

Управляемая отражательная решетка для системы радиовидения

Предложена конструкция управляемого отражателя, как элемента пассивной антенной решетки для задачи радиовидения. Проведенное численное моделирование на тестовой сцене, составленной из двух точечных рассеивателей и решеткой из 64 элементов показало возможность восстановления радиоизображений с разрешением не хуже 3 см при использовании СШП импульсов 0,2 нс.

Ключевые слова: отражательная решетка, диоды, СШП импульсы, синтезирование большой апертуры

Благодаря развитию вычислительных средств и компьютерных технологий стало возможно использование методов радиоволновой томографии, как средства дистанционного неразрушающего контроля и диагностики внутренней структуры полупрозрачных для радиоизлучения сред и восстановления формы непрозрачных объектов. Задача радиовидения решается средствами радиоволновой томографии и заключается в пересчете данных разностороннего (многоакурсного) радиоволнового зондирования в его форму исследуемых объектов [1].

Одним из современных требований, предъявляемых к системам радиовидения, является работа в режиме реального времени. Если для обработки больших массивов данных уже разработаны быстрые алгоритмы, обеспечивающие достаточную скорость расчетов, то получение исходных многоакурсных данных за короткий промежуток времени еще остается проблематичным. Одним из способов ускорения процедуры сбора данных является создание антенных решеток с электронным или электро-механическим сканированием [2-3]. Однако, разработка и создание таких решеток является сложной и дорогостоящей задачей.

В данной работе авторами предлагается решение задачи радиовидения с использованием решетки, состоящей из пассивных отражателей с управляемым импедансом. На примере одного отражательного элемента анализируется возможность управления его свойствами. Показывается, что такая решетка может обеспечить многоакурсное зондирование объектов в режиме реального времени.

Ключевым элементом антенной решетки выступает пассивный отражатель с управляемым импедансом. Простейшая схема такого элемента приведена на рис. 1. Работу элемента можно описать следующим образом. Если на отражатель (2) падает электромагнитная волна от стороннего облучателя (1), то в зависимости от управляющего напряжения (4), приложенного к диоду (3), можно задать разные отражающие свойства для отражателя (2). Отражатель выполнен в виде симметричного вибратора, состоящего из двух металлических полосок с длиной $\lambda/2$, где λ – длина волны внешней подсветки. Так, если на диод подано положительное напряжение, то его рабочая точка смещается в положительном направлении и диод «открывается». В этом случае отражатель (2) для внешней подсветки будет представлять одну металлическую полоску с размером λ . Если

управляющее напряжение не подано, то отражатель будет представлять две разомкнутые металлические полоски с размером $\lambda/2$. Таким образом, включение или выключение управляющего напряжения будет в некоторых пределах изменять отражающие свойства элемента. Следовательно, сигнал, отраженный от такого элемента, будет также меняться. В ближайшей перспективе планируется создание управляемых отражательных панелей (рис.2).

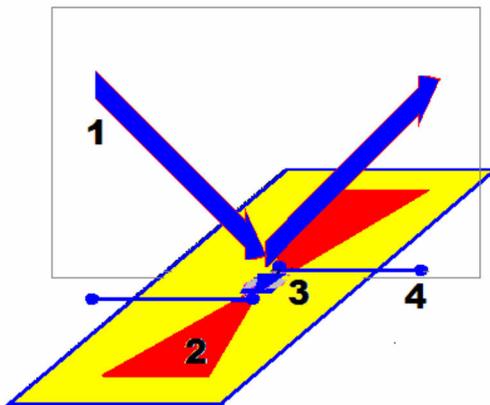


Рисунок 1

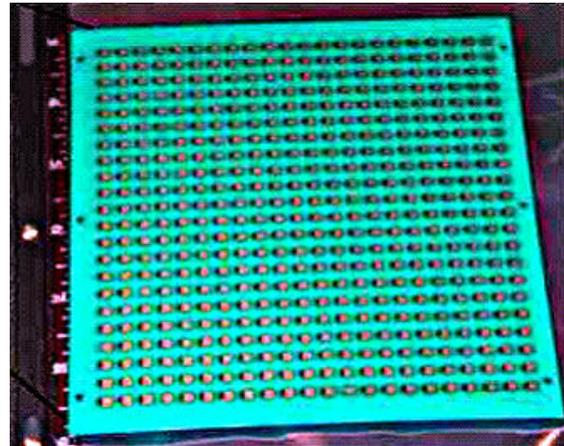


Рисунок 2

Для проверки предложенного подхода был проведен эксперимент, в котором на управляемый импедансный отражатель падала электромагнитная волна в виде сверхширокополосного (СШП) импульса длительностью 200 пс. Размеры плеч отражателя составляли 3 см. На рис. 4 представлены отраженные от него сигналы. Сплошная линия соответствует сигналу в отсутствии смещения на диод, а штриховая линия – при наличии такого смещения.

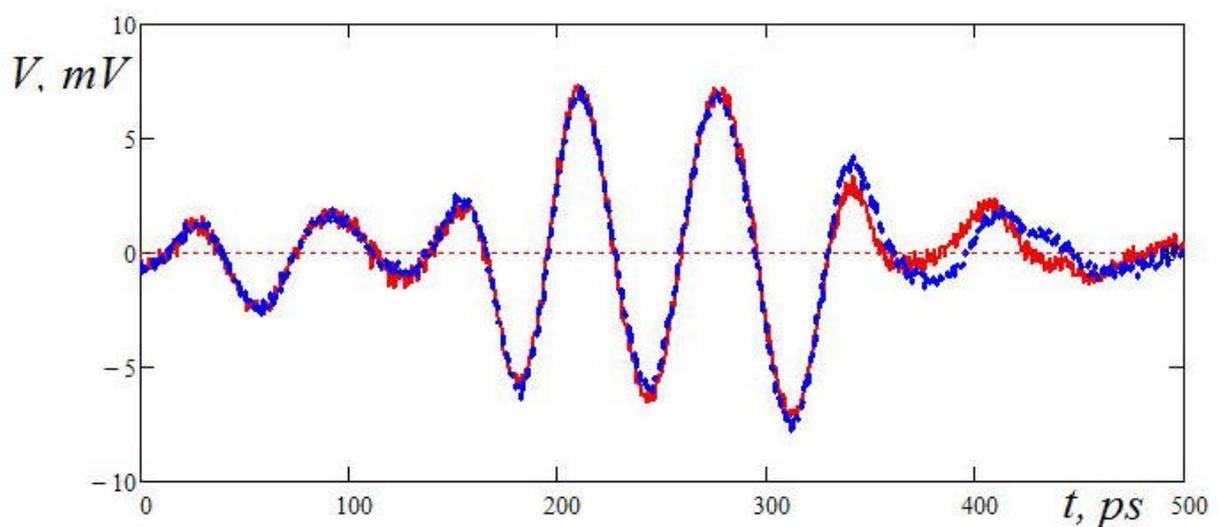


Рисунок 3

На рис. 4 представлена разность этих сигналов. Видно, что отличия достаточно заметны, а значит наблюдаемый эффект можно применить для управления сигналами,

отраженными от решетки, состоящей из таких элементов. Пунктирной линией показан средний разностный сигнал. Наблюдаемая разность сигналов приблизительно в 5 раз меньше, чем основной сигнал. Видна и некоторая инерционность отклика. Важно, что широкополосность информационного импульса при этом сохраняется. Скорость переключения современных диодов на несколько порядков превышает быстродействие любых механических устройств. При использовании целой матрицы из управляемых элементов возможно групповое управление кластерами, составленными из них. В этом случае отличия могут быть существенно увеличены.

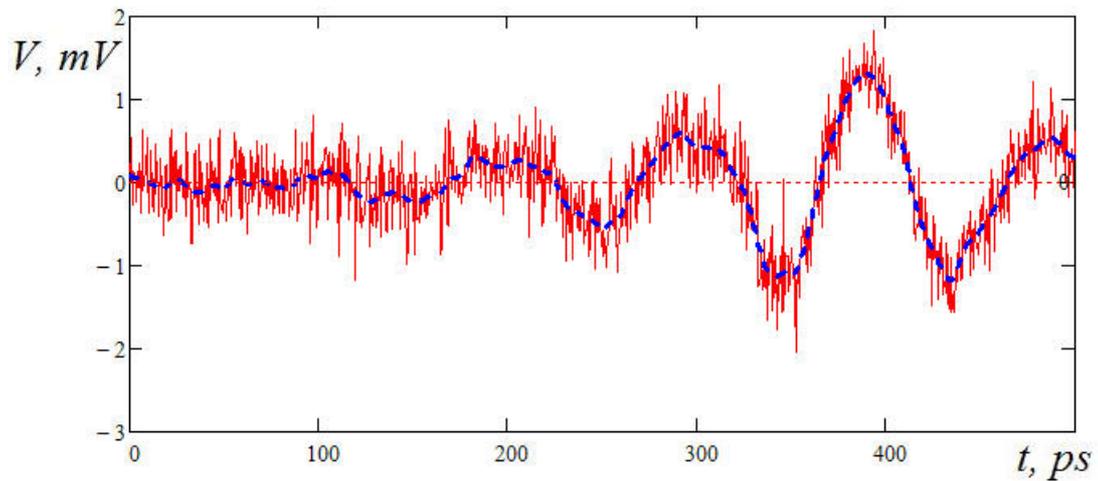


Рисунок 4

Для проверки возможности использования решетки из элементов с управляемым импедансом для задачи радиовидения было проведено численное моделирование прямой и обратной задачи радиовидения. На рис. 5 представлена схема численного эксперимента.

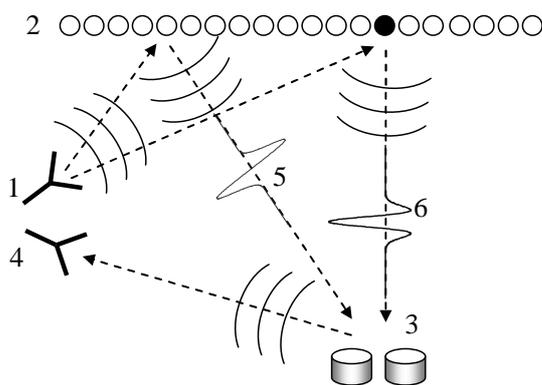


Рисунок 5



Рисунок 6

Здесь 1 – источник СШП импульсов длительностью 200 пс; 2 – решетка с апертурой 1 м, состоящая из 64 элементов с управляемым импедансом; 3 – тестовый объект в виде двух точечных рассеивателей на расстоянии 0,5 м от решетки, рассеиватели располагались на расстоянии 4 см друг от друга; 4 – точка приема отраженного от объекта сигнала; 5 –

сигнал, отраженный от элемента решетки, в отсутствии напряжения смещения на диоде; б – аналогичный сигнал при поданном смещении.

Для данной схемы в приближении однократного рассеяния рассчитывался сигнал в точке приема при поочередной подаче управляющего напряжения смещения на каждый из элементов решетки. Сигнал представлял собой сумму сигналов от каждого элемента решетки. Полученный набор осциллограмм представлен на рис. 6. Здесь по вертикальной оси отложен номер элемента решетки, а по горизонтальной время измерения СШП сигнала. Темный цвет соответствует отрицательным, светлый – положительным значениям сигнала. На рис. 6 хорошо просматриваются две гиперболы, соответствующие точечным рассеивателям тестового объекта.

Осциллограммы полученных сигналов пересчитывались с использованием метода радиоволнового томосинтеза в радиоизображение тестовой сцены (рис. 7). Размеры каждой клетки на радиоизображении составляют 10x10 см. На рис. 7 отчетливо видно два точечных рассеивателя. С учетом того, что расстояние между рассеивателями было 4 см, можно оценить пространственное разрешение такой системы как 3 см.

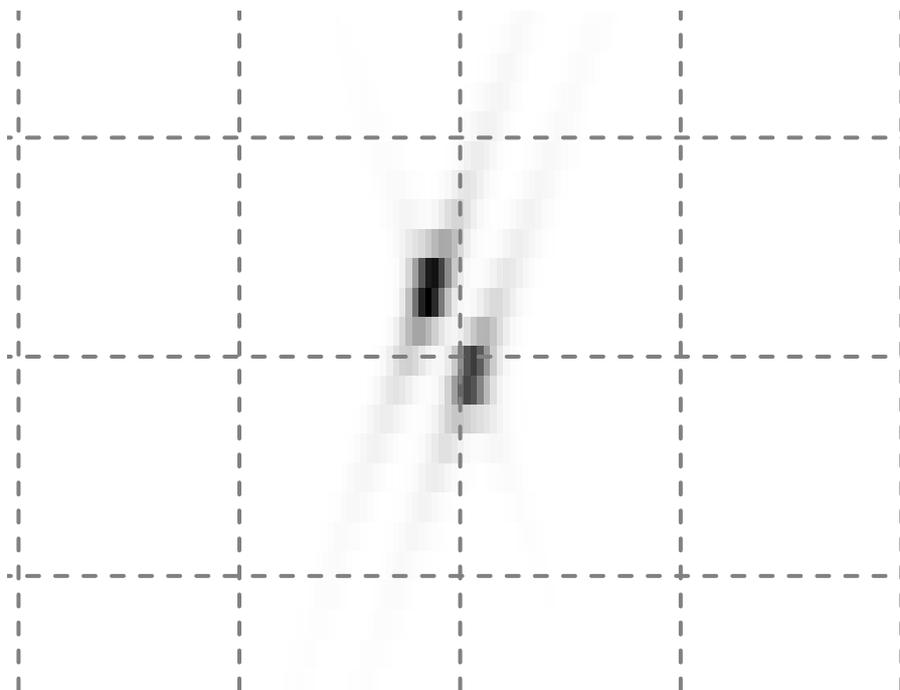


Рисунок 7

Конечно, пока это результат численной симуляции. Однако, то, что такой подход обладает большой перспективой, свидетельствуют представленные в INTERNET рекламные результаты достигнутые американской компанией Smiths Heimann совместно фирмой Agilent Technologies (рис. 8). По отрывочным данным здесь использована некая матричная панель (показана справа) из управляемых отражателей. Достигнутая скорость смены кадров составляет 20 кадров/с. Сказанное еще раз подтверждает перспективность предлагаемого подхода.



Рисунок 8

Таким образом, в докладе предложена конструкция управляемого импедансного отражателя, как элемента пассивной антенной решетки для радиовидения. Решена прямая и обратная задача радиотомографии для данной решетки с использованием метода радиоволнового томосинтеза. Проведенное численное моделирование на тестовом объекте в виде двух точечных рассеивателей показало возможность восстановления радиоизображений с разрешением не хуже 3 см при использовании СШП импульсов длительностью 200 пс. В перспективе развитие этого подхода даст возможность достигнуть скорости получения реальных изображений в 20 кадров/с и выше.

Предлагаемый подход может рассматриваться как первый шаг в сторону создания «умной кожи» для самолетов и другой техники. По мнению экспертов, такая технология станет реальной к 2030 году.

Библиографический список

1. Якубов В.П., Шипилов С.Э., Суханов Д.Я., Клоков А.В. Радиоволновая томография: достижения и перспективы. – Томск: Изд-во НТЛ, 2014. – 280 с.
2. Сатаров Р.Н., Кузьменко И.Ю., Муксунов Т.Р., Клоков А.В., Балзовский Е.В., Буянов Ю.И., Шипилов С.Э., Якубов В.П. Коммутируемая сверхширокополосная антенная решетка для радиотомографии // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 8. С. 26-30.
3. Федянин И.С., Кузьменко И.Ю., Шипилов С.Э., Якубов В.П. Радиовидение с использованием решетки микроволновых доплеровских датчиков // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 9-2. С. 270-271.