

Артем Буреев | artem_bureev@mail.ru | Дмитрий Жданов | D_S_Zhdanov@mail.ru
Владимир Сырякин | Василий Юрченко | yur_med@mail.ru

Современные технологии в медицинских приборах для визуализирующей диагностики

В статье описывается использование светодиодной подсветки в видеокольпоскопах нового типа.

Стоит отметить, что сегодня деятельность в области здравоохранения стала настолько связанной с использованием разнообразных технических средств, что с экономической точки зрения ее правомерно называть медико-производственной, а саму медицину считать чуть ли не производственной отраслью экономики. Используемое в лечебно-профилактических учреждениях медицинское оборудование имеет высокую степень износа, в эксплуатации находится до 80% физически и морально устаревшей медицинской техники. Многие приборы и аппараты за 15–20 лет эксплуатации неоднократно выработали свой ресурс и устарели технически настолько, что не позволяют обеспечить должное качество обследований и эффективность лечения больных.

Важным направлением в современной медицине является неинвазивная визуализирующая диагностика, в том числе кольпоскопия. Кольпоскопические исследования позволяют увидеть и описать патоморфологические процессы, протекающие в слизистой оболочке шейки матки. Обследование с помощью кольпоскопа помогает врачу в распознавании рака

шейки матки на ранних стадиях, а также в диагностике доброкачественных изменений в области шейки матки, влагалища, вульвы. Кольпоскоп позволяет увидеть даже самые незначительные дефекты ткани, не всегда заметные при визуальном осмотре.

При создании видеокольпоскопов важное значение имеет комплексное использование методик классической кольпоскопии и современных способов компьютерной обработки изображений. К этому классу приборов относится видеокольпоскоп «Викомед». Его особенностью является отсутствие окуляров для непосредственного визуального осмотра при наличии встроенной цветной видеокамеры, позволяющей получать четкое изображение исследуемого органа и передавать его на монитор для изучения и дальнейшего анализа. Используемые для подсветки светодиоды повышенной яркости, согласованные по спектральным характеристикам с камерой, позволяют получать качественное изображение слизистой оболочки поверхности исследуемого органа. Камера видеокольпоскопа изначально настроена так, чтобы сразу же было получено четкое изображение поверхности

шейки матки (фокусное расстояние после фиксации прибора с насадкой на зеркале Куско не более 15 см). Регулировка яркости свечения светодиодного кольца происходит посредством перемещения соответствующего ползунка в интерфейсе специализированного программного обеспечения.

Для четкой передачи изображения использован источник освещения, обеспечивающий требуемый уровень освещенности и спектральный состав излучения и видимого диапазона длин волн, адаптируемый к спектральной чувствительности видеокамеры. Из всех источников освещения самым подходящим вариантом являются светодиодные источники освещения [1, 2]. Малые размеры и низкие уровни рассеиваемой мощности позволяют использовать светодиоды в качестве источников излучения, монтируемых в элементы подсветки поля зрения видеокамеры. Светодиодный источник для подсветки камеры оснащен коллиматорной линзой, формирующей параллельный пучок лучей. Были разработаны различные варианты линз и систем управления освещением.

На рис. 1 представлена блок-схема видеокольпоскопа «Викомед».

Универсальный блок крепления делает возможным использование «Викомеда» с любыми гинекологическими креслами, как отечественного, так и зарубежного производства. Манипулятор-крепление, гнущийся во всех направлениях, позволяет располагать видеоблок в любом удобном для врача положении.

На рис. 2 представлен внешний вид видеокольпоскопа ЭКС-1 в сравнении с видеокольпоскопом «Викомед».

Сравнение видеокольпоскопа «Викомед» с другими аналогичными приборами представлено в таблице.

По сравнению с аналогами, видеокольпоскоп имеет следующие преимущества:

- низкое энергопотребление;
- малые габаритные размеры;
- более эффективный источник освещения;
- малый вес;
- эргономичный дизайн;
- возможность мобильного использования (в комплекте с ноутбуком);
- доступная цена.

Передняя часть корпуса прибора, которая может иметь контакт с пациентом, закрыта

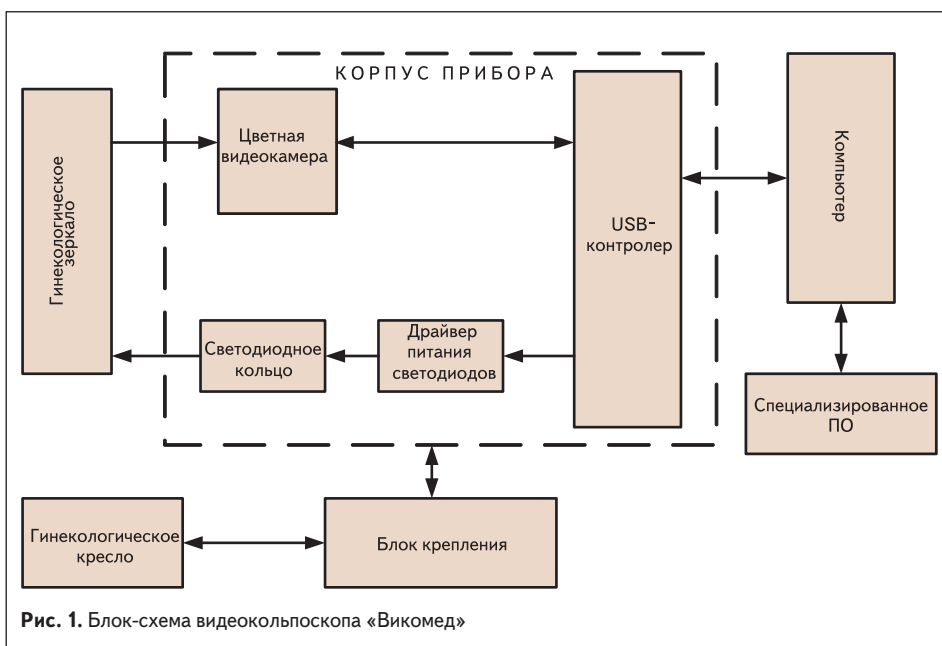


Рис. 1. Блок-схема видеокольпоскопа «Викомед»



Рис. 2. Внешний вид видеокольпоскопов: а) «Викомед»; б) ЭКС-1



Рис. 3. Видеокольпоскоп «Викомед», подключенный к персональному компьютеру

сменной насадкой одноразового применения (рис. 3). Конструкция прибора позволяет легко крепить его на гинекологическое зеркало. Время готовности прибора к работе при подключении его к USB-разъему ПК и специализированному ПО, установленному в ПК, — не более 3 мин. Размер поверхности, считываемой прибором, — от 30×30 до 50×50 мм. Сила света диодов, составляющих источник света, — не менее 2 кд.

Еще одним преимуществом видеокольпоскопа «Викомед» является наличие в его базовой комплектации специализированного программного обеспечения, позволяющего:

- вести электронные истории болезни пациентов, обращающихся на прием;
- хранить в зашифрованном виде информацию о пациенте;
- хранить изображения слизистой оболочки поверхности шейки матки в специализированной базе данных;
- получать цветные телевизионные изображения с аппаратной части видеокольпоскопа;
- регулировать яркость свечения светодиодной подсветки прибора;

- анализировать полученные цветные телевизионные изображения на предмет наличия патологии поверхности шейки матки.

Для диагностических систем подобного класса важно в первую очередь визуальное восприятие изображения, а не численные значения его элементов. При этом диапазон данных обычно шире диапазона доступных цветов, которыми может быть представлено изображение. По этой причине в ряде случаев обработка данных на уровне изображения может привести не только к потере полезной информации, но и к неверным результатам. Поэтому цветные изображения, полученные в результате обследования пациента, сохраняются в базе данных в том виде, в котором они получаются с видеокамеры (без сжатия исходного изображения) [3].

Каждая патология внутренних органов человека имеет большое количество признаков, не являющихся строго специфическими, и диагноз ставится только при наличии определенного комплекса таких признаков. При разработке ПО для нашей системы на основе анализа большого количества полученных

изображений (1000 снимков) было выяснено, что для изображений здоровых органов характерны определенные цветовые оттенки. Был реализован алгоритм поиска и сравнения распределения характерного спектра цветов на анализируемом изображении. Получать информацию о цветовых оттенках, отделенную от яркости, позволяет цветовая модель Lab. В этой цветовой модели канал L характеризует яркость точки, каналы а, b — цветовой оттенок. Цветное изображение с цифровой видеокамеры получается в цветовой модели RGB, где R, G, B — оттенки красного, зеленого и синего цветов соответственно. Поэтому единственное преобразование, которому подвергается полученное изображение, — преобразование модели RGB в Lab. Затем полученный спектр сравнивается со спектром изображения здорового органа (так называемое эталонное изображение, ЭИ). В зависимости от результатов сравнения программное обеспечение видеокольпоскопа «Викомед» ставит приблизительный диагноз, который поможет специалисту принять верное решение.

Поскольку внутренние органы покрыты слоем слизи, при освещении объекта исследования получается большое количество бликов, которые могут скрывать очаг патологии. В связи с этим области изображений, содержащие блики, не несут никакой полезной информации (блик — это, по сути, отказ оборудования регистрировать точный уровень сигнала), и их необходимо исключить из обработки. Для поиска бликов используется специальный алгоритм: анализируются значения RGB-компонент изображения и фиксируется расположение точек, в которых их значения больше заданного порога: это-то и будут «вершины бликов». Затем выполняется фильтрация изображения низкочастотным фильтром, чтобы устранить высокочастотные помехи, создаваемые видеокамерой. В качестве фильтра используется свертка с ядром в виде гауссиана $n \times n$:

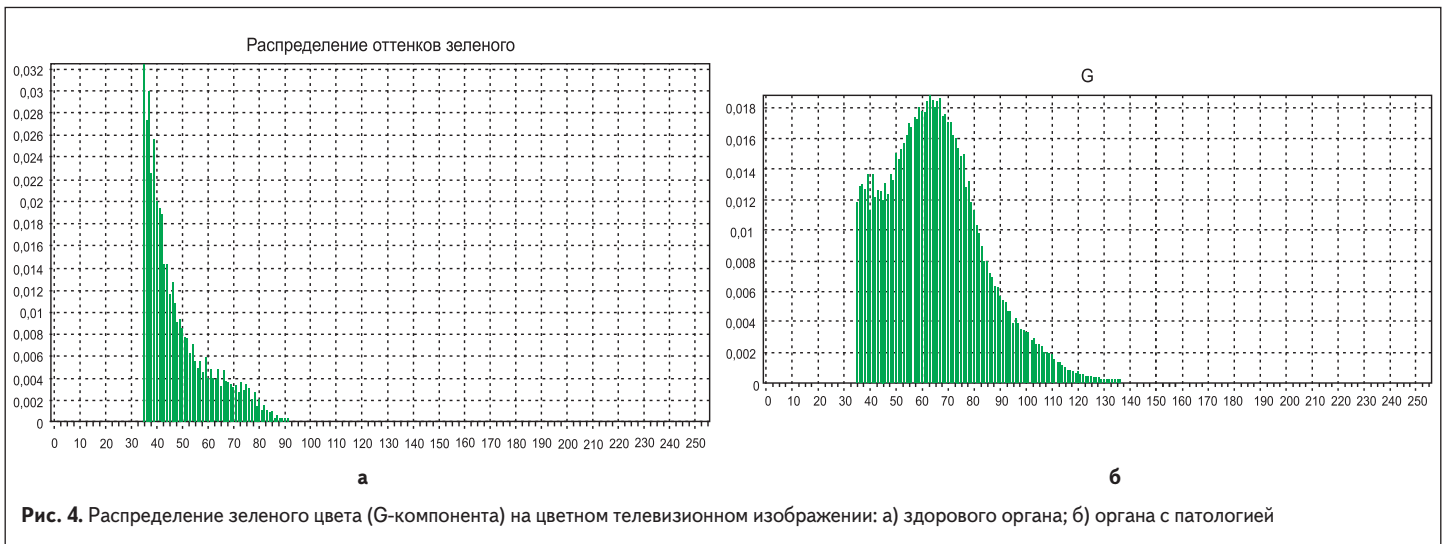
$$m[i][j] = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{\left(\sqrt{\left(i-\frac{n}{2}\right)^2 + \left(j-\frac{n}{2}\right)^2} - \frac{n}{2}\right)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Далее происходит работа со сглаженным изображением: выполняется «спуск» с этих

Таблица. Сравнительная характеристика видеокольпоскопов

Параметры	Наименование фирмы/прибора			
	ОАО НИИПП «Викомед»	Здоровый мир КС-01	«ЭКОМП НПП» ЭКС-1	Olimpus OCS-500
Видимое увеличение, крат	2–10	2,6–31,5	2,2–47,6	7,8–23
Рабочее расстояние, мм	200	300	250	350
Потребляемая мощность, Вт	100	150	150	150
Габаритные размеры (Ш×Д×В), мм	40×1000*×40	400×420×1400	600×1000*×1190	600×600×1400
Вид освещения	светодиод	галогенная лампа 150 Вт	галогенная лампа 150 Вт	световод
Светофильтр	программный	+	+	+
Масса, кг	5	19	20	20
Программное обеспечение	в базе	опция	опция	опция
Цена, руб.	100 000	103 000	93 000	251 000

Примечание: * — Для видеокольпоскопов «Викомед» и ЭКС-1 длина указана максимально возможная, с учетом полного выпрямления манипулятора.



вершин во все стороны в радиальном направлении до тех пор, пока не уменьшается разница между значениями интенсивности соседних точек последовательности:

$$(p_i - p_{i-1}) \geq (p_{i-1} - p_{i-2}), \quad (2)$$

где p_i – интенсивность i -й точки в последовательности.

Программная реализация алгоритма напоминает известный алгоритм поиска в ширину, с той разницей, что необходимо для каждой текущей граничной точки запоминать последний раз вычисленную разницу в интенсивности соседних точек последовательности. На основании набора текущих граничных точек вычисляется набор граничных точек следующего поколения, и т. д. Процесс поиска прекращается, когда не остается текущей граничной точки, для которой выполняется критерий (2).

Завершающая точка на спуске и будет границей области блика. Она соответствует моменту резкого изменения наклона касательной к графику (рис. 4) в сторону уменьшения производной [3, 4].

Все перечисленные выше алгоритмы обработки изображения реализованы в программном обеспечении, входящем в состав «Викомеда». Настройка всего ПО сводится к запуску инсталлятора, после чего происходит установка всех необходимых компонентов. Единственным условием для корректной работы ПО «Викомед» является правильная сборка прибора и подключение всех компонентов аппаратной части [5].

Также программное обеспечение может быть интегрировано с телемедицинскими сетями, что позволяет специалисту проводить онлайн-консультации и передавать по зашифрованному каналу связи другим специалистам информацию, необходимую для работы с пациентом, пришедшим на прием.

Программное обеспечение позволяет вводить, фильтровать и анализировать цветное изображение на компьютере. Время обработки одного кадра изображения не более 5 с (без учета времени работы оператора). Время

предоставления информации о патологии не более 30 с. Количество записываемых кадров на жесткий диск — не менее 1 000 (при сжатии информации), разрешение не менее 1,3 Мпикс. Прибор обеспечивает передачу до 32 000 оттенков цветов, динамический диапазон яркости анализируемых цветов не менее 72 дБ.

Выводы

В результате совместной работы специалистов Научно-исследовательского института полупроводниковых приборов (ОАО «НИИПП») и ООО «Диагностика+» разработан прибор для кольпоскопии, имеющий по сравнению с известными аналогами следующие особенности:

- Совместное использование миниатюрного кольцевого источника света с параболической линзой и цветной телевизионной камерой создает равномерное освещение исследуемой поверхности органа человека, исключает геометрические искажения, блики и ложные участки считываемого телевизионного изображения.
- Конструктивное расположение на медицинском инструменте светодиодного кольцевого источника света и цветной телевизионной камеры в той части медицинского инструмента, которая непосредственно приближается к исследуемому органу человека, позволяет эффективно использовать rozpoznawające возможности прибора и исключать потерю и искажение информации на этапе ее передачи.
- Структурная реализация предусматривает работу видеокольпоскопа «Викомед» через USB-порт с персональным компьютером или ноутбуком, подключаемым к информационной сети клиники. «Викомед», укомплектованный ноутбуком, можно использовать для диагностики заболеваний человека вне лечебного учреждения (медицина катастроф, военно-полевая медицина и т. д.). Кроме того, низкие уровни напряжения обеспечивают высочайший уровень безопасности прибора для персонала и пациента.
- Наличие специализированного диагностического программного модуля на основе расчета

текстурных характеристик, векторов смещений элементарных участков и фрактальных размерностей поверхности органов человека позволяет в автоматизированном режиме, реальном времени и с высокой вероятностью обнаруживать наличие заболевания на исследуемом участке изображения. ●

Литература

1. Газиева Е. Э., Васильев А. В., Сырякин В. И., Юрченко В. И. Системы освещения в приборах технического зрения для контроля электронных устройств и систем // Тезисы докладов 28-й научно-технической конференции «Электронные и электромеханические системы и устройства». Томск. 2010.
2. Газиева Е. Э., Тябаева Л. А., Сырякин В. И., Юрченко В. И. Материалы и технологические процессы изготовления элементов вторичной оптики в изделиях светодиодной светотехники // Материалы 12-й научно-практической конференции «Химия 21 век: новые технологии, новые продукты» Кемерово. 2009.
3. Ксенов Н. И., Сырякин В. И., Буреев А. Ш. Медицинская оптико-телевизионная диагностическая система для исследования внутренних органов человека на основе анализа цветных телевизионных изображений. Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание-2005 // Сб. материалов 7-й Междунар. конф. Курск. 2005.
4. Сырякин В. И., Ксенов Н. И., Ключин А. О. Программное обеспечение для медицинской диагностики с использованием медицинской оптико-телевизионной диагностической системы // Всероссийская конференция «Получение и свойства веществ из полифункциональных материалов, диагностика, технологический менеджмент». Тезисы докладов. Томск. 2004.
5. Сырякин В. И., Буреев А. Ш., Жданов Д. С., Осипов А. В. Проектирование автоматизированной системы телемедицинских консультаций // Телекоммуникации. 2010. № 4.