

С. Е. Никитин¹, И. В. Парко¹*

Качественные характеристики объективов фасеточного зрения

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: snikitin735@gmail.com

Аннотация. В статье рассказывается о системах фасеточного зрения. Описываются новые технологии в данной сфере и их характеристики. При решении ряда научных и практических задач (мониторинг, обнаружение объектов, целеуказание и др.) возникает необходимость обзора пространства в широкой кольцевой зоне (360° по азимуту, десятки градусов по углу места), в полусфере или даже в полной сфере. Обычные объективы, направленные в различные стороны, например, выстроенные по окружности и перекрывающие таким образом своими угловыми полями кольцевую зону, – вполне подходящая идея для построения обзорнопанорамной оптико-электронной системы. Такие системы используются, например, для видеонаблюдения, обнаружения и локации импульсных целей. Отсутствие механического сканирования является в последнем случае решающим достоинством, к которому следует добавить возможность использования объективов с большими входными зрачками.

Ключевые слова. Фасеточное зрение, оптика, омматидии, микролинзы, динамический диапазон, микроячейка

S. E. Nikitin¹, I. V. Parko¹*

Qualitative characteristics of faceted vision lenses

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk,
Russian Federation

* e-mail: snikitin735@gmail.com

Abstract. The article describes the systems of faceted vision. New technologies in this field and their characteristics are described. When solving a number of scientific and practical tasks (monitoring, object detection, targeting, etc.), it becomes necessary to survey space in a wide circular zone (360 degrees in azimuth, tens of degrees in the angle of the place), in a hemisphere or even in a full sphere. Conventional lenses directed in different directions, for example, arranged in a circle and thus overlapping the annular zone with their angular fields, are quite a suitable idea for building a panoramic optical–electronic system. Such systems are used, for example, for video surveillance, detection and location of pulse targets. The absence of mechanical scanning is in the latter case a decisive advantage, to which should be added the possibility of using lenses with large entrance pupils.

Keywords. Faceted vision, optics, ommatidia, microlenses, dynamic range, microcell

Введение

В природе кроме обычного глаза, строящего изображение через единственный входной зрачок, существует другой – фасеточный. Этот глаз состоит из множества микрообъективов, строящих одно большое изображение [1]. Можно ли

использовать фасеточное зрение в оптико-электронных системах? Стоит ли задумываться о реализации этого, ведь реализация многих природных моделей оказалась невозможной?

Чтобы разобраться в данной теме, необходимо изучить устройство фасеточного глаза и существующие технологии в данной сфере.

Методы и материалы

Для начала нужно разобраться, как работает фасеточный глаз в природе. Для примера возьмем глаз мухи. Глаз мухи имеет зрительную систему, сильно отличающуюся от аналогичной системы позвоночных. Этот глаз состоит из омматидиев, представляющих собой узкие вытянутые конуса, образующие сетку. Наружная часть фасетки омматидия имеет форму шестигранника, позволяющей поместить максимальное количество элементов на единице площади (рис. 1) [2–3].

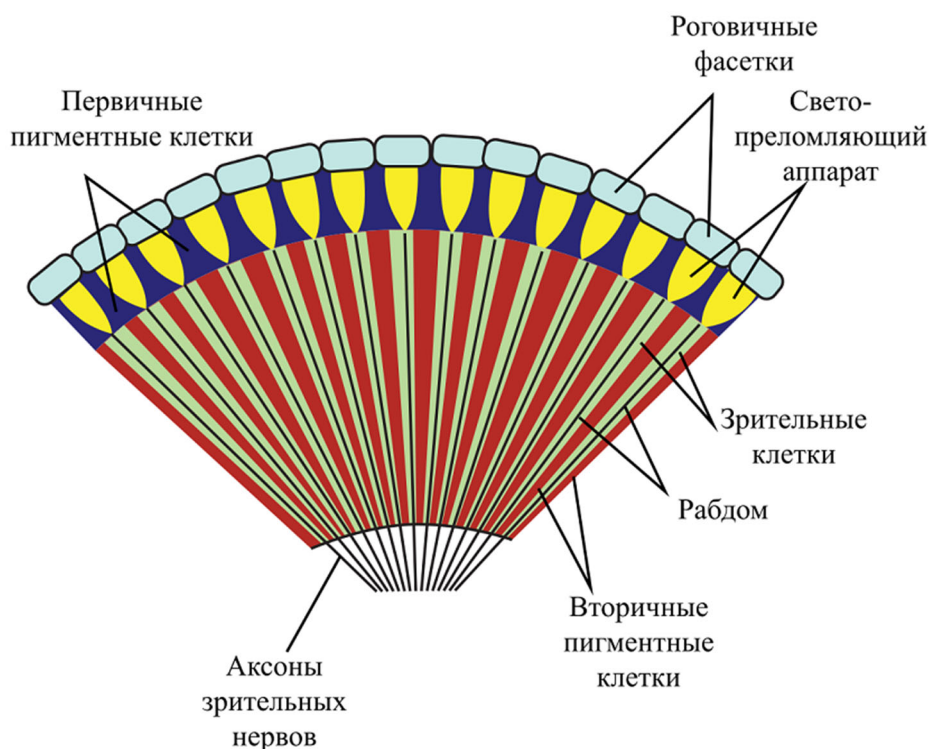


Рис. 1. Строение фасеточного глаза

Также существуют различия между фасеточными глазами. Это зависит от образа жизни разных видов насекомых. Существуют 3 вида, а именно:

- Аппозиционные фасеточные глаза;
- Нейросуперпозиционные фасеточные глаза;
- Оптикосуперпозиционные фасеточные глаза.

У каждого вида несущественно отличается строение глаза, что сказывается на разрешающей способности и цветовом восприятии (рис. 2).

При электронно-микроскопических исследованиях было обнаружено, что фасетки дневных и ночных бабочек, двукрылых, ручейников покрыты сеткой из прозрачных кутикулярных бугорков высотой около 200 нм и настолько же отстоящих друг от друга.

Разнообразие схем оптической компоновки возникло, в первую очередь, как адаптация к слабому освещению, при этом нейросуперпозиционная подразумевает наличие более продвинутого анализатора, так как здесь уже явно происходит первичная обработка сигнала на уровне первого слоя нервных клеток. То есть здесь уже наблюдается попытка не просто передавать изображение в зрительные ганглии как «точка в точку», но определять «объекты» в виде простейших примитивов.

Сама темновая адаптация необходима по той причине, что невозможно построить схему с диапазоном чувствительности рецепторов в сотни тысяч или даже миллионы раз. Поэтому все зрительные системы работают по принципу различения контрастов освещения, а не его абсолютной величины, а это обычно всего лишь несколько десятков раз. Поэтому стоит рассмотреть строение антибликовой поверхности более подробнее [4].

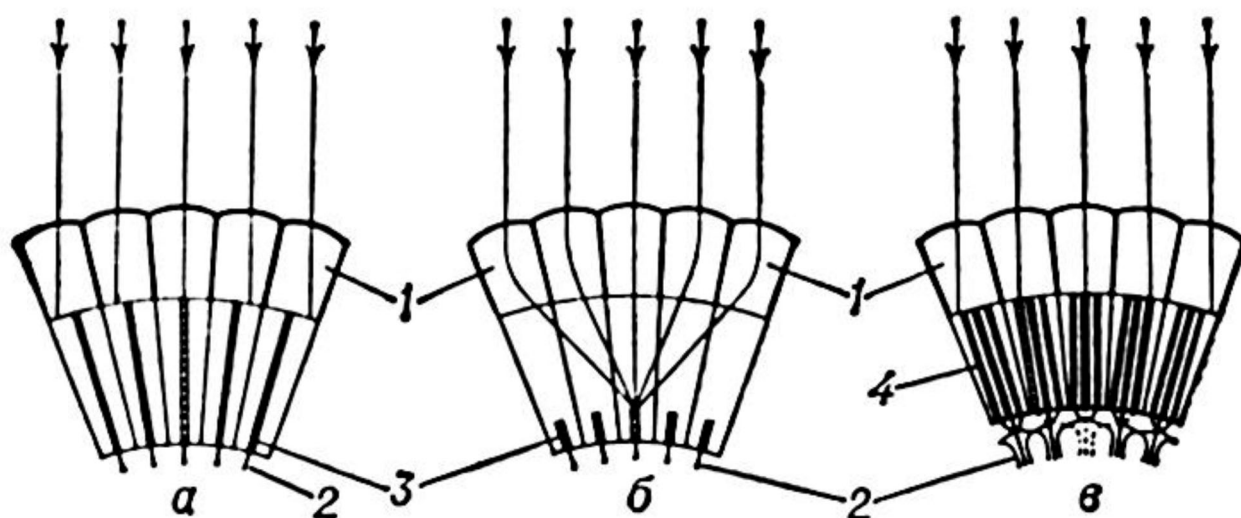


Рис. 2. Разрешающая способность и цветовое восприятие:

- а) аппозиционные фасеточные глаза;
- б) оптикосуперпозиционные фасеточные глаза;
- в) нейросуперпозиционные фасеточные глаза.

Эти особенности строения фасеточного глаза заинтересовали ученых по всему миру. При решении ряда научных и практических задач возникает необходимость обзора пространства в широкой кольцевой зоне, в полусфере или даже в полной сфере [5].

В настоящее время существуют прототипы фасеточного зрения. К примеру, команда швейцарских ученых из Федеральной политехнической школы Лозанны

(EPFL) создала прототип искусственного фасеточного глаза под названием CURVed Artificial Compound Eyes (CurvACE) (рис. 3).

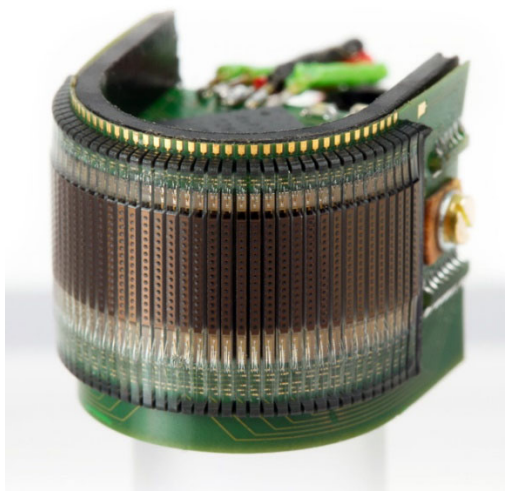


Рис. 3. Фасеточный глаз CurvACE

CurvACE состоит из 630 «омматидиев», каждый из которых представляет собой светочувствительный элемент и микролинзу, фокусирующую на него узкий пучок света. Глаз имеет угол обзора 60 градусов в вертикальной и 180 – в горизонтальной плоскости.

Глаз имеет объем всего 2,2 кубических сантиметра и весит 1,75 грамм, но современный уровень техники позволит уменьшить его размеры вдвое.

Этот искусственный глаз предназначен для систем визуальной навигации роботов. Глаз обладает высокой чувствительностью и динамическим диапазоном, что дает защиту от ослепления солнечным лучом. В сочетании с быстродействием (1500 кадров в секунду) это делает его идеальным инструментом для определения робота в пространстве [6–7].

На основе фасеточного зрения в США была изобретена фотокамера AWARE-2. Это высокочувствительное фотографическое устройство размером 75 на 75 сантиметров и весом 45 килограммов (рис. 4)

Матрица AWARE-2 состоит из 98 отдельных модулей каждый с разрешением 14 мегапикселей. Конструктивно модули расположены на внутренней поверхности сферы и направлены в ее центр, где располагается высокоточная сферическая линза, работающая как фасетчатый глаз, только наоборот. При помощи AWARE-2 возможно получение высококачественных панорамных изображений с горизонтальным углом обзора в 120 градусов. Истинный размер изображения достигает 3,3 метра в ширину, а при увеличении фотографии возможно распознавание букв стандартного печатного текста, запечатленного с километровой дистанции. AWARE-2 делает черно-белые фотографии (рис. 5).



Рис. 4. Внешний вид камеры AWARE-2

Применять камеру будут в военной сфере, для воздушной разведки и систем передового наблюдения [8].



Рис. 5. Пример фотографии с камеры AWARE-2, сделанной с расстояния 1000 м

Результаты

Разработки в сфере фасеточного зрения	
CurvACE	Применяется в сфере приборостроения
AWARE-2	Применяется в сфере картографии

Обсуждение

Насекомые с фасеточным зрением давно обитают на Земле, но человек только сейчас заинтересовался строением данных глаз. В настоящее время существует множество разработок в этой сфере.

Описанные выше прототипы помогут в продвижении прогресса, а также с помощью них можно создать новые системы, которых раньше не было.

Заключение

Тема фасеточного зрения направлена на расширение знаний о технологии фасеточного зрения. Для того, чтобы понять, актуальна ли тема фасеточного зрения, были рассмотрены темы строения глаз насекомых. Также были изучены уже существующие разработки по данной теме.

Фасеточное зрение – это технология будущего, которая интенсивно развивается. Многие страны готовы «вкладываться» в это направление, потому что благодаря фасеточному зрению можно сделать приборы о которых раньше даже не задумывались. Уже сейчас существуют прототипы, но они еще не готовы для масштабного использования. Необходимо вкладывать больше усилий для разработки приборов с системой фасеточного зрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фасеточное зрение: перспективы в оптико-электронных системах: статья / В. Соломатин; МИИГАиК. – Москва: Текст: непосредственный.
2. Л. Проссер, Ф. Браун, Сравнительная физиология животных, пер. с англ.: учебное пособие / Л. Проссер, Ф. Браун. - Москва: Большая советская энциклопедия, 1967. – 12 гл. – Текст: непосредственный.
3. Г. А. Мазохин-Поршняков, Зрение насекомых: учебное пособие / Г. А. Мазохин-Поршняков. – Москва: Большая советская энциклопедия, 1965. – Текст: непосредственный.
4. Строение фасеточного глаза: статья / scorchер.ru – 11.12.2020 – URL: https://scorchер.ru/axiomatics/axiom_show.php?id=636 (Дата обращения: 19.11.2022). Режим доступа: открытый.
5. Фасеточный глаз: статья / Palarm: scorchер.ru – URL: https://scorchер.ru/theory_publisher/show_art.php?id=808 (Дата обращения: 25.10.2022). Режим доступа: открытый.
6. Швейцарские ученые разработали искусственный фасеточный глаз: статья / Нордавинд: habr.com – 03.04.2013 – URL: <https://habr.com/ru/company/nordavind/blog/188620/> (Дата обращения: 29.10.2022). Режим доступа: открытый.
7. Базовый фотоприемник системы фасеточного зрения: патент / А. Н. Вараксин, С. Б. Гатилов, Н. И. Куренков, С. К. Чувахин, В. Н. Шапкин; ООО "Научно-производственное объединение программные комплексы реального времени". – RU 2 613 349 C1 – 01.02.2016 – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2613349C1_20170316 (Дата обращения: 19.11.2022). – Режим доступа: открытый.
8. AWARE-2 — портативная гигапиксельная фотокамера: статья / YaProfi.Net – 24.02.2013 – URL: <https://www.yaprofi.net/aware-2-a-gigapixel-camera/> (Дата обращения: 29.10.2022). Режим доступа: открытый.

© С. Е. Никитин, И. В. Парко, 2023