

СВЧ-КОМПОЗИТНЫЕ СТРУКТУРЫ В АНТЕННАХ И АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ

Волков А. П., Ильин Е. В.

МАИ (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия.

Композитные структуры (от лат. *compositio* – составление) представляют собой искусственно созданные неоднородные сплошные материалы, состоящие из двух или более компонентов с четкой границей раздела между ними.

Свойства композиционных структур обусловлены не столько свойствами составляющих их элементов, сколько искусственно созданной периодической или аperiodической структурой.

В работе представлена (условная) классификация композитных структур. Можно выделить три структуры: структуры с электромагнитной запрещенной зоной, искусственные композитные структуры и частотно-селективные структуры.

Композитные структуры позволяют изменять поверхностный импеданс, подавлять поверхностные волны, управлять фазой коэффициента отражения, создавать низкопрофильные антенны и антенные решетки и контролировать их диаграмму направленности и эффективность излучения. Используются при создании адаптивных поверхностей, миниатюризации СВЧ-резонаторов, разработке новых волноводных устройств, для электромагнитной защиты, в качестве частотно-селективных и волноводных фильтров.

В работе исследованы структуры с электромагнитной запрещенной зоной позволяющие улучшать характеристики антенн и антенных решеток. В частности:

□ Проведен анализ композитной структуры типа «грибы» на основе аналитической модели и методом полуволнового моделирования. Представлены зависимости фазы коэффициента отражения от композитной структуры от частоты и влияния основных параметров. Показано, что на низких частотах, структура ведет себя импедансная индуктивная поверхность, а на высоких, – как емкостная. На резонансной частоте фаза коэффициента отражения равна нулю и изменяется от $+90^\circ$ до -90° в рабочей полосе частот.

□ Рассмотрена низкопрофильная поверхность для печатных антенн с технологически реализуемыми размерами. В частности, показано, что используя выбранную композитную структуру с высоким импедансом, можно уменьшить расстояние от излучателя до проводящего экрана в 6-7 раз (с 75 мм до 11.6 мм) по сравнению с типичным размещением излучателя над проводящим экраном.

□ Показано что, располагая печатную вибраторную антенну над выбранной композитной структурой удается расширить полосу с 10% до 30% по уровню $K_{CB}=2.5$ по сравнению с печатным вибраторным излучателем над проводящим экраном.

□ Приведены результаты численного моделирования основной характеристики выбранной структуры с электромагнитной запрещенной зоной (в зоне Бриллюэна) – дисперсионной диаграммы характеризующей зависимость волнового числа от частоты. Представлены дисперсионные диаграммы позволяющие обнаружить зону, в которой происходит подавление поверхностной волны и, следовательно, отсутствует явление ослепления в антенной решетке.

□ Рассмотрен эффект ослепления печатных антенных решеток на диэлектрической подложке с экраном. Последовательно получена функция Грина, при возбуждении диэлектрической подложки с экраном одиночным векторным источником тока с x -ой компонентой и решеткой излучателей. Представлены графики,

позволяющие определить постоянную распространения поверхностных волн в диэлектрической подложке с экраном. Приведена формула, позволяющая аналитически вычислить угол ослепления антенной решетки.

□ Проведено численное моделирование методом конечных элементов для сканирующих печатных вибраторных антенных решеток расположенных на диэлектрической подложке и на подложке с электромагнитной запрещенной зоной. Расстояние между элементами $AP \ 0.4995\lambda$. Рассмотрены два диэлектрика: с $\epsilon=2.2$ и $\epsilon=4.5$. Для подложки с $\epsilon=2.2$ показан эффект подавления поверхностной волны возникающей в диэлектрической подложке при отклонении луча на 59° , а также уменьшение поперечных размеров антенной системы на 55% (с 45.254 мм до 25 мм). Для подложки с $\epsilon=4.5$ показан эффект подавления поверхностной волны возникающей в диэлектрической подложке при отклонении луча на 35° , а также уменьшение поперечных размеров антенной системы на 47.9% (с 37.407 мм до 17.891 мм).