

# ГОМОГЕНИЗАЦИЯ КОМПОЗИТОВ И МЕТАМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УСРЕДНЕННЫХ МАТРИЦ РАССЕЯНИЯ

С. В. Малый

Белорусский государственный университет, Минск

Для описания электромагнитных свойств композитов и метаматериалов на практике широко используются эффективные материальные параметры (диэлектрическая и магнитная проницаемости, коэффициенты киральности и невзаимности). В общем случае эффективные электромагнитные параметры являются тензорными величинами, что усложняет задачу их определения по результатам натурального или вычислительного экспериментов, а также последующего использования при решении прикладных задач.

Рассматривается новый подход к описанию эффективных материальных параметров структурно неоднородных сред, основанный на использовании матриц рассеяния. Электромагнитные свойства фрагмента композита, имеющего форму прямоугольника (для двухмерных задач) или прямоугольного параллелепипеда (для трехмерных задач), описываются с помощью усредненной матрицы рассеяния.

Рассмотрены алгоритмы расчета элементов усредненных матриц рассеяния, базирующиеся на методе минимальных автономных блоков и методе конечных элементов. Усредненная матрица рассеяния трехмерного неоднородного блока имеет двенадцатый порядок. Для двухмерных задач порядок усредненной матрицы рассеяния равен четырем. По информативности усредненные матрицы рассеяния не уступают тензорному представлению электромагнитных параметров для произвольных бианизотропных сред.

Усредненные матрицы рассеяния могут использоваться для решения электродинамических задач методом минимальных автономных блоков наряду с обычными блоками с однородным заполнением.

Эффективность и точность предлагаемой методики гомогенизации иллюстрируют задачи дифракции плоской электромагнитной волны на плоских слоях метаматериалов. В качестве структурных элементов метаматериалов рассмотрены: металлодиэлектрические ленты, диэлектрические брусья и кубические частицы, замкнутые и разомкнутые металлические кольца, маловитковые спирали.

Исследована зависимость элементов усредненных матриц рассеяния от частоты, внутренней структуры и состава метаматериалов.