

Исследование электромагнитных характеристик рефлекторов из углекомпозитного материала для дипольных антенных систем

Г.Р. Беляев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта», 603005, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5. Welles16@yandex.ru

В данной работе исследована возможность изготовления рефлекторов из углекомпозитных материалов с применением графеносодержащего эпоксисвязующего для направленных дипольных антенн. Были изготовлены модельные образцы рефлекторов из углекомпозитного материала, измерены характеристики дипольных антенн диапазонов 530 МГц и 1040 МГц с такими рефлекторами и проведено сравнение полученных характеристик с характеристиками антенн, в которых применяется металлический рефлектор. Дана оценка эффективности и работоспособности предлагаемых решений и предложены варианты для дальнейшего совершенствования технологии изготовления сверхлегких высокопрочных углекомпозитных компонентов антенных систем.

The reflectors from carbon composite materials with graphene-containing epoxy-binding substance manufacturing possibility for directional dipole antennas were investigated in this work. Reflectors model samples were made from carbon composite materials, 530 MHz and 1040 MHz bands dipole antennas characteristics were measured with such reflectors, and the obtained characteristics were compared with metal reflectors antennas characteristics. An assessment of the effectiveness and efficiency of the proposed solutions was given, and options for further improving the manufacturing technology of ultra-light high-strength carbon composite components of antenna systems were proposed.

Введение

Современный темп развития радиоэлектроники диктует острую необходимость в поиске альтернативных материалов для создания высокопрочных и сверхлегких антенных систем, способных выдерживать эксплуатацию в крайне суровых погодных и климатических условиях. Применяемые в настоящее время в качестве конструкционных материалов металлы для создания антенно-фидерных устройств – алюминий, медь, сталь, и их сплавы хорошо себя зарекомендовали, их электромагнитные свойства хорошо изучены, а технологии их обработки отработаны. Однако, присущие им относительно высокий вес, низкая коррозионная стойкость, особенно в условиях агрессивных сред, низкая температурная стабильность стимулируют к поиску альтернативных материалов для создания радиочастотных элементов антенно-фидерных устройств и систем. Для изготовления, как отдельных элементов, так и целостных антенных систем предлагается применять материалы на основе углерода. Ранее была показана принципиальная возможность применения и работоспособность углекомпозитных материалов (УКМ) в антенной технике. Данная работа направлена на более детальное изучение электромагнитных свойств антенн, радиочастотные элементы которых изготовлены по различным технологиям и для различных частотных диапазонов.

Изготовление рефлекторов антенных для систем из УКМ

Для исследования возможности создания рефлекторов дипольных антенн на диапазоны 530 МГц и 1040 МГц были изготовлены заготовки круглой формы из непроводящего ABS пластика, по геометрическим размерам повторяющие эталонные металлические аналоги. Для антенны диапазона 1040 МГц дополнительно был

изготовлен рефлектор эллиптической формы, повторяющий размеры заводского металлического аналога. Для придания прочности конструкции использовалось эпоксисвязующее вещество с добавлением графеноподобных структур. В качестве УКМ использовалась ткань, изготовленная из нити марки Zoltek rapax 35 (50К) с переплетением волокон под углом в 90 градусов. Общий вид антенны с установленным УКМ рефлектором эллиптической формы представлен на Рис.1.

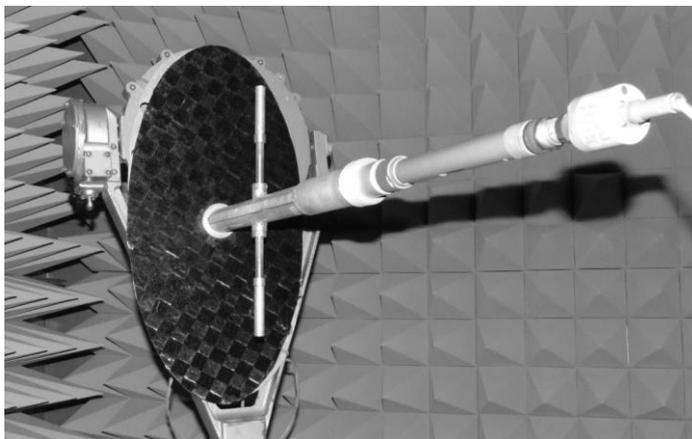


Рис. 1. Исследования электромагнитных характеристик УКМ рефлекторов.

Для исследования электромагнитных характеристик УКМ рефлекторов применялись эталонные дипольные антенны-облучатели больших зеркал на диапазоны 530 МГц и 1040 МГц. Исследования характеристик рефлекторов проводилось путем их последовательной замены. Результаты исследования амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и диаграммы направленности (ДН) антенн диапазона 530 МГц с разными рефлекторами круглой формы представлены на графике (Рис.2 (а) и Рис. 2 (б) соответственно). Сплошной линией представлена характеристика антенны с металлическим рефлектором, а пунктирной линией – характеристика антенны с УКМ рефлектором.

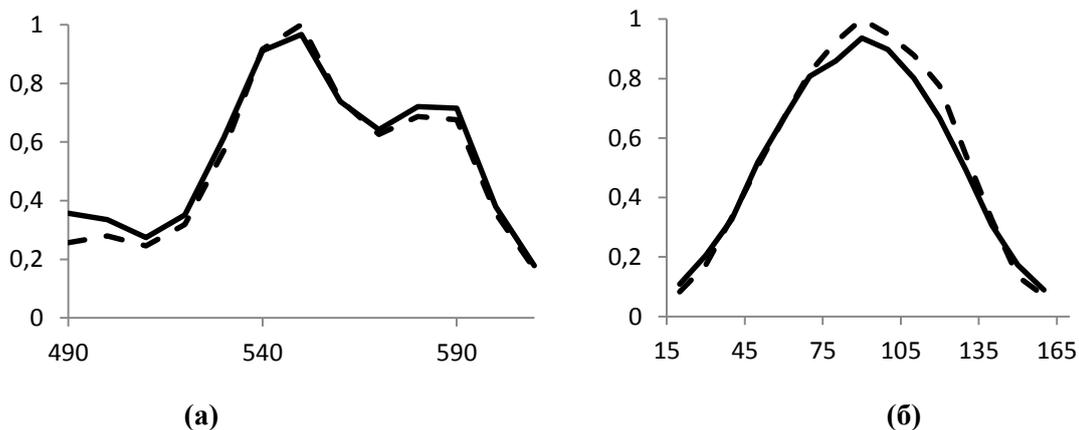


Рис. 2.

В результате анализа полученных данных видно, что кривые АЧХ для дипольных антенн диапазона 530 МГц с металлическим и УКМ рефлекторами оказались близки. Существенных различий в ширине главного лепестка ДН так же не обнаружено.

Следующим этапом в исследовании было измерение электромагнитных характеристик для антенн диапазона 1040 МГц с металлическим и УКМ рефлекторами круглой формы. Диаграммы АЧХ и ДН для таких антенн с рефлекторами круглой формы представлены на Рис. 3 (а) и Рис.3 (б) соответственно.

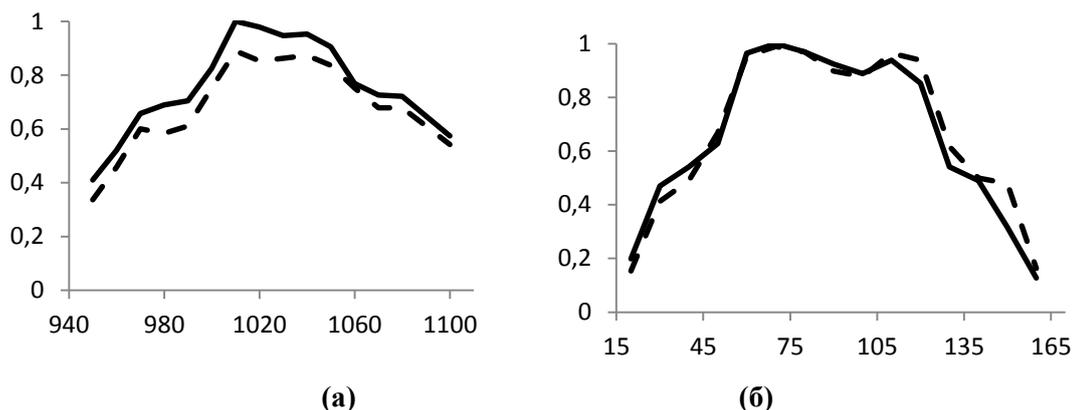


Рис. 3.

Характеристики АЧХ для антенн с рефлекторами, изготовленными по разным технологиям так же, как и для диапазона 530 МГц, оказались «изрезаны». Однако здесь наблюдается незначительное расхождение в величине коэффициента усиления, и производительность антенны с металлическим рефлектором оказалась немного выше антенны с УКМ рефлектором. Вероятно, это обусловлено влиянием неровности поверхности УКМ рефлектора из-за несовершенства технологии изготовления. И, если в диапазоне более низких частот неровность поверхности не оказывала существенного влияния на характеристики антенны, то в области более высоких частот такое влияние оказывается более выраженным. Существенных различий в ширине главного лепестка ДН обнаружено не было. Дополнительно были проведены измерения характеристик для антенн диапазона 1040 МГц с эллиптическими рефлекторами, результаты измерений АЧХ представлены на Рис. 4(а), а результаты измерения ДН на Рис.4 (б).

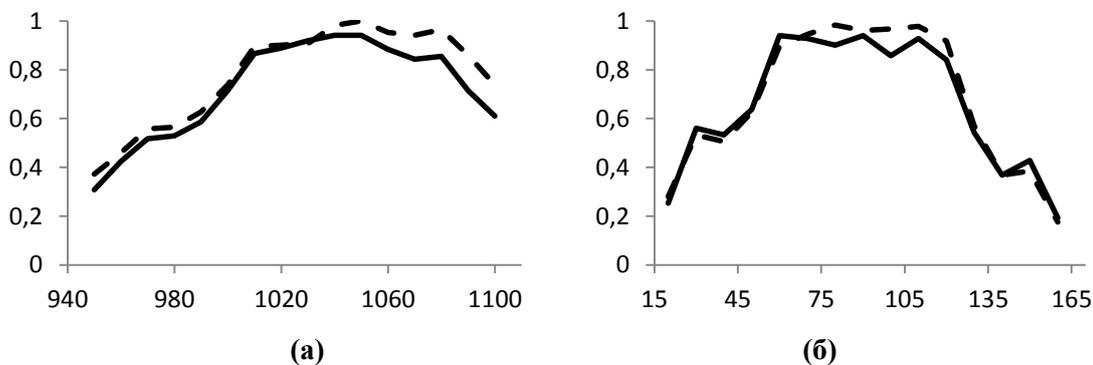


Рис.4.

Для эллиптических рефлекторов наблюдается незначительное расхождение кривых АЧХ, что вероятно вызвано конструкцией металлического рефлектора, а именно – наличием отверстий для снижения ветровой нагрузки. На УКМ рефлекторе такие отверстия отсутствуют. Существенных различий в ширине ДН не наблюдается. Стоит отметить «провал» в центре главного лепестка ДН для антенных систем в диапазоне 1040МГц для всех вариантов исполнения рефлекторов. Данный эффект вызван особенностью конструкции антенн. Искажение в характеристике ДН вызывает металлическая крепежная штанга, которая расположена непосредственно перед излучающими диполями и, вероятнее всего, именно она вносит искажения в характеристику ДН.

Заключение

В результате данной работы были изготовлены рефлектора из УКМ для антенных систем на частотные диапазоны 530 МГц и 1040МГц и проведены измерения их основных электромагнитных параметров - АЧХ и ДН, а так же проведено сравнение с такими параметрами для полностью металлических эталонных антенн. После оценки полученных данных можно судить о работоспособности предлагаемых решений. Углекомполитные рефлектора показывают результаты, сравнимые с результатами для металлических рефлекторов. Небольшое расхождение в АЧХ для высокочастотных антенн вызвано, предположительно, неровностью рабочей поверхности рефлектора, так как в диапазоне более низких частот данный эффект не наблюдается. В связи с этим предлагается использовать УКМ материалы для создания рефлекторов направленных антенных систем. С применением предлагаемых материалов в антенной технике становится возможным создание сверхлегких, высокопрочных рефлекторов направленных дипольных антенн с большим сроком службы, параболических зеркал и элементов фазированных антенных решеток. Для повышения характеристик углекомполитных рефлекторов антенных систем предлагается применять технологию вакуумного формования и оптимизировать концентрацию графеноподобных структур в связующем веществе для достижения наилучшей проводимости эпоксисвязующего.

Литература

1. Дугин Н.А., Беляев Г.Р. Разработка СВЧ устройств из углекомполитных материалов // Материалы XXIII международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии ИСТ-2017», с.1229-1232, ISBN 978-5-9902087-8-0.
2. Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н., Беляев Г.Р. Электродинамические характеристики рупорных СВЧ антенн из графеносодержащих углекомполитных материалов // ЖТФ – 2018 - Т. 88, вып.2 - С. 276-282.
3. Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н., Беляев Г.Р., Лобастов В.В. Электродинамические характеристики вибраторных СВЧ антенн из графеносодержащих углекомполитных материалов // Радиотехника и электроника – 2018 - Т. 63, № 8 - С. 790-794.
4. Dugin N.A., Belyaev G.R., Zaboronkova T.M., Lobastov V.G.. Polarization characteristics of graphene-containing composite horn antenna. Proceedings of the International Conference “Days on Diffraction 2018” / ed. by Motygin O.V., Kiselev A.P., Goray L.I., St-Peterburg University, 2018. – P. 88-92.