

УДК 535.543.1

Л. В. Танин, А. И. Горчарук, П. В. Моисеенко, В. А. Танин
ЗАО «Голографическая индустрия»

**СОЗДАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ
ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРИЗОВАННЫХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ**

Основой современных методов защиты продукции, товаров, документов и ценных бумаг являются голографические защитные технологии, развитие которых свидетельствует о том, что они совершенствуются, появляются новые методы записи голограмм, новое оборудование и материалы, повышается их технологичность, упрощается идентификация и проверка подлинности. В современной голографии комбинированные изображения применяются очень широко. При создании комбинированных изображений возникают различные оптические эффекты, такие как муар, параллакс, изменение цвета и др., которые в комбинации между собой, а также с другими изображениями (микротекст, скрытые изображения, последовательная нумерация, маркировка, кодирование, химические индикаторы) позволяют использовать их как для защиты документов, так и для получения оригинального художественного эффекта.

В статье рассматриваются комбинированные защитные элементы на основе рельефно-фазовой голограммы с нанесенным полимерным слоем-носителем, содержащим скрытое изображение, видимое в поляризованном свете. Данный защитный элемент получил название кристаллограмма. В процессе разработки кристаллограммы был освоен синтез мономеров и приготовление анизотропной поляризуемой композиции, получен слой полимеризуемых жидких кристаллов (ПЖК) с контрастной визуализацией скрытого изображения. Отработана технология совмещения рельефно-фазовой голограммы с нанесенным полимерным слоем-носителем с последующим блокированием слоя ПЖК защитными лаковыми слоями.

Ключевые слова: голографические защитные технологии, методы записи голограмм, комбинированные изображения, кристаллограмма, полимеризуемые жидкие кристаллы.

L. V. Tanin, A. I. Harcharuk, P. V. Moiseenko, V. A. Tanin
CJSC “Holography industry”

**CREATION OF A NEW GENERATION OF COMBINED
HOLOGRAPHIC SECURITY ELEMENTS
BASED ON POLYMERIZED LIQUID CRYSTALS**

The basis of modern methods of protecting products, goods, documents and securities are holographic protective technologies, the development of which indicates that they are being improved, new recording holograms methods, new equipment and materials are appearing, their manufacturability is being improved, identification and authentication are being simplified. In modern holography, combined images are used very widely. When creating combined images, various optical effects arise, such as moire, parallax, color change, etc., which are combined with each other, as well as with other images (microtext, hidden images, sequential numbering, marking, coding, chemical indicators), they can be used both to protect documents and to obtain an original artistic effect.

The article discusses combined protective elements based on a relief-phase hologram with a deposited polymer carrier layer containing a latent image visible in polarized light. This protective element is called crystallogram. In the process of developing a crystallogram, was the synthesis of monomers and the preparation of an anisotropic polarizable composition was mastered, a layer of polymerizable liquid crystals (PLC) was obtained with contrast visualization of a latent image. The technology for combining the relief-phase hologram with the applied polymer carrier layer with the subsequent blocking of the polarizable liquid crystals (PLC) layer with protective varnish layers has been developed.

Key words: holographic protective technologies, recording holograms methods, combined images, crystallogram, polarizable liquid crystals.

Введение. В области защитных технологий число методов получения надежных средств защиты с каждым годом растет. Однако одновременно с этим совершенствуются и способы подделки, что требует создания более совершенных элементов защиты. Следует также от-

метить, что не существует оптимального защитного средства, которого было бы невозможно воспроизвести. Лишь в комбинации с различными методами это средство может служить одним из критериев оригинальности защищаемого объекта.

Среди защитных элементов с переменными оптическими свойствами, наиболее трудно воспроизводимыми, выделяются элементы, содержащие скрытые изображения, видимые только в поляризованном свете.

Основная часть. Как правило, скрытые поляризованные изображения получаются на поверхности или в объеме полимерного слоя-носителя скрытого изображения в результате формирования оптической анизотропии в локальной области данного полимерного слоя, а именно изменения величины двулучепреломления [1].

Локальное изменение величины двулучепреломления может быть достигнуто либо вариацией направления оптической анизотропии прозрачного материала в определенных его участках, либо модулированием толщины прозрачного анизотропного материала в определенных участках слоя.

Эти эффекты получаются путем механического, химического, фотофизического или термомеханического воздействий. Во всех этих случаях скрытое поляризованное изображение формируется в предварительно подготовленном специальном образом полимерном слое либо на поверхности твердой подложки [2].

Известные методы изготовления скрытого изображения и защитного элемента на его основе предполагают наличие сплошного, как правило, полимерного слоя, несущего скрытое поляризованное изображение, на обратную сторону которого наносится клей, после чего производится вырубка и получается конечный продукт – самоклеющиеся этикетки и метки.

Среди применяемых на сегодняшний день методов изготовления комбинированных защитных элементов с переменными оптическими свойствами, эквивалентными представленной в статье технологии изготовления оптических защитных элементов, выделяются следующие методы.

Известно применение элементов, содержащих скрытое изображение, изготовленное с помощью локального механического удаления твердого анизотропного полимерного материала с поверхности жесткой подложки. Однако данная технология приводит к формированию контрастного поляризованного изображения с ясно видимым невооруженным глазом контуром изображения.

Другой метод заключается в том, что на подложку наносят отражающий слой. Впечатывают скрытое изображение. Осуществляют структурирование участка слоя, несущего скрытое изображение на предварительно заданную глубину с обеспечением оптической анизотропии в данном структурированном уча-

стке слоя, которая обуславливает невидимость изображения при наблюдении его невооруженным глазом и его четкую контрастную видимость при просмотре в поляризованном свете. После этого по всей поверхности защитного элемента наносят тонкий прозрачный защитный слой. При этом коэффициент преломления защитного слоя, по существу, совпадает с коэффициентом преломления участка слоя, несущего скрытое изображение. Однако такой способ имеет существенный недостаток, а именно: отражающий слой, согласно данному изобретению, является непрозрачным для электромагнитных лучей видимого диапазона. В этом случае при нанесении данного защитного элемента на документ от визуального просмотра скрыта та часть документа, где находится защитный элемент, что снижает защитные функции элемента, так как на этом месте нельзя расположить и, соответственно, защитить оригинальную подпись, например, владельца документа или разместить символы, выполненные люминесцентными красками, которые визуализируются при наличии, например, ультрафиолетового излучения.

Широкое применение на сегодняшний день получило средство защиты под названием юниграмма. Данный защитный элемент имеет в качестве основы голограмму с присущими ей защитными элементами и специальный слой, интегрированный с голограммой и содержащий латентное изображение, визуализируемое с помощью поляроида [3].

В юниграмме для визуализации скрытой латентной информации используют видоизмененный полярископ (рис. 1).

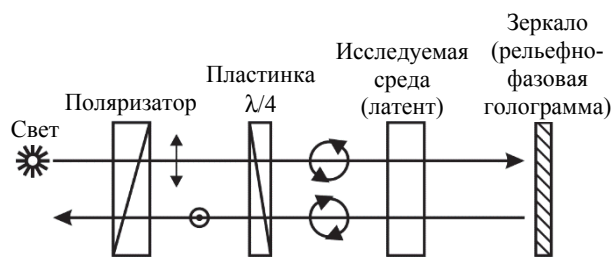


Рис. 1. Оптическая схема идентификации скрытого латентного изображения юниграммы

Полярископ состоит из поляризатора, после прохождения которого свет становится линейно поляризованным, и фазовой пластинки $\lambda/4$, которая преобразует линейно поляризованный свет в свет, поляризованный по кругу (циркулярная поляризация с правым или левым направлением вращения светового вектора, в данном случае это непринципиально). За фазовой пластинкой устанавливают зеркало, которое отражает свет обратно, направляя его через

фазовую пластинку с другой стороны. При отражении от зеркала меняется направление вращения светового вектора на противоположное (с правого на левое или, наоборот, с левого на правое). В результате после повторного прохождения через пластинку $\lambda/4$ получается линейно поляризованный свет. Вследствие чего перед поляризатором свет приобретает ортогональное направление колебаний светового вектора относительно исходного. Это направление колебаний поляризатор не пропускает, и мы наблюдаем темное поле. Если вместо зеркала поместить голографическую фольгу (которая играет роль зеркала) с нанесенной на ее поверхность полимерной многослойной пленкой со скрытым поляризационным изображением между фазовой пластиной, то в местах, где среда изотропна, поле останется темным. В местах, где среда анизотропна, свет пройдет через поляризатор, поле просветлится и можно увидеть локализацию этих участков с анизотропией [4].

Визуализация скрытого изображения юниграммы производится простым в обращении и недорогим прибором, представляющим собой поляризатор, совмещенный с фазовой пластиной $\lambda/4$ [5]. Следует отметить, что визуализируемая информация при идентификации скрытых изображений не зависит от угла поворота идентификатора относительно юниграммы. Также длительный срок нахождения в качестве средства защиты и широкое распространение знаний технологии изготовления юниграммы ставят задачи перед производителями защитной продукции в необходимости замены анизотропной среды.

Кристаллограмма является следующим поколением многокомпонентных комбинированных защитных оптических элементов на базе рельефно-фазовой голограммы и полимерных слоев со скрытым поляризационным изображением [6]. Уникальность данного защитного средства обусловлена тем, что в процессе визуализации закодированной информации при вращении идентификатора скрытых изображений наблюдается смена одних элементов на другие, а также меняется цветовая гамма элементов скрытого поляризационного изображения. Формирование скрытого поляризационного изображения осуществляется в слое жидкокристаллического материала, который наносится на защитную голограмму.

Рассмотрим формирование цветных скрытых изображений, которые имеют место в кристаллограмме. Эти области можно визуализировать при помощи поляризатора и анализатора. Классическая схема полярископа показана на рис. 2.

Свет, проходя через поляризатор, становится линейно поляризованным. Анализатор, про-

пускающий свет только с одним направлением колебаний светового вектора, устанавливают так, чтобы свет не выходил, т. е. скрещивают оси поляризатора и анализатора.

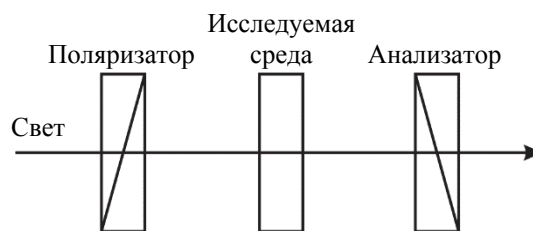


Рис. 2. Классическая схема полярископа

В рабочее пространство между поляризатором и анализатором вводят слой полимеризованных жидких кристаллов (ПЖК). Параллельный пучок естественного света, направленный на поляризатор, превращаясь в линейно поляризованный, падает на ПЖК перпендикулярно его поверхности.

При нормальном падении пучка лучей на одноосный кристалл, оптическая ось в котором параллельна преломляющей поверхности, возникают два луча e и o . Эти лучи (обыкновенный и необыкновенный) будут распространяться в одном направлении, но с разными скоростями.

Лучи (обыкновенный и необыкновенный), созданные линейно поляризованным светом, являются когерентными, а пройдя анализатор будут иметь колебания векторов E_o и E_e в одной плоскости [2].

Различие в скоростях обыкновенного и необыкновенного лучей внутри ПЖК приводит к возникновению некоторой разности фаз, а следовательно, к оптической разности хода между двумя когерентными лучами. Таким образом, вышедшие из анализатора два луча удовлетворяют всем условиям, необходимым для осуществления интерференции.

Когда оптическая разность хода обыкновенного и необыкновенного лучей равна целому числу волн, то выходящий из анализатора свет будет максимальной интенсивности. Минимумы интенсивности будут наблюдаться, если оптическая разность хода двух лучей будет равна нечетному числу полуволн. Происходит гашение, но не полное. Следовательно, исходящий из анализатора свет будет меньшей интенсивности.

Если на пластинку направлять не монохроматический, а белый свет, то благодаря частичному гашению некоторых участков спектра прошедший свет уже будет не белым, а окрашенным.

На рис. 3 представлен общий вид структуры кристаллограммы в поперечном сечении.

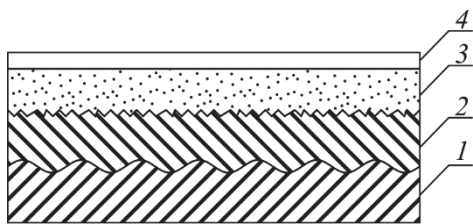


Рис. 3. Структура кристаллограммы:
1 – подложка; 2 – полимерная композиция;
3 – композиция, содержащая мономеры жидких кристаллов; 4 – защитный слой

На подложку 1 с отражающим слоем, которая может быть представлена в виде голографической фольги с нанесенным оригинальным рисунком, или позолотной фольги, или металлизированной бумаги наносят полимерную композицию 2, затем производят ее сушку и получают на подложке полимерный слой. Далее осуществляют структурирование методом тиснения всей поверхности полимерного слоя дифракционными рельефными структурами в виде символов (изображений) и пробельных мест, направление ориентации которых постоянно изменяется. На структурированную поверхность наносят композицию, содержащую мономеры жидких кристаллов 3. Под действием теплового воздействия происходит ориентирование и выстраивание жидкокристаллических мономеров вдоль направления штрихов дифракционных структур, при этом меняются оптические свойства слоя 3 – возникает двулучепреломление.

Производят УФ-полимеризацию нанесенной композиции, что стабилизирует свойства слоя 3, и наносят защитный прозрачный полимерный слой 4 на всю поверхность слоя, содержащего символы (изображения) и пробельные места из заподimerизованных жидких кристаллов. Если участок, созданный посредством такой дифракционной структуры, рассматривают сквозь линейный поляризатор и вращают плоскость пропускания такого поляризатора, то визуализируются защитные признаки в виде символов, цифр или какой-либо другой закодированной информации, которые генерируются на основании изменения направления поляризации зон с скрытыми изображениями.

Заключение. Предложенный в работе способ получения комбинированных защитных оптических элементов на базе рельефно-фазовой голограммы под названием кристаллограмма существенно увеличивает защищенность документа, усложняет его подделку, изменение и несанкционированный доступ к защищаемой информации. Освоено серийное производство данного изделия. Особую сложность составляли такие этапы производства, как: синтез мономеров и приготовление анизотропной поляризуемой композиции, получение слоя ПЖК с контрастной визуализацией скрытого изображения, блокирование слоя ПЖК защитными лаковыми слоями, организация эффективного контроля на всех этапах изготовления и использования ПЖК.

Литература

1. Калитеевский Н. И. Волновая оптика. М.: Высшая школа, 1995. 463 с.
2. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. М.: Мир, 1973. 698 с.
3. Голографические методы записи и средства идентификации комбинированных объемных и плоских изображений / Л. В. Танин [и др.] // Голография в России и за рубежом. Наука и практика: тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 26–28 окт. 2006 г. М., 2006. С. 19–20.
4. Идентификационная метка: пат. 5765 Респ. Беларусь. № 20080089; заявл. 11.02.2008; опубл. 30.12.2009. Бюл. № 6. С. 224.
5. Устройство для идентификации голографических марок: пат. 307 Респ. Беларусь. № и20000162; заявл. 20.10.2000; опубл. 02.04.2001. Бюл. № 3. С. 147.
6. Защитная метка: пат. 9286 Респ. Беларусь. № и20120980; заявл. 11.09.2012; опубл. 30.06.2013. Бюл. № 3. С. 188.

References

1. Kaliteevskiy N. I. *Volnovaya optika* [Wave optics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1995. 463 p.
2. Kol'yer R., Berkhardt K., Lin L. *Opticheskaya golografiya* [Optical holography]. Moscow, Mir Publ., 1973. 698 p.
3. Tanin L. V., Korolenko A. A., Moiseenko P. V., Vitkevich L. I. Holographic recording methods and means of identification of combined volume and flat images. *Tezisy dokladov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Golografiya v Rossii i za rubezhom. Nauka i praktika"* [Abstract for the III International scientific and practical conference "Holography in Russia and abroad. Science and practice"]. Moscow, 2006, pp. 19–20 (In Russian).
4. Tanin L. V., Moiseenko P. V., Manikalo V. V., Boborenko A. G., Lushchikov M. N., Gorcharuk A. I., Korolenko A. A., Tolstik A. L., Vasilenok G. D., Kazak N. S., Kabanov V. V., Belyy V. N.,

Smirnov A. G., Kislukhin S. V., Korochkin L. S., Gorelenko A. Ya., Nikolaychik O. K., Makarevich N. E., Shevtsov V. A. *Identifikatsionnaya metka* [Identification label]. Patent BY, no. 5765, 2009.

5. Tanin L. V., Rubanov A. S., Erokhovets V. K., Moiseenko P. V., Ryzhechkin S. A., Manikalo V. V., Burskiy V. A. *Ustroystvo dlya identifikatsii golograficheskikh marok* [Device for identification of holographic marks]. Patent BY, no. 307, 2001.

6. Tanin L. V., Boboreko A. G., Moiseenko P. V., Kabanov V. V., Altshuler V. D., Shangin S. V., Kislukhin S. V., Gorelenko A. Ya., Shevtsov V. A., Nikolaychik O. K., Makarevich N. E., Burskiy V. A., Ginnak S. N., Rak A. V. *Zashchitnaya metka* [Security label]. Patent BY, no. 9286, 2013.

Информация об авторах

Танин Леонид Викторович – доктор физико-математических наук, академик Международной инженерной академии, председатель Совета директоров – главный советник. ЗАО «Голографическая индустрия» (220012, г. Минск, пер. Калинина, 12, Республика Беларусь). E-mail: leonidtanin@gmail.com

Горчарук Андрей Иванович – начальник отдела матриц. ЗАО «Голографическая индустрия» (220012, г. Минск, пер. Калинина, 12, Республика Беларусь). E-mail: gaiholin@gmail.com

Моисеенко Петр Васильевич – кандидат технических наук, заместитель директора по науке и инновационной деятельности. ЗАО «Голографическая индустрия» (220012, г. Минск, пер. Калинина, 12, Республика Беларусь). E-mail: moi@holography.by

Танин Вячеслав Андреевич – аспирант, заместитель директора по коммерческим вопросам. ЗАО «Голографическая индустрия» (220012, г. Минск, пер. Калинина, 12, Республика Беларусь). E-mail: tanin@holography.by

Information about the authors

Tanin Leonid Viktorovich – DSc (Physics and Mathematics), Academician of the International Academy of Engineering, Chairman of the Board of Directors – Chief Adviser. CJSC “Holography industry” (12, Kalinina Lane, 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: leonidtanin@gmail.com

Harcharuk Andrey Ivanovich – Head of Matrix Department. CJSC “Holography industry” (12, Kalinina Lane, 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gaiholin@gmail.com

Moiseenko Petr Vasil'yevich – PhD (Engineering), Deputy Director for Science and Innovation. CJSC “Holography industry” (12, Kalinina Lane, 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: moi@holography.by

Tanin Vyacheslav Andreevich – PhD student, Deputy Director for Commercial Affairs. CJSC “Holography industry” (12, Kalinina Lane, 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tanin@holography.by

Поступила после доработки 08.10.2019