



Федеральное агентство по образованию

Государственное учреждение высшего профессионального образования Московский
ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени
государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Тезисы дипломной работы: «Исследование автоматизированного управления
смещением и усилением в радиоголографическом локаторе в составе экспериментальной
установки»

Студент: Уваров А.Е.

Группа: ФН4-81

Научный руководитель: к. т. н. Васильев И.А.

Москва 2012

Поставленная задача – получение радиоизображения предметов за оптически непрозрачными преградами. Для идентификации формы предметов используются методы радиоголографии (по функции апертуры восстанавливается изображение предмета).

При формировании изображений основную роль играют эффекты дифракции, и в результате восстановления получается не форма объекта, как в оптике, а функция, описывающая его отражательную способность. В некоторых случаях по виду этой функции удастся определить форму объекта.

Приведем основные соотношения, которые будут использованы в дальнейшем для восстановления радиоголограмм, зарегистрированных на плоской поверхности. Протектированный сигнал $s(x, y)$, зарегистрированный приемником антенны в каждой точке плоскости сканирования, можно выразить как сумму произведений сигналов, отраженных от каждой точки объекта и множителя, описывающего задержку отраженной волны по сравнению с опорной

$$s(x', y') = \iint f(x, y, z) e^{-j2k\sqrt{(x-x')^2+(y-y')^2+z_0^2}} dx dy \quad (1)$$

где $f(x, y, z)$ – функция, описывающая отражательную способность объекта (отношение отраженной и падающей волн), $k = \frac{2\pi f}{c}$ – волновое число, f – частота зондирующего сигнала; двойка в показателе экспоненты возникает из-за двойного хода волны: от антенны до объекта и обратно. Экспоненциальное выражение в (1) представляет собой сферическую волну, исходящую из точки (x, y) , которая может быть представлена суперпозицией плоских волн

$$e^{-j2k\sqrt{(x-x')^2+(y-y')^2+z^2}} = \iint e^{jk'_x(x'-x)+jk'_y(y'-y)+jk_z z_0} dk_{x'} dk_{y'} \quad (2)$$

Подставляем (2) в (1).

$$s(x', y') = \iint \underbrace{\left[\iint f(x, y, z_0) e^{-j(k_{x'}x + k_{y'}y)} dx dy \right]}_{\text{2D -преобразование Фурье } f(x, y, z_0)} \times e^{j(k_{x'}x' + k_{y'}y' + k_z z_0)} dk_{x'} dk_{y'}. \quad (3)$$

$$F(k_x, k_y) = \text{FT}_{2D}\{f(x, y)\} \quad (4)$$

Подчеркнутое выражение в соотношении (3) является двумерным Фурье-преобразованием функции $f(x, y, z_0)$. Выражение (6) является обратным двумерным Фурье-преобразованием.

$$s(x, y) = \iint F(k_x, k_y) e^{jk_z z_0} e^{j(k_x x + k_y y)} dk_x dk_y \quad (5)$$

$$s(x, y) = \text{FT}_{2D}^{-1}[F(k_x, k_y) e^{jk_z z_0}] \quad (6)$$

$$F(k_x, k_y) = \text{FT}_{2D}[s(x, y)] e^{-jk_z z_0} \quad (7)$$

Получаем окончательное выражение (11), используемое для восстановления голограмм.

$$f(x, y) = \text{FT}_{2D}^{-1}[\text{FT}_{2D}[s(x, y)] e^{-jk_z z_0}]. \quad (8)$$

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = (2k)^2 \quad (9)$$

$$k_z = \sqrt{4k^2 - k_x^2 - k_y^2}. \quad (10)$$

$$f(x, y) = \text{FT}_{2D}^{-1}[\text{FT}_{2D}[s(x, y)] e^{-j\sqrt{4k^2 - k_x^2 - k_y^2} z_0}]. \quad (11)$$

Необходимо отметить, что для использования данного метода необходимо знать глубину залегания объекта z_0 . В случае, если глубина неизвестна, можно провести

последующее восстановление голограммы с некоторым шагом по глубине, и выбрать слой, где объект сфокусирован наилучшим образом. В некоторых сложных случаях, например, для неоднородных сред с высоким уровнем затухания сигнала, этот метод может дать наилучшую фокусировку на артефакте. Впрочем, подобного рода затруднения характерны для всей голографии, т.к. задача восстановления изображения по измерениям, выполненным на ограничивающей полупространство поверхности, является обратной и некорректной по своей сути.

Таким образом, комплексную голограмму можно рассматривать как поле вторичных источников с известными амплитудой, фазой и частотой.

Для получения радиоизображения необходимо облучать подповерхностный объект когерентным сигналом (на одной, двух или в широком диапазоне частот в зависимости от используемого метода восстановления) и регистрировать комплексную амплитуду отраженного от объекта сигнала на плоской апертуре.

В сканирующем устройстве опорный сигнал делится высокочастотным делителем мощности (сплиттером) на два квадратурных сигнала равной амплитуды. Квадратурные сигналы домножаются на предметный сигнал, откуда получается I и Q компоненты сигнала.

При радиолокации предметов, залегающих близко к поверхности сканирования, возникает проблема двоения изображения. Выходом из этой ситуации является использование моностатического построения антенной системы, при котором оси приемной и передающей антенны совмещены. Минусом данного подхода является прямое прохождение сигнала между антеннами, которое необходимо компенсировать.

Постоянную составляющую сигнала можно линейно вычесть с помощью суммирующих усилителей.

Так как функцию апертуры можно получить только экспериментальным путем, а объем производимых измерений велик (порядка $4 \cdot 10^4$ значений для квадратного метра поверхности), то возникает необходимость в автоматизации эксперимента.

В качестве аппаратной базы в экспериментальной установке используются двухканальный ЦАП и усилитель. Устройства управляются по интерфейсу SPI.

В ходе работы устройства формируется файл данных, поступающий на ЭВМ.

При проведении эксперимента необходимо сделать предварительную разведку (настройку) – выбрать коэффициенты усиления и компенсации методом последовательных приближений.