур в зависимости от концентрации связующего вещества (полимера) в сантиметровом диапазоне длин волн (3–10) см. С помощью анализатора спектра измерялись амплитуды как прошедшей, так и отраженной волны от графеносодержащего композита. Исследовался случай нормального падения электромагнитной волны на композит. Было обнаружено наличие анизотропии при повороте пленки в плоскости перпендикулярной направлению распространения волны. Коэффициент поляризации по амплитуде при повороте пленки на 90 градусов составлял (20–30)% в зависимости от концентрации вещества. При этом проводимость углекомпозитного материала в указанном частотном диапазоне может достигать 10⁶ См⁻¹.

Изделия из композитных материалов долговечны и имеют низкий удельный вес. Поэтому с целью уменьшения веса, увеличения прочности изделия, улучшения физико-механических и электродинамических свойств был изготовлен модельный образец рупорной антенны из углекомпозитного материала. Измерение коэффициента согласования волноводной части антенны показало, что при определенных условиях он мог достигать единицы. Было показано, что для эффективного излучения поперечной волны Н₀₁, распространяющейся в прямоугольном волноводе (и соответствующей Н-волны в круглом цилиндрическом волноводе) [1], необходимо, чтобы углеродные волокна углекомпозитного материала в рупорной части антенны располагались в плоскости перпендикулярной к оси волновода. При продольном расположении углеродных волокон (т.е. параллельно оси волновода), наблюдалось резкое уменьшение значения коэффициента согласования при возбуждении указанных типов волн. Этот результат объясняется анизотропными свойствами используемого композитного материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-02-97035 а).

Список литературы:

[1] Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. Изд. Сов. Радио. М. 1957.