

## ПОЛУЧЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ТЕНЕВЫХ РЕНТГЕНОГРАММ ГОЛОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В. А. БЕРДОНОСОВ, В. И. ГОРБУНОВ, А. А. ПОПОВ, А. К. СТОЯНОВ

Для многих приложений радиографии в технике и медицине оказывается недостаточно двумерных рентгенограмм, возникает потребность в получении объемных рентгеновских изображений. Существующие методы и аппаратура стереорадиографии сложны и не получили широкого распространения в практике. Интересующую информацию о пространственной структуре обычно получают методами рентгеновской томографии, дающей сфокусированные изображения какого-либо сечения. Путем послойных сечений можно накопить достаточно снимков и составить представление об объемной структуре предмета. Такое представление ненаглядно и неудобно еще тем, что после записи томограмм нет возможности получить изображение сечения, лежащего вне фиксированных срезов.

Трехмерные изображения внутренних структур непрозрачных предметов можно также получать с помощью методов неоптической голографии. Отсутствие когерентных рентгеновских источников, неизбежные изменения размеров восстановленных изображений пока делает методы малопригодными или совсем непригодными для целей радиационной интроскопии. Более подходящим является сочетание методов голографии и радиографии. Существует несколько способов получения стереорентгеновских изображений.

В работе [1] последовательно экспонируют ряд рентгеновских снимков объекта, полученных при перемещении источника излучения по дуге вокруг объекта. Перед каждой экспозицией фотопластинка, на которой регистрируется голограмма, вместе с опорным пучком поворачивается на угол, равный угловому перемещению источника между двумя последовательными съемками. При реконструкции такая голограмма восстанавливает ряд ракурсов предмета, создающих иллюзию объемности.

В работе [2] предложен более простой метод. На первом этапе снимают серию рентгенограмм, смещая источник между экспозициями по прямой на некоторое расстояние. Затем на соседних участках фотопластинки записывают голограммы рентгенограмм, спроектированных через зонную пластинку Френеля на диффузный экран. При реконструкции каждый участок такой голограммы восстанавливает изображение, соответствующее определенному ракурсу предмета. Наложение этих изображений создает стереоскопический эффект.

Работа [3] рассматривает подобный вариант, отличающийся тем, что подбором специального диффузного экрана с достаточно широкой индикатриссой рассеяния устранена надобность в пластинке Френеля.

Нами исследовалась схема получения голографических стереорентгеновских изображений, в которой в отличие от [3] рентгенограмма при записи на фотопластинку не проектировалась на диффузно-рассеивающий экран, а освещалась через него.

Такая схема удобнее по двум соображениям: первое — на рассеивающие характеристики экрана не налагается никаких специальных требований, и второе — при проектировании рентгенограммы на экран происходит некоторое размытие изображения, которое тем меньше, чем ближе рентгенограмма к экрану. В рассматриваемом варианте размытия нет.

Первый этап получения стереорентгеновского изображения состоял в получении серии двумерных теневых рентгенограмм. Источник излучения передвигался по прямой с шагом в 1 см. После каждой экспозиции вновь заряженная кассета помещалась на прежнее место. Таким образом были получены серии ракурсов металлической спирали за пластмассовой перегородкой и раскрытой кисти человеческой руки. На втором этапе создавалась голографическая матрица рентгенограмм. Рентгенограммы записывались на фотопластинку в той последовательности, в которой их получали. Перед экспозицией каждая из них с помощью юстировочных приспособлений устанавливалась в общем для всех снимков положении, подвижная диафрагма перед фотопластинкой сдвигалась на шаг, равный шагу перемещения рентгеновского источника. Положение опорного пучка оставалось неизменным, его волновой фронт произволен.

Такая сложная голограмма восстанавливает рентгеновское изображение, при рассмотрении которого возникает полная иллюзия объемности. При перемене точки наблюдения предмет как бы резко поворачивается, но иллюзия не исчезает. Путем записи большего количества рентгенограмм, полученных при малых шагах перемещения источника, можно добиться того, что при движении головой наблюдатель будет видеть плавную смену ракурсов. Объект выглядит так, будто его рассматривают со стороны рентгеновского источника.

Все сказанное относится к восстановленному мнимому изображению. Восстановленное действительное изображение обладает свойствами, позволяющими осуществлять томографию объекта. Как и при обычном голографическом восстановлении, для наблюдения действительного изображения необходим проекционный экран. На нем четко вырисовываются те части объекта, которые попали в плоскость сечения его экраном. Все лежащее вне сечения размывается, как и в рентгеновской томографии. Существенным отличием таких томограмм от обычных является то, что требуемую глубину залегания сечения и его направление можно выбирать по своему желанию после получения рентгенограмм. Описанным свойствам изображений, восстановленных с матрицы голограмм, можно дать следующее объяснение.

Если бы объект был прозрачным, иллюзию объемности создавало бы распределение фазы световой волны, прошедшей через него. На рентгенограмме при записи теряется информация о фазе. Получая серию рентгенограмм путем смещения источника, мы осуществляем некоторую выборку из фазового распределения, информация о которой будет теперь заключена в различии амплитудных распределений на двумерных проекциях. Голограмма одновременно восстанавливает все проекции, т. е. всю выборку из истинного распределения фаз. Достаточно полная выборка позволяет наблюдать плавный параллакс при перемене точки наблюдения, малая выборка делает его скачкообразным. При наблюдении сечений действительного изображения на проекционном экране качество их зависит от числа элементов записанных рентгенограмм матрицы. Мы наблюдали удовлетворительные срезы уже при восьми элементах. При меньшем числе элементов изображения

срезов смываются. Изложенная методика получения и исследования стереорентгеновских изображений требуют более тщательного экспериментального и теоретического анализов. Но даже предварительные результаты, показывающие достаточную простоту получения таких изображений, удобство наблюдения, хранения и изучения их позволяют надеяться на целесообразность применения методики в приложениях радиологии в технике и медицине.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. I. D. Redman, W. P. Wolton and E. Shuttleworth. „Nature“, 220, 58 (1968).
  2. T. Kasahara, V. Kimura, R. Hioki and S. Tanaka. „Japan. I. Appl. Phys“, 8, 124 (1969).
  3. G. Groh, M. Cock. „Appl Opt“, 1970, 9, N 3, 775—777.
-