

Корочкин Л. С., директор; Сильванович Н. И., зав. лабораторией  
НТУП «Криптотех» Гознака Беларуси

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОДИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ СКРЫТЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ БУМАГ И ДОКУМЕНТОВ

Based on raster systems, method of protection documents of coping is offered. This method provides creating invisible images. The engineering requirements to production of raster-label and raster-analyser are given. Test of the method of printing stocks is made.

Перспективным методом защиты от подделки ценных бумаг и документов является нанесение невоспроизводимых при копировании знаков подлинности. Эффективность этого метода значительно повышается, если знак подлинности (метка) является скрытым, т.е. для его визуализации требуются специальные устройства (декодеры или анализаторы). Рассмотрим возможность создания и распознавания меток на основе различных типов растровых структур [1].

Под растром понимается действующее по законам геометрической оптики многоэлементное в плоскости сечения пучка лучей устройство для преобразования структуры пучка. В простейшем исполнении растр — это обычная решетка из чередующихся прозрачных и непрозрачных линий. Растры, элементы которых обладают фокусирующими свойствами, называются оптическими; если же эти элементы не изменяют хода падающих лучей, то растр называют щелевым. Геометрическая структура решеток, образующих растр, может быть весьма разнообразной. Растры в виде решеток правильной геометрической структуры называются регулярными, а неправильной геометрической структуры — хаотическими. Некоторые типы растров представлены на рис. 1.

Если элементы растра представляют собой ряд параллельных линий, растр называется линейным (рис. 1, а, б), если элементы расходятся в виде лучей из общего центра, растр называется радиальным (рис. 1, в), если элементы выполнены в виде концентрических колец — кольцевым (рис. 1, г). Имеются и другие виды растров (рис. 1, д).

Растровые структуры обладают рядом интересных оптических свойств, определяющих их многообразные практические применения. Одним из этих свойств является способность растров образовывать муар при совмещении их изображений с различными периодическими структурами, в том числе со структурами типа проекций этого же растра. Это свойство лежит в основе использования растров для обнаружения малейших нарушений периодичности исследуемых структур.

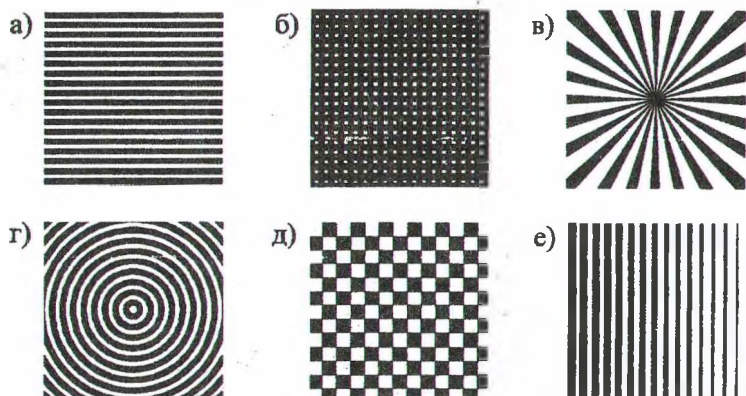


Рис. 1. Некоторые виды растров

Муар — это оптическое явление, которое возникает при наложении двух систем параллельных линий так, что они пересекаются под острым углом. При этом образуются новые светлые и темные полосы.

Ширина получаемых полос муара в основном зависит от величины угла, под которым перекрещиваются системы линий или ряды точек. Чем меньше этот угол, тем шире полосы муара. При увеличении угла полосы становятся уже, а при угле  $30^\circ$  они совсем исчезают.

Явление муара возникает и при параллельном совмещении двух растровых структур, период распределения элементов у которых неодинаков. В этом случае полосы муара являются комбинационными полосами, получаемыми в результате сложения двух растровых решеток. Ширина этих полос оказывается тем больше, чем ближе совпадают периоды совмещаемых структур. Благодаря этому эффекту растры можно использовать для обнаружения дислокаций в периодических структурах. Накладывая растр определенного периода на периодическую структуру того же периода, но с дислокациями, и добиваясь параллельности растровых структур друг относительно друга, можно получить картину, на которой останутся только комбинационные полосы, соответствующие положению дефектов анализируемой периодической системы.

Такой метод обнаружения нарушения периодичности является очень чувствительным, поскольку видимый муар образуется даже при наложении мелких решеток, структура которых уже неразличима невооруженным глазом.

Свойство растровых систем «проявлять» дефекты периодических структур с очень малым периодом может быть использовано при разработке метода защиты документов от ксерокопирования.

**1. Метод защиты документов от копирования на основе растровых систем.** Метод предусматривает создание невоспроизводимых ксерокопированием скрытых изображений и осуществление их визуализации на этапе проверки подлинности. В основе эффекта проявления скрытого изображения лежит уже упоминавшееся свойство анализирующих растровых систем выявлять дефекты структуры анализируемого растра (растра-метки). Если такие дефекты внесены в знаковое поле, размещенное на растре-метке, то знак визуализируется при просмотривании через растр-анализатор. Если линейные размеры вносимых дефектов будут мельче разрешающей способности современных копировальных аппаратов, то такой знак на растре-метке не будет воспроизводиться при ксерокопировании и просматриваться через растр-анализатор.

Создание растров-меток и анализирующих растров различной структуры, а также внесение заданным образом дефектов по знаковому полю на растре-метке осуществлялось с помощью программного обеспечения НТУП «Криптотех».

Вывод растров на фотопозитивы осуществлялся на фотонаборном автомате «Hercules Pro», обеспечивающем высокую точность вывода. С этих пленок далее можно наносить метки на бумажные носители с помощью стандартного полиграфического оборудования. Кроме того, в случае уже смоделированного растра-метки существует возможность его компьютерной обработки с целью улучшения восприятия, например за счет изменения контрастности. Компьютерное моделирование можно использовать и для создания растров-анализаторов на прозрачных пленках.

Для создания растра-метки на ценной бумаге или документе задается знаковое поле. Знаковое поле представляет собой пространство, занимаемое некоторым изображением. Например, это может быть текст. Толщина букв выбирается из двух соображений: она должна перекрывать период выбранной структуры и быть различимой после визуализации. Элементы в знаковом поле смещены на некоторую величину от их положения в растре-матрице. Смещение может осуществляться по одной оси или по обеим осям. На реальных метках период растровой структуры и величина смещения значительно мельче. Это затрудняет восприятие знака невооруженным глазом.

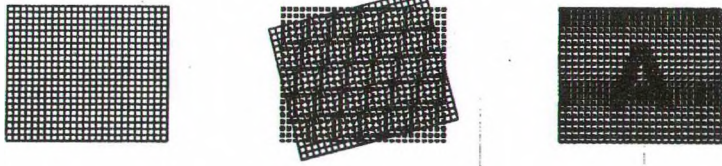


Рис. 2. Визуализация метки с использованием целевого раstra-анализатора

Рис. 2 иллюстрирует этап визуализации метки с использованием целевого раstra-анализатора. Растр-анализатор представляет собой растр-анализатор с дополнительной структурой. Как видно из рисунка, при наличии некоторого угла между характерными направлениями растров результатом наложения является образование муара. Добиваясь путем поворота раstra-анализатора совмещения ориентаций растров, мы получаем «проявленное» изображение (рис. 2).

2. Разработка способов маскировки знака на растре-метке. Для оценки различимости знака на растре-метке (при восприятии человеческим глазом и через окуляр) рассмотрим растровые структуры различных типов.

Прежде всего рассматривались растры на основе традиционных структур: линейные, ортогональные сетки, ортогональные системы квадратов. Варьировались линейные размеры и контрастность элементов растров. На этом этапе при макетировании растры-метки наносились на бумажный носитель, а растры-анализаторы — на прозрачную пленку с использованием лазерного принтера. Такой способ макетирования, однако, не позволяет надежно воспроизводить структуры с периодом  $\sim 200$  мкм. В дальнейшем печатание созданных методами компьютерной графики растров проводилось на специальном оборудовании, что обеспечивало высокое качество их воспроизведения. Для визуализации знака использовались пленочные растры-анализаторы со структурой двух типов: анализируемого раstra без искажений в знаковом поле и дополнительного к нему раstra. Ксерокопирование таких растров-меток с периодом 100 мкм не воспроизводило деталей их структуры в знаковом поле, поэтому знак на ксерокопии растром-анализатором не визуализировался.

Однако использование традиционных растровых структур не обеспечивало в достаточной степени маскировку знака на растре-метке, а применение целевых пленочных анализаторов давало несколько затемненное изображение знака.

Поэтому было проведено исследование возможности использования более сложных растровых структур с целью усиления маскировки знака при его восприятии без использования анализатора. Изучались регулярные и хаотические, ортогональные и неортогональные, а также составные растровые структуры. Наиболее эффективными в отношении маскировки знака оказались три типа нетрадиционных растровых структур.

Структуры первого типа представляли собой неортогональные штриховые структуры. Искажения в знаковом поле вносились по двум измерениям. Структуры второго типа представляли собой наложение двух растров: хаотического (текстура «одноцветный шум» из графического редактора Corel Draw) и ортогональной системы квадратов. Дефекты в знаковом поле вносились за счет смещения квадратов в одном из измерений.

Структуры третьего типа также образовывались при наложении двух растров. Один из них состоял из повторяющихся в одном из измерений синусоид. Второй представлял собой уже упоминавшуюся ортогональную систему квадратов. В результирующей растре-матрице сохранялись только точки, соответствующие пересечениям этих двух структур. Дефекты в знаковом поле вносились в одном измерении. При этом знак хорошо маскируется и визуализируется анализатором.

**3. Выбор растров-анализаторов.** Как уже упоминалось во введении, анализаторы могут быть выполнены на основе щелевых или оптических растров. Преимуществом щелевых растров при нашем методе их макетирования является возможность точно воспроизведения сложной структуры растра-метки малого периода. Они достаточно просто изготавливаются на пленке с помощью фотовыводного устройства. Однако светосила щелевых растров неудовлетворительна даже при использовании прямых структур.

Известно, что оптические растры обладают большей светосилой, чем щелевые. Однако изготовление оптических растров малого периода и сложной структуры является весьма сложной технологической задачей. В настоящее время с таким периодом ( $T = 100$  мкм) изготавливаются, насколько нам известно, либо одномерные линейные оптические растры, либо двумерные на основе двух ортогональных линейных систем. Предлагаемые нами типы растровых структур намного более сложны и разнообразны, однако практически все они содержат в качестве элементов ортогональные либо линейные структуры. Поэтому применение к таким более сложным растрам-меткам оптических анализаторов даже линейного типа дает значительное увеличение светосилы и значительный зрительный эффект.

Кроме того, в случае растров-меток на основе неортогональных структур эффективным может быть использование двух скрещенных линейных оптических растров.

В целом использование оптических, а не щелевых растров значительно увеличивает светосилу и за счет этого улучшает зрительное восприятие знака на этапе его визуализации.

**4. Установление и формулировка требований, обеспечивающих невоспроизводимость знака ксерокопированием.** Основопологающим для реализации предлагаемого метода защиты является условие  $D < R_K$ , где  $R_K$  — разрешающая способность копировального устройства. По нашим данным, на наиболее распространенных современных копировальных устройствах можно достичь разрешения  $R_K = 200\text{--}300$  мкм. Следовательно, необходимо задавать

$$D < 200 \text{ мкм.} \quad (1)$$

Основные ограничения при изготовлении растра-метки связаны с разрешающей способностью аппаратов офсетной печати  $R_{\Pi}$ . На имеющемся в НТУП «Криптотех» оборудовании может быть достигнуто разрешение  $R_{\Pi} = 50$  мкм. Таким образом, условие (1) может быть выполнено.

Дополнительно полезно использовать внесение смещений в знаковом поле по двум взаимно перпендикулярным направлениям — при этом качество ксерокопирования ухудшается, т. к. разрешающая способность зависит от направления.

При определении оптимального периода растровой структуры  $l$  важны следующие обстоятельства. Прежде всего, очевидно, что период растра должен превышать величину  $D$ , т. е.

$$l > D. \quad (2)$$

Кроме того, яркость проявленного знака зависит от плотности составляющих его элементов. С этой точки зрения желательно выбирать структуры с малым периодом и размером элементов  $\sim 0,5l$ . Наименьший период, непротиворечащий условию (2),

$$l_{\min} = 2D. \quad (3)$$

С другой стороны, необходимо учитывать технологические возможности изготовления растров-анализаторов. Пленочные щелевые растры-анализаторы могут быть изготовлены с тем же разрешением, что и растры-метки. С использованием, например,

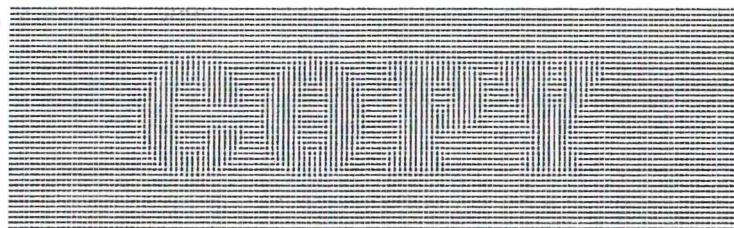


Рис. 3. Увеличенное изображение антикопировального растра

оборудования НТУП «Криптотех» можно изготовить растры с периодом  $l = 20$  мкм. Доступны для использования также одномерные линейные оптические растры и двумерные ортогональные структуры на их основе с периодом  $l \sim 100$  мкм.

Таким образом, анализ всех приведенных выше факторов позволяет рекомендовать в качестве оптимальных значений период растра-матрицы  $l = 100$  мкм и величину  $D = 50$  мкм.

Одним из способов защиты ценных бумаг от ксерокопирования является формирование изображения ценной бумаги или документа путем штрихования его линиями (штрихами) разных направлений (рис. 3), а именно, заполнение текста или изображения штрихами под углом  $90^\circ$  или под другими углами. Причем одна часть предмета штрихуется параллельными штрихами, а окружающие поля — перпендикулярными штрихами. При ксерокопировании такого документа в силу разной отражательной способности штрихов по направлению нарушается одинаковость контраста изображения по полю ценной бумаги и проявляется наличие попытки подделки ценной бумаги или документа. Таким образом, формируется первоначальное латентное («скрытое») изображение, которое проявляется на ценной бумаге при ксерокопировании.

Латентные изображения на специальной бумаге обычно формируются с помощью специальных программ компьютерной графики и широко используются в практике для защиты ценных бумаг и документов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Валюс Н.А. Растровые оптические приборы. — М., 1966. — 460 с.