

Бужинский Д. Е., и. о. зав. лабораторией НИИ ПФП БГУ;
Корочкин Л. С., директор НТТП «Криптотех» Гознака Беларуси; Кулак М. И., профессор

ФОРМИРОВАНИЕ СКРЫТЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МУАРОВЫХ СТРУКТУР В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

For protection of printing production the latent images are widely used. In work principles of formation of the latent images on the basis of moire structures are considered. The system of generation of the latent images for effective protection of printing production against falsification is constructed and analyzed.

В последнее время в системах защиты полиграфической продукции находят все более широкое применение различного вида скрытые (латентные) изображения [1–4]. Одним из эффективных направлений создания латентных изображений является использование муаровых структур.

Муаровая структура проявляется, когда два или более изображения накладываются друг на друга, в результате чего возникает новое изображение, являющееся их суперпозицией. Муаровое изображение не существует ни в одном из исходных изображений, а появляется в результате их взаимного наложения.

Латентное изображение может быть выполнено на бумаге или другом непрозрачном носителе типографским или иным способом. Идентификация латентного изображения осуществляется с помощью растра-декодера, изготовленного на фотонаборном автомате.

В принципе может быть создано большое количество пар латент – декодер, которые при наложении будут создавать близкие муаровые изображения, однако не все они удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к системам защиты: невозпроизводимость при копировании, «невидимость» при рассмотрении невооруженным глазом, легкость визуализации с помощью приборных средств. Различные варианты пар скрытое изображение – декодер подробно рассмотрены в монографии [2].

Целью данной работы является формирование принципов генерации латентных изображений на основе муаровых структур.

Латентные изображения на основе муаровых

структур представляют интерес для использования в системах защиты благодаря двум своим свойствам.

Во-первых, результирующее изображение в явном виде отсутствует как в напечатанном изображении, так и в транспаранте-декодере, в результате наложения которого оно визуализируется.

Во-вторых, скрытое изображение может лежать в области высоких пространственных частот, передачу которых не обеспечивают существующие массовые системы копирования. С другой стороны, возникающее муаровое изображение появляется в области низких пространственных частот, видимых человеческим глазом.

Дополнительные требования, которым должно удовлетворять латентное изображение, заключаются в следующем.

Скрытое изображение должно восприниматься человеческим глазом как достаточно равномерный серый фон.

Структуры, формирующие изображение, должны быть периодическими для простоты визуализации муарового изображения.

Выполнение данных требований можно проанализировать, если рассматривать оба процесса — визуальный просмотр человеком и копирование изображений — как двумерную обработку сигналов в области определенных пространственных частот при помощи преобразования Фурье [5].

Принципы формирования базовой структуры и транспаранта-декодера иллюстрируют рис. 1–3.

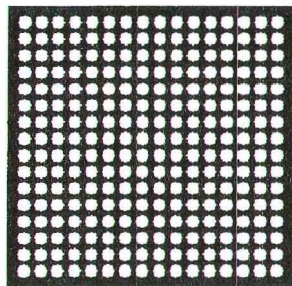


Рис. 1. Базовая периодическая структура

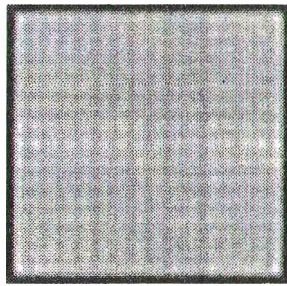


Рис. 2. Изображение базовой структуры, видимое человеком

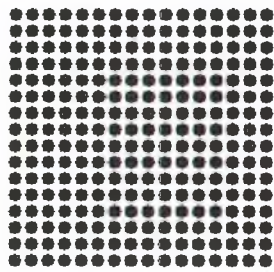


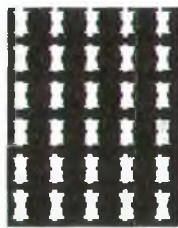
Рис. 3. Транспарант-декодер



а)



б)



в)

Рис. 4. Влияние величины сдвига фаз изображения и транспаранта на яркость муарового изображения: а) $S = 0,15P$; б) $S = 0,25P$; в) $S = 0,5P$

В качестве базовой структуры рассматривается ортогональная система окружностей белого цвета диаметром D и шагом P . Фрагмент изображения такой структуры приведен на рис. 1.

Будем считать человеческий глаз фильтром низких пространственных частот (ФНПЧ). Обработаем данное изображение подобным Фурье-фильтром. В результате получается изображение, которое можно интерпретировать как базовое изображение, воспринимаемое человеком. Фрагмент изображения базовой структуры, видимый человеком, приведен на рис. 2.

Транспарант-декодер для данного изображения может быть задан как инверсное изображение базовой структуры. На рис. 3 приведено изображение фрагмента такого транспаранта-декодера.

Таким образом, рассмотренная периодическая структура воспринимается человеком как достаточно равномерное серое изображение, и в то же время размеры и расстояния между формирующими элементами малы даже для достаточно высококачественных систем копирования. В результате при копировании будут вноситься существенные искажения в воспроизводимое изображение. Совмещение транспа-

ранта и латентного изображения осуществляется за счет выбранной ортогональной системы окружностей.

Как отмечалось выше, муаровые структуры возникают при наложении двух или нескольких изображений. Рассмотрим варианты параллельного совмещения транспаранта-декодера и латентной структуры с различным сдвигом.

Как показано на рис. 4, в зависимости от величины сдвига S меняется яркость муарового изображения.

Максимально яркое муаровое изображение можно получить в случае сдвига фаз между элементами транспаранта-декодера и изображения, равного 180° ($0,5$ величины шага P), т. е. когда белые области изображения будут совпадать с прозрачными областями декодера.

Интенсивность в муаровом изображении меняется нелинейно, однако можно рассчитать ее зависимость от величины сдвига. Если сдвигать соответствующий элемент базового раstra в зависимости от интенсивности исходного изображения, можно получить полутоновое муаровое изображение. Пример достаточно сложного муарового изображения приведен на рис. 5, 6.

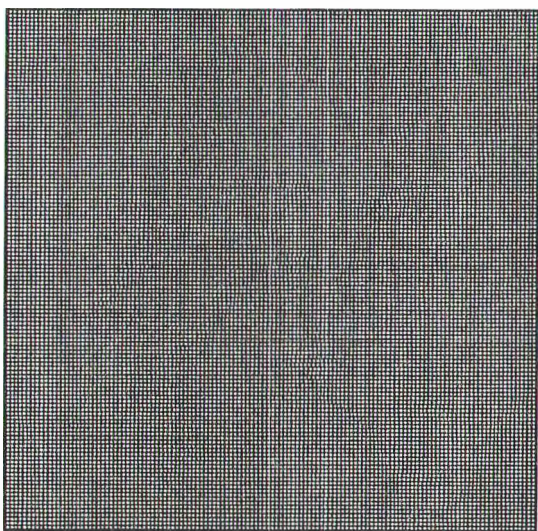


Рис. 5. Латентное изображение

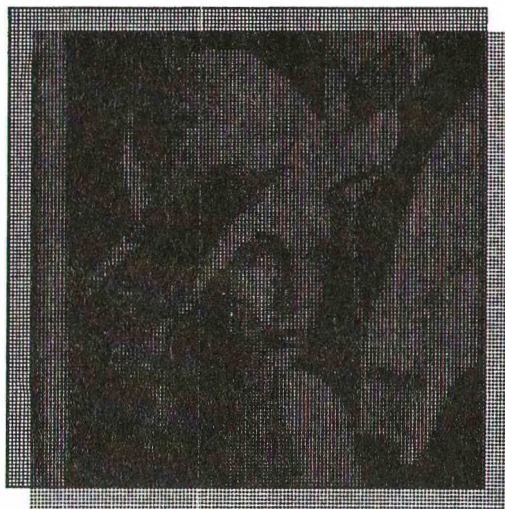


Рис. 6. Муаровое изображение

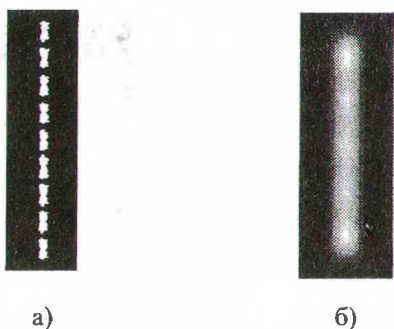


Рис. 7. Изображение вертикальной белой линии: а) муаровое изображение; б) видимое человеком

Например, муаровое изображение вертикальной линии будет выглядеть так, как показано на рис. 7. Если к данному изображению применить ФНПЧ, то получим довольно контрастное изображение так, как его видит человек.

Однако сдвиг на полупериод на границе черное-белое в печатаемом образе будет приводить, с одной стороны, к наложению соседних элементов в изображении и, с другой – к большим промежуткам между ними, что создаст видимые человеческим глазом неоднородности интенсивности. Такое формирование изображения приведет к его «оконтуриванию», видимому человеческим глазом. Следует учитывать данный эффект и вы-

равнивать яркость изображения по всему полю.

Дополнительный сглаживающий эффект даст также учет градиента смещения-деформации элементов. При ограничении единичного максимального смещения-деформации и достаточно протяженных областях одинаковой яркости можно получить высококонтрастные муаровые изображения.

Разработанная система генерации скрытых изображений позволяет создавать и использовать их для эффективной защиты полиграфической продукции от фальсификации.

Литература

1. Коншин А. А. Защита полиграфической продукции от фальсификации. — М.: ООО «Синус», 1999. — 160 с.
2. Корочкин Л. С. Материалы и методы защиты специальных бумаг и документов от подделки. — Мн.: Криптотех, 2001. — 264 с.
3. Валуш Л. Оптические растры. — М.: Мир, 1975. — 310 с.
4. Патент № 1817, МПКВ 39J00/10. Система защиты от подделок / Н. И. Сильванович, Д. Е. Бужинский, А. Я. Гореленко, Л. С. Корочкин.
5. Лукин А. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы). — М.: МГУ, 2002. — 44 с.