

УДК 621.383.8

## Разработка программно-аппаратного комплекса выходного контроля параметров электронно-оптических преобразователей

А. Б. Беркин, В. К. Макуха, С. В. Степанов

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

*Созданное программное обеспечение позволяет автоматизировать процесс измерения и расчета таких параметров, как отношение сигнал/шум, коэффициент преобразования, коэффициент неравномерности свечения экрана, чистота поля зрения и частотно-контрастная характеристика. Измерено распределение интенсивности освещенности экрана с явно выраженной ячеистой структурой. Получена средняя ширина линии "сетки". Уменьшение яркости на линии составляет 10—20 % от фона экрана. Получена зависимость ширины линии "сетки" от освещенности фотокатода.*

Обязательной технологической операцией в производстве является выходной контроль параметров электронно-оптического преобразователя (ЭОП). Одним из препятствий роста производства является продолжительность времени, затрачиваемого на измерения параметров ЭОП и качества изображения. Кроме того, измерение параметров вручную требует постоянного внимания оператора, что может привести к ошибкам в результатах. Наличие четкого алгоритма в измерении параметров позволяет использовать для этой цели компьютер. Автоматизация процесса должна сократить проведение измерений, а главное, — снизить риск появления ошибок.

В настоящее время большое распространение получили пакеты программ LabView фирмы National Instruments (NI), позволяющие при автоматизации эксперимента свести программирование к конфигурированию виртуальных приборов. Однако такая система не всегда пригодна для использования в специфических целях, в том числе при обработке изображения, поэтому создание автоматизированных программно-аппаратных комплексов остается актуальным.

### Измерение параметров

Анализ изображения ЭОП невозможен без использования специального стендового оборудования, профессиональных видеокамер и плат захвата изображения (фреймграбберов), а также без знания характеристик излучателя и приемника.

Для анализа параметров изображения ЭОП на его фотокатоде создается тестовое изображение с заранее известными параметрами. С помощью видеокамеры и фреймграббера изображение в цифровом виде передается в компьютер и может быть проанализировано. В зависимости от типа тестового изображения, оптической силы используемых в измерении объективов измеряемые параметры можно разбить на две группы.

Для первой группы параметров во время измерения характеристик на фотокатод исследуемого прибора создается равномерная засветка. Для получения параметров этой группы анализируется вся область экрана ЭОП, а в оптической схеме используется оптика с однократным увеличением. Такими параметрами являются [1]: отношение сигнал/шум; коэффициент преобразования; коэффициент неравномерности свечения экрана; чистота поля зрения (ЧПЗ).

Для второй группы характерно использование в качестве тестового объекта изображения щели. Размер формируемого изображения на фотокатод порядка 5 мкм. Для анализа такого изображения используется оптика с 10-кратным увеличением. Ко второй группе относится частотно-контрастная характеристика (ЧКХ).

Кроме того, при работе с 10-кратным объективом увеличиваются требования к качеству настройки оптической схемы, требующие автоматической или ручной фокусировки.

Полная автоматизация процесса измерения предполагает минимизацию человеческого участия. Получение изображений с видеокамеры, их анализ и сохранение полученных результатов должны происходить без участия оператора. Фокусировка оптической схемы также должна быть автоматизирована.

Для реализации данных условий было создано программное обеспечение, позволяющее максимально уменьшить влияние человеческого фактора на измерительный процесс. От оператора требуются лишь замена образцов приборов и запуск программы.

Современные среды разработки приложений (IDE — Integrated Development Environment), использующие методы визуального программирования (RAD — Rapid Application Development), позволяют быстро создавать удобный интерфейс пользователя, наделяя его мощным содержанием. Хорошим примером таких IDE являются Borland C++ Builder [2] и Borland Delphi.

В качестве аппаратного обеспечения в описываемом комплексе использовались черно-белая видеокамера фирмы Watec American с разрешающей способностью 752×572 точек и фреймграббер младшей линейки NI IMAQ 1407 с 8-битным АЦП. В качестве рабочей платформы использовался компьютер на базе процессора Intel Pentium III с тактовой частотой 733 МГц. Во время разработки программы обращалось внимание на то, чтобы программа была работоспособна как в старых версиях Windows 98, так и в новых — Windows 2000/XP.

Созданное программное обеспечение представляет собой модульную структуру, состоящую из головной программы и алгоритмов расчета параметров. При этом система остается открытой и может быть легко снабжена дополнительными алгоритмами. Алгоритмы, встраиваемые в систему, представляют собой исполняемые файлы, получающие данные в виде битового файла, содержащего изображение, и настройки алгоритма, зависящие от типа исследуемого ЭОП. Результаты работы алгоритма возвращаются тоже в виде битовых файлов.

Обращаясь к драйверам фреймграббера, программа получает оцифрованное изображение и отображает живую картинку на лету. Программа позволяет сохранять изображения в форматах TIFF и BMP без потери качества.

Анализ параметров изображения возможен для кадров, полученных как с видеокамеры, так и считанных с компьютера.

Все алгоритмы используют в своих расчетах темновое изображение, учитывающее шумы, вносимые видеокамерой и платой видеозахвата. Перед каждым циклом измерений определяется положение экрана ЭОП на снимке, проводится поиск координат центра и границ прибора.

Большое внимание уделяется уменьшению шумов, учету характеристик оптической схемы и достижению повторяемости измерений. В частности, использовалось многократное накопление кадров, что привело к уменьшению среднеквадратической погрешности среднего арифметического значения.

В случае, если последнее изображение получено с платы видеозахвата, программа автоматически создает последовательность из  $N$  кадров, и в программу анализа изображений будет передаваться буфер, содержащий весь массив из  $N$  кадров. Если последнее изображение открыто из ранее сохраненного изображения, в алгоритме будет фигурировать только один кадр. Опытным путем было получено, что накопление 10 кадров позволяет значительно повысить точность измерений и улучшить повторяемость. Дальнейшее увеличение

количества накапливаемых кадров влияет на получаемый результат незначительно. На один цикл измерения затрачивается около 2—3 мин.

Результирующие данные программой преобразуются в файл HTML и отображаются для просмотра пользователем на экране, по требованию пользователя данные также заносятся в базу данных Access и при необходимости могут быть просмотрены и выведены на печать.

Такие настройки фреймграббера, как уровень черного и белого цветов, размер и формат выборки кадра, доступны непосредственно из программы, что облегчает работу оператора, поскольку не требуется дополнительного запуска программного обеспечения, поставляемого с платой. В дополнение пользователь может задать полезную область захватываемого кадра (ROI – Region Of Interests) и получать графики гистограммы и функции рассеяния линии (ФРЛ) только для этой области.

Пример внешнего вида программы в процессе измерения представлен на рис. 1. Окно программы разбито на четыре части:

- живая картинка, получаемая с платы фреймграббера с изображением фотокатода;
- график гистограммы;
- график функции распределения яркости пикселей по горизонтальной линии, проходящей через центр изображения (ФРЛ);
- меню управления размерами и положением анализируемых областей на полученном изображении.

Фокусировка оптической схемы для измерения ЧКХ предполагает использование двух подвижек, несущих бокс излучателем, и видеокамеру с объективом. Оптико-механическая схема изображена на рис. 2.

Для определения качества фокусировки и настройки оптической схемы используется параметр, соответствующий максимальному значению производных по ФРЛ. Пример ФРЛ для сфокусированного и расфокусированного изображений представлен на рис. 3. По наклону фронта и спаду пика ФРЛ для тестового объекта в виде изображения щели можно судить о качестве настройки: чем они круче, тем качественнее сделана настройка оптической схемы.

Пока в настоящее время фокусировку производят вручную. Для автоматизации этого процесса следует использовать линейные позиционеры. Управление шаговыми двигателями для позиционеров должно осуществляться с интерфейсной платы в стандарте PCI. Разработанная плата содержит программируемую логическую матрицу фирмы Altera ACEX EP1K30TQ144-2, а также микросхемы драйверов шаговых двигателей.

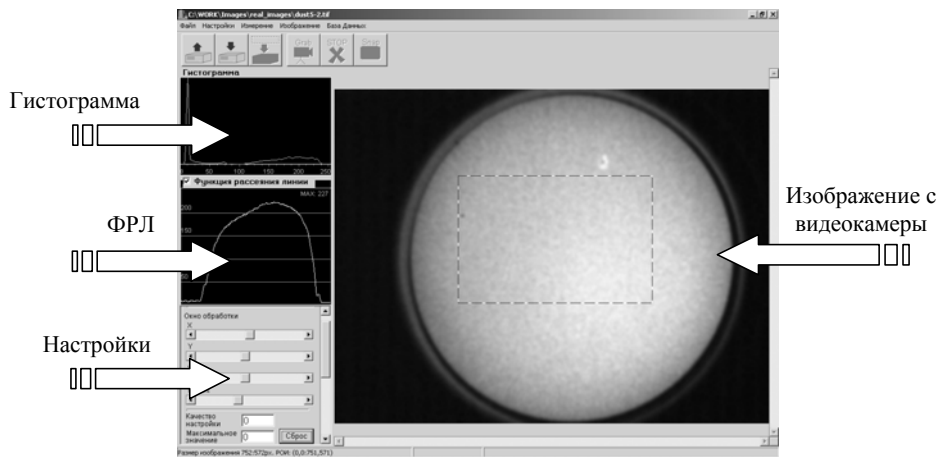


Рис. 1. Главное окно программы

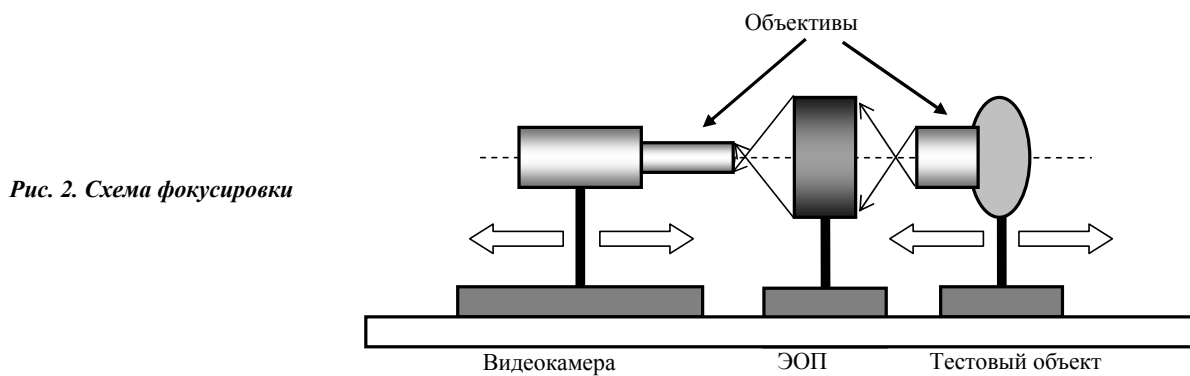


Рис. 2. Схема фокусировки

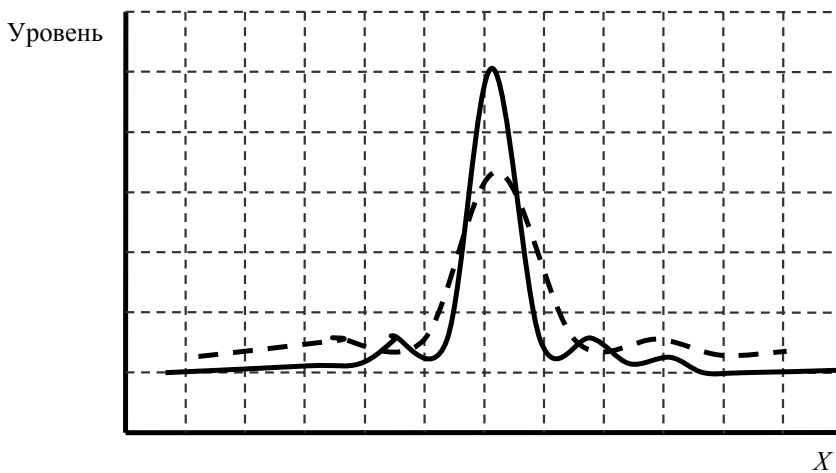


Рис. 3. Определение качества фокусировки оптической схемы:  
 — сфокусировано;  
 - - - - - расфокусировано

Кроме перечисленных стандартных измерений, система может быть легко перенастроена на решение узких, частных задач. Например, на базе созданного программного обеспечения была произведена оценка влияния ячеистой структуры микроканальной пластины (МКП) ЭОП на качество изображения. Для этого были доработаны алгоритмы, позволяющие получать график ФРЛ по произвольному вектору. Модифицированная программа дает возможность задавать вектор сканирования с помощью мышки, изменять положение

точек начала и конца вектора в произвольном порядке. Полученные графики ФРЛ могут быть сохранены в виде графического или текстового файла, содержащего абсциссы и ординаты точек. На рис. 4 показан вид окна при анализе влияния ячеистой структуры.

С помощью этой программы установлено, что расстояние между параллельными гранями шестигранника составляет порядка 700 мкм. Соответственно, средняя ширина темной области (линии сетки) для данного ПНВ — на уровне 70—100 мкм.

Результаты сканирования изображения экрана представлены на рис. 5. Из графика видно, что уменьшение яркости на линии сетки составляет 10—20 %.

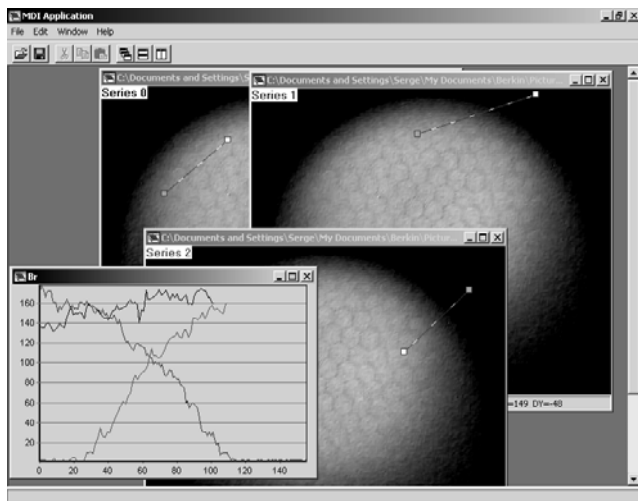


Рис. 4. Пример окна программы сканирования изображений по произвольному вектору

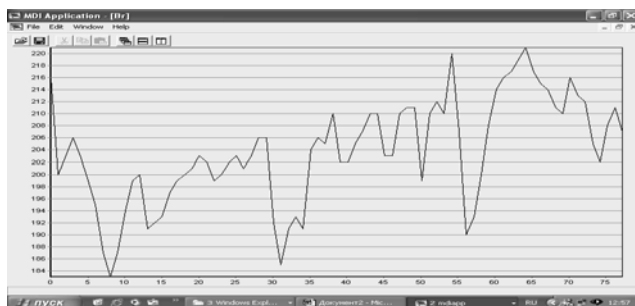


Рис. 5. Определение размеров ячеистой структуры МКП и изменение яркости изображения

## Заключение

Созданное программное обеспечение имеет встроенные алгоритмы для вычисления таких параметров, как отношение сигнал/шум, коэффициент преобразования, коэффициент неравномерности свечения экрана, чистота поля зрения и частотно-контрастная характеристика. Программное обеспечение существенно сокращает время расчета параметров, уменьшает риск возникновения ошибки, позволяет сохранять результаты измерений в базе данных и при необходимости распечатывать их. Программа показала работоспособность в операционных системах Windows 98/2000/XP.

Среднее время расчета всех параметров составляет 2—3 мин, что является достаточно высоким показателем по сравнению с измерением параметров прибора вручную.

Программа может быть использована и для решения других задач. Например, с помощью программы было измерено распределение интенсивности освещенности экрана ЭОП по произвольному вектору. Это дало возможность выявить характеристики электронного изображения ячеистой структуры МКП, в том числе среднюю ширину линии "сетки". Уменьшение яркости на линии сетки составляет 10—20 % от фона экрана. Получена зависимость ширины линии "сетки" от освещенности фотокатода.

## Литература

1. Берковский А. Г., Гаванин В. А., Зайдель И. Н. Вакуумные фотоэлектронные приборы. — М.: Радио и связь, 1988. — 272 с.
2. Холлингворт Д., Сворт Б., Кэзимэн М., Густавсон П. Borland C++ Builder 6: Руководство разработчика. — Санкт-Петербург: Издательский дом "Вильямс", 2003.

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2006 г.

## Developing software for automation of an electron-optical converters parameters final inspection

A. B. Berkin, V. K. Makukha, S. V. Stepanov  
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

*Developed software allows calculating signal to noise ratio, amplification factor, shading error, account of parallax purity of field of view, modulation transfer function. It appreciably decrease measurement time and allow to lower risk of errors appearance. With the help of this program were received, that the distance between parallel sides hexahedron is about 700 microns. Were measured average grid linewidth. Reduction of brightness by lines of a grid is 10—20 %. Has been received dependence of a line width of "grid" from photocathode intensity.*