

Материал, в научно-популярной форме иллюстрирующий основные результаты проекта №18-07-01049 «Теоретические и экспериментальные исследования методов восстановления радиоголограмм объектов, заглубленных в сложных неоднородных средах», полученные в 2019 году

В последние годы технология радиовидения (метод интроскопии, позволяющий с помощью радиоволн получать изображения объектов, находящихся в оптически непрозрачной среде) успешно используется для неразрушающего контроля диэлектрических материалов, используемых в ракетно-космической промышленности, в частности, теплоизоляционных покрытий ракетных баков для криогенного топлива. При этом решение обратной задачи рассеяния осложняется из-за наличия металлической поверхности бака, являющейся для электромагнитных волн идеальным отражателем.

В данном проекте для восстановления внутренней структуры теплоизоляционного покрытия разработан метод, основанный на итеративном методе Гаусса–Ньютона с использованием функции Грина, учитывающей наличие металлической поверхности.

Эксперименты проводились с помощью радиолокационной системы, работающей по инверсной схеме синтезирования апертуры: антенна остается неподвижной, а двумерный электро-механический сканер перемещает мимо нее обследуемый образец. Тестовый объект (крест из оргстекла, рис. 1) был помещен между двумя листами пенополиуретана, под которыми находился алюминиевый лист (рис. 2).

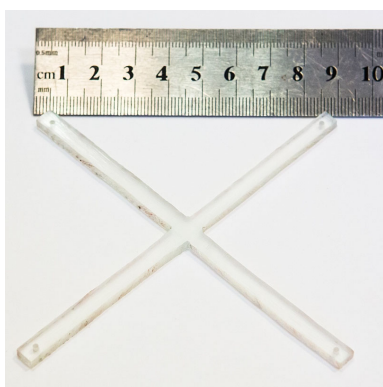
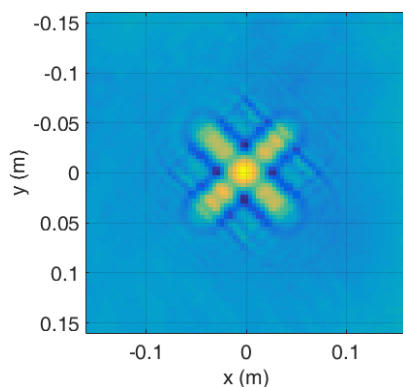


Рис. 1. Тестовый объект

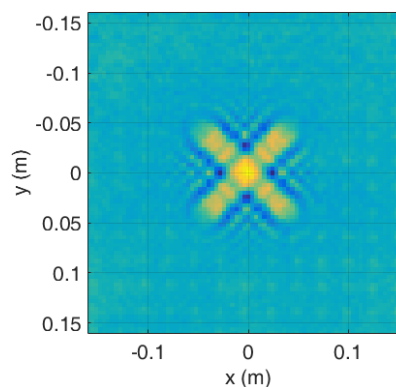


Рис. 2. Экспериментальная установка

Радиоголограмма из 81×81 выборок, расположенных с шагом 4 мм по обеим осям, была зарегистрирована на частоте 23.2 ГГц (рис. 3а). Для оценки вклада в радиоголограмму переотражений между объектом и металлическим листом, вторая радиоголограмма (рис. 3б) была зарегистрирована в однородном полупространстве, для чего металлический лист был заменен радиопоглощающим покрытием.



а) полупространство, ограниченное металлическим листом

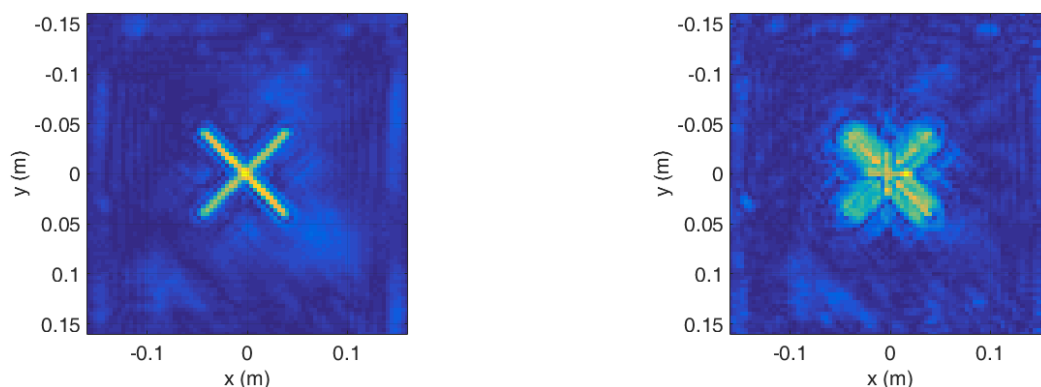


б) однородное бесконечное полупространство

Рис. 3. Радиоголограммы (действительные части) тестового объекта

Сравнивая рис. 3а и 3б, можно убедиться, что радиоголограмма, соответствующая случаю с металлическим листом, имеет более богатую интерференционную картину, вызванную переотражениями между тестовым объектом и листом металла. Периодически расположенные темные пятна на рис. 3б — это отражения от вершин пирамид, из которых состоит радиопоглощающее покрытие.

Использование при восстановлении радиоголограммы на рис. 3а функции Грина, соответствующей наличию металлического листа, позволяет получить хорошо сфокусированное восстановленное радиоизображение объекта (рис. 4а). Для сравнения, на рис. 4б приведено радиоизображение, восстановленное с использованием функции Грина для свободного пространства, на котором хоть и видна крестообразная форма объекта, но разрешение существенно хуже, что ясно демонстрирует необходимость использования функции Грина, соответствующей геометрии сцены зондирования.



а) при восстановлении *учитывается* наличие металлической плоскости

б) при восстановлении *не учитывается* наличие металлической плоскости

Рис. 4. Результаты восстановления радиоголограммы тестового объекта

Полученные в проекте результаты являются новыми, потому что во всех работах по данной тематике, которые удалось обнаружить в открытой печати, во-первых, рассматривается двумерный случай, а во-вторых, приводятся только данные численных экспериментов. Настоящее исследование отличается тем, что получены результаты как на данных компьютерного моделирования, так и на данных лабораторных экспериментов, причем рассматривается существенно более сложный трехмерный случай.