

М. Ф. Носков, В. Б. Шлишевский

## ПСЕВДОЦВЕТНОЙ ОКУЛЯР ДЛЯ ПРИБОРОВ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Предложен псевдоцветной окуляр для приборов ночного видения различного назначения. Окуляр содержит дополнительное устройство с подсветкой, направляющее в глаз наблюдателя полимонохроматический световой пучок с равномерно распределенной по полю зрения яркостью.

*Ключевые слова:* прибор ночного видения, окуляр, прицел, смешение цветов.

В настоящее время одним из перспективных направлений усовершенствования приборов ночного видения (ПНВ) является разработка и применение систем, обеспечивающих получение высокодетальных изображений местности в псевдоцветах [1]. Это связано с тем, что чувствительность глаза человека к изменениям цвета более чем на два порядка превосходит его чувствительность к изменениям интенсивности излучения [2]. Значимость работ, связанных с проектированием псевдоцветовых ПНВ, обусловлена качественно новыми информационными возможностями таких приборов по сравнению с оптико-электронной аппаратурой, построенной по традиционным схемам и предназначенной для получения монохроматических изображений.

Совершенствование технических средств и методов с использованием псевдоцветного изображения является чрезвычайно актуальным в связи с высокой эффективностью их применения в целом ряде военных задач, среди которых особо следует выделить:

- ведение прицельной стрельбы из индивидуального стрелкового оружия, артиллерийского и танкового вооружения;
- наблюдение за полем боя и разведку (обнаружение, распознавание и определение координат) целей (личного состава, боевой техники, инженерных сооружений и др.);
- идентификацию объектов фоноцелевой обстановки и проведение ночных инженерных работ.

При псевдоцветовом кодировании массива монохроматических изображений замаскированных целей вероятность их обнаружения и распознавания существенно выше, чем при использовании обычных монохроматических изображений. Во многих случаях предлагаемые устройства могут являться единственным источником информации, который позволяет идентифицировать объекты, скрытые посредством применения маскирующих свойств местности или средств пассивной маскировки. По тонким различиям в интенсивности изображения,

преобразованным в цветовые характеристики, можно осуществлять селекцию макетов, имитирующих военные объекты, а также оценивать состояние вооружения и военной техники.

Существующие в настоящее время системы с созданием псевдоцветного изображения могут использовать либо поочередное во времени, либо одновременное смешение цветов, при этом для образования видимых изображений принято использовать красный (*R*), зеленый (*G*) и синий (*B*) цвета с длиной волны 700, 546 и 436 нм соответственно [3]. Эти же принципы могут быть реализованы применительно к ПНВ с электронно-оптическими преобразователями.

Цветной ЭОП прямого переноса излучения состоит из входного волоконно-оптического элемента, спрессованного из тонких оптических волокон, конструкция которых такова, что позволяет являться и передатчиком излучения, и оптическим фильтром [4]. На торцы этих оптических волокон наклеен фотокатод с равномерной чувствительностью по всему видимому спектру. На некотором расстоянии от фотокатода установлена микроканальная пластина, размер канала которой соответствует диаметру волокна входного волоконно-оптического элемента. На выходное окно преобразователя нанесены элементы *RGB*-люминофора.

Основной недостаток системы — высокая стоимость, более чем на два порядка превышающая стоимость оружия, для которого она предназначена. По данной причине практического применения как ПНВ для стрелкового оружия система не получила.

Существуют и другие схемы получения цветного изображения с одновременным смешением монохроматических составляющих. Например, изображение, построенное объективом, разделяется на три отдельных изображения, которые затем пропускаются через три светофильтра. Эти три изображения затем поступают на три отдельных ЭОП, затем — на три светофильтра *RGB*, затем при помощи оптической системы изображения сводятся вместе [5]. Таким образом можно получить цветное изображение.

Основные недостатки системы — почти трехкратное увеличение веса и габаритов аппаратуры, а также повышенная чувствительность к разбюстировкам под воздействием ударных нагрузок и вибраций. Стоимость такой системы — около 6000 долларов.

По аналогичному принципу действует и ЭОП с последовательным смешением цветов [6]. Отличие состоит в том, что на один и тот же ЭОП последовательно при помощи трех различных светофильтров поступает изображение, представляющее собой сочетание трех значений длины волны, а после ЭОП эти же три изображения через светофильтры *RGB* последовательно попадают на сетчатку глаза человека. На уровне психофизического восприятия и формируется псевдоцветное изображение.

В ряде систем используются жидкокристаллические дисплеи (ЖКД). Работа ЖКД основана на изменении двулучепреломления жидкого кристалла под действием приложенного электрического поля и изменении поляризации светового пучка, прошедшего сквозь жидкий кристалл. Изменение состояния поляризации затем при помощи поляроида-анализатора переводят либо в изменение интенсивности монохроматической картины, либо в изменение цвета картины полихроматической.

Наиболее известны разработки компании CRL (Central Research Lab, Великобритания) [1]. Цветной ЖК-дисплей RXA1C имеет следующие характеристики.

Размер по диагонали, мм.....	15
Формат, пикселей .....	1024×768
Размер пикселя, мкм.....	12×12
Габаритные размеры, мм.....	128×52×15
Потребляемая мощность, Вт.....	4
Рабочий диапазон температур, °С .....	+10—+50

Дисплей создавался для военных действий в тропическом и субтропическом климате. Применение такого дисплея с подогревом в условиях минусовых температур проблематично из-за отпотевания прибора. Дисплеи типа RXA1C, работающие в условиях низких темпера-

тур, неизвестны.

Фирма Kaiser Elektro-Optics (США) выпускает микродисплеи с псевдоцветным изображением с достаточно высокими характеристиками [7], но масса дисплея превышает 2 кг, что делает его неприменимым в ПНВ для стрелкового вооружения.

Приведенные примеры подтверждают, что разработка и создание новых ПНВ является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений оптико-электронного приборостроения. Приборы этого типа имеют инвестиционную привлекательность, так как, обладая возможностями двойного применения, создают условия для получения прибыли за счет коммерческих продаж на рынке аналитических средств.

С целью упрощения конструкции и повышения устойчивости системы организации псевдоцветного изображения к внешним воздействиям нами предлагается использовать методы, разработанные для преобразования монохроматической интерференционной картины в псевдоцветную [8, 9], поместив в окуляр дополнительное устройство, позволяющее направить в глаз наблюдателя псевдомонохроматический световой поток с равномерно распределенной по полю зрения яркостью [10].

В качестве дополнительной подсветки возможно использовать светодиоды с максимумом излучательной способности на длине волны 420 или 620 нм. Для улучшения качества изображения в систему вводится узкополосный дисперсионный светофильтр, склеенный из цветных оптических стекол различных марок. Изменяя соотношение толщины указанных стекол, возможно изменять длину волны максимума пропускания светофильтра в требуемом спектральном диапазоне.

Один из возможных вариантов практической реализации такой системы заключается в том, что на выходную поверхность экрана фотокатода наносят матовое покрытие с диффузным рассеянием, дополнительно помещают оптическую систему с передним апертурным углом, меньшим угла диффузного рассеивания матового покрытия, и освещают дополнительную оптическую систему вторым субтрактивным цветом. В результате такого смещения двух цветов на сетчатке глаза человека и появляется ощущение псевдоцвета.

Принципиальные основы построения предлагаемых устройств проверены и подтверждены экспериментами, проведенными на лабораторном стенде, собранном на базе оптической скамьи ОСК-2. Использовался ЭОП типа ЭПМ 105Г-01-22А со следующими основными параметрами:

- максимум спектральной чувствительности на длине волны 850 нм;
- яркость свечения экрана 2 кд/м<sup>2</sup>;
- разрешающая способность 42 штр./мм.

Предлагаемый окуляр конструктивно сравнительно прост, не содержит дополнительных подвижных элементов, не требует импортных комплектующих и допускает возможность модернизации уже находящихся на вооружении ПНВ. При этом его масса дополнительно возрастает предположительно не более чем на 50—80 г, что не препятствует возможности работы прибора „с рук“, а энергопотребление ПНВ увеличивается ориентировочно на 0,1 Вт.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы „смотрящего“ типа. М.: Логос, 2004. 444 с.
2. Луизов А. В. Глаз и свет. Л.: Энергоатомиздат, 1983. 132 с.
3. Кривошеев М. И., Кустарев А. К. Цветовые измерения. М.: Энергоатомиздат, 1990. 240 с.
4. Здобников А. Е., Тарасов В. В., Груздев В. В., Илюхин В. А., Лысов А. Б. Возможные пути построения ЭОП цветного изображения. [Электронный ресурс]: <<http://www.leds.ru/an132.htm>>.
5. Здобников А. Е., Тарасов В. В., Груздев В. В., Лысов А. Б., Илюхин В. А. Электронно-оптический преобразователь. Заяв. № 2000105071 от 02.03.2000.

6. *Здобников А. Е., Тарасов В. В., Груздев В. В., Лысов А. Б., Илюхин В. А.* Устройство для получения цветного изображения в условиях низкой освещенности. Заяв. № 2000125659 от 12.10.2000.
7. *Jiang H., Lin J.* Microdisplays based on III-nitride wide band-gap semiconductors put the future in our hands // SPIE OE Magazine. 2001. N 7. P. 28—29.
8. Патент РФ № 2166730. Способ интерференционного измерения формы поверхности оптических деталей / *М. Ф. Носков*. Оpubл. 10.05.2001. Б.И. № 13.
9. Патент РФ № 2224982. Способ интерференционного измерения формы поверхности оптических деталей / *М. Ф. Носков*. Оpubл. 27.02.2004. Б.И. № 6.
10. *Носков М. Ф., Шлишевский В. Б.* Псевдоцветной окуляр для прицелов ночного видения // Тез. докл. Совещ. „Актуальные проблемы полупроводниковой фотоэлектроники (Фотоника—2008)“. Новосибирск, 2008. С. 144.

**Сведения об авторах****Михаил Федорович Носков**

— д-р техн. наук; Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра радиоэлектроники, Новосибирск

**Виктор Брунович Шлишевский**

— д-р техн. наук, профессор; Сибирская государственная геодезическая академия, кафедра фотограмметрии и дистанционного зондирования, Новосибирск; E-mail: svb\_dom@ngs.ru

Поступила в редакцию  
12.01.09 г.