

# Физическая аппаратура

УДК 520.624

## EM-CCD CCTV-камера — исследование по небесным объектам

*В. В. Комаров*

*В России появились первые экземпляры накопительных камер типа EM-CCD, которые с 2007 г. стали производиться для CCTV-систем. Специальная астрофизическая обсерватория РАН в настоящее время располагает двумя EM-CCD-камерами, которые стали неотъемлемой частью наблюдательных комплексов на крупнейшем российском оптическом телескопе БТА. В данной статье приводятся результаты исследования одной из первых EM-CCD CCTV-камер по небесным объектам. Проводится сравнение с российскими серийными накопительными CCD CCTV-камерами.*

PACS: 06.30.-k

*Ключевые слова:* накопительная камера, астрофизическая обсерватория, наблюдательный комплекс.

### Введение

В Специальной астрофизической обсерватории (САО) РАН с октября 2006 г. применяется измерительная камера Photon Max 512B Princeton Instruments типа EM-CCD (Electron Multiplying Charge-Coupled Device — ПЗС-прибор с электронным умножением) для обеспечения спекл-интерферометрических наблюдений [1]. Другая EM-CCD-камера, но теперь уже производства Samsung Techwin SHC-750 (Южная Корея), в настоящее время исследуется в САО и является одной из первых камер замкнутой телевизионной системы (Closed-Circuit Television — CCTV), в которой применена EM-CCD-матрица TC246CTM Texas Instruments с внутренним электронным умножением (Electron Multiplying). Камера представляет собой последнюю разработку фирмы Samsung Techwin, в которой применены новые технологии для камер CCTV [2]:

- шумоподавление в видеосигнале;
- цветная EM-CCD-матрица с охлаждением;
- повышение чувствительности за счет накопления на матрице с электронным умножением.

В EM-CCD-камере SHC-750 реализовано фиксированное EM-усиление в CCD-матрице с возможностью управления видеоусилением и шумоподавлением. Камера относится к классу приборов "день/ночь" с автоматическим переключением режимов.

В данной работе приводятся результаты испытаний EM-CCD CCTV-камеры SHC-750 по небесным объектам. Исследования проводились на гиде 1-м оптического телескопа Цейсс-1000 в целях определения возможностей работы EM-CCD CCTV-камер в системах ТВ-подсмотров больших оптических телескопов [3]. Было разработано программное обеспечение управления параметрами камеры на языке Java с использованием javax.comn.-классов фирмы Sun для доступа к COM-портам, которое может работать в системах Linux, Windows и Solaris. Web-интерфейс реализован как JSP-страница в сервере Tomcat.

Приводятся результаты сравнения SHC-750 с российскими серийными накопительными ПЗС-камерами для CCTV-наблюдений [4]. Испытания EM-CCD-камеры в сравнении с накопительной ПЗС-камерой показали, что при кадровой частоте 50 Гц камера SHC-750 имеет такую же чувствительность, как и ПЗС при экспозиции 128 кадров. Включением режимов накопления до 64 кадров или автоматического до 128 кадров камера SHC-750 может достигнуть чувствительности ЭОП+ПЗС при квантовой эффективности порядка 50 % в видимой области спектра.

### Основные характеристики EM-CCD-камеры SHC-750

Компания Samsung Techwin в конце 2006 г. представила новую ТВ-камеру SHC-750, которая разрабатывалась для работы в условиях низкой освещенности. В качестве фотоприемника была использована ПЗС-матрица TC246CTM фирмы Texas Instruments с электронным умножителем [5].

Комаров Владимир Владимирович, науч. сотр. отдела информатики. Специальная астрофизическая обсерватория РАН. Россия, 369167, Карачаево-Черкесия, пос. Нижний Архыз. Тел. (87878) 46564. E-mail: komarov@sao.ru

Статья поступила в редакцию 20 мая 2011 г.

ПЗС-матрица с электронным умножителем осуществляет значительное усиление сигнала и обеспечивает очень широкий диапазон спектральной чувствительности, открывающий новые возможности обнаружения слабых сигналов. Высокая чувствительность матрицы позволяет получать цветные изображения при освещенности вплоть до 0,008 лк. Другими словами, в условиях низкой освещенности эта уникальная камера примерно в 100 раз эффективнее обычных камер видеонаблюдения [6].

ТВ-камера SHC-750 имеет возможность переключения дневного и ночного режимов съемки с использованием перемещаемого инфракрасного фильтра, чтобы позволить пользователям получать изображение отличного качества вне зависимости от изменения условий освещения. В камере также применено шумоподавление для того, чтобы получить чистое изображение за счет блокирования видеозумов и предупреждения "тянучек", характерных для видеонаблюдения в условиях низкой освещенности. Это делает более легкой идентификацию объектов в поле зрения, а также позволяет сэкономить дисковое пространство хранения данных до 70 %.

ТВ-камера SHC-750 оснащена легким в обращении экранном меню, интеллектуальной технологией обнаружения движения, маскированием приватных зон, автоматическим балансом белого и авторегулировкой степени усиления. Телекамера дает четкие, высококачественные изображения в любых условиях работы. Как утверждает производитель, идеально соединяя в себе отличную ПЗС-

матрицу и цифровой процессор сигнала, камера SHC-750 недостижима по показателям чувствительности и качества изображения в условиях недостаточной освещенности объекта [7].

Основные характеристики камеры SHC-750 [7]:

- матрица TS246СУМ-ВО;
- формат 1/2", цветная, 658 (гориз.) × 496 (высота) активных пикселей размером 10×10 мкм;
- электронный затвор с диапазоном 1/2000 — 1/50 с;
- встроенный охладитель Пельтье, до  $-20^{\circ}\text{C}$ ;
- чувствительность максимальная — 4840 В/(лк·с) без ИК-фильтра;
- чувствительность без EM-усиления — максимум 37 В/(лк·с);
- глубина потенциальной ямы — 28000e (заряд 28000 электронов);
- темновой сигнал — 0,02 мВ.

Квантовая эффективность и динамический диапазон работы EM-CCD-матрицы TS246СУМ-ВО представлены по данным производителя [6] на рис. 1.

Камера SHC-750 имеет фиксированное EM-усиление в ПЗС-матрице, причем регулируются видеоусиление и шумоподавление. Камера относится к классу приборов "день/ночь" с автоматическим переключением режимов. Для управления камерой имеются местные кнопки, с помощью которых вызывается меню, выводимое непосредственно на видеоизображение. Предусмотрен интерфейс RS-485 для дистанционного управления параметрами камеры [8].

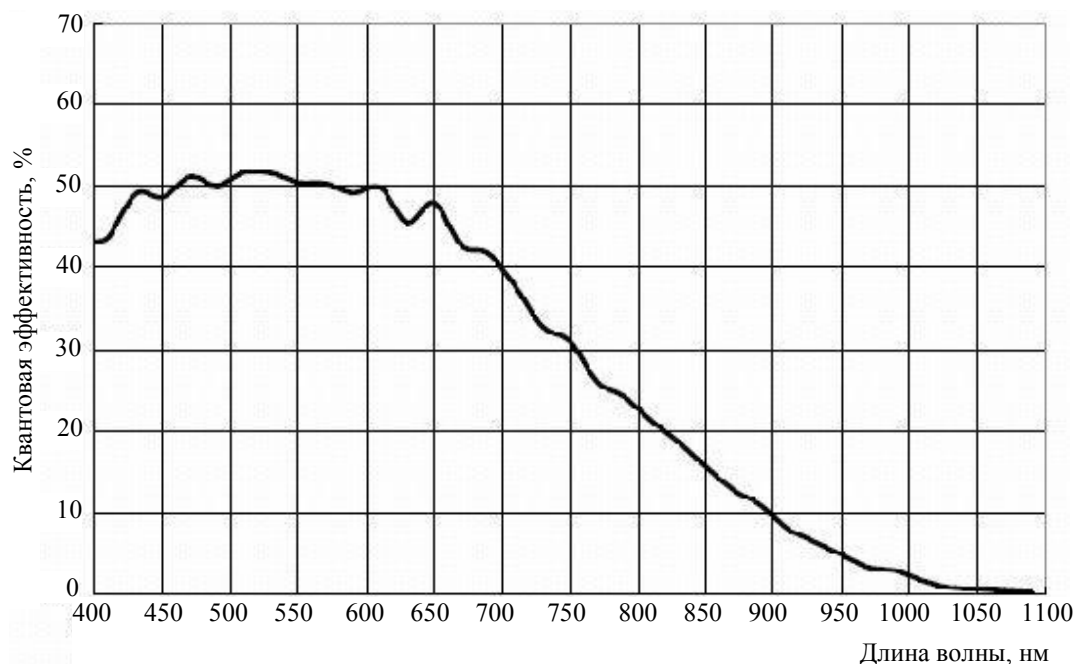


Рис. 1. Квантовая эффективность EM-CCD-матрицы TS246СУМ-ВО

### Исследования EM-CCD-камеры SHC-750

Программное обеспечение к EM-CCD-камере SHC-750 не прилагается. Поставляется только протокол управления кнопок по RS-485 порту [8]. По этому протоколу была разработана программа управления камерой.

Программное обеспечение (ПО) разработано на языке Java с использованием javax.comn.-классов фирмы Sun для доступа к COM-портам. ПО позволяет управлять параметрами камеры в системах Linux, Windows, Solaris. Web-интерфейс реализован как JSP-страница в сервере Tomcat [9].

Данный интерфейс имитирует местные кнопки на задней панели камеры SHC-750 и позволяет осуществлять дистанционное управление камерой в полном соответствии с программой управления местного режима. Если портов несколько, то необходимо инициализировать нужный COM-порт. Если камера подключена к данному порту, то активизируется порт управления и будет доступен Web-интерфейс.

ТВ-камера SHC-750 была установлена на 20-см гиде 1-м телескопа Цейсс-1000. Для сравнения на это же место устанавливалась ПЗС-камера VNI-748 ведущего российского разработчика высокочувствительных телевизионных камер ООО "ЭВС" (С.-Петербург). Данная камера управляется

с помощью интерфейса RS-485 и является в настоящее время базовым модулем последних ТВ-подсмотров для БТА и Цейсс-1000 [10]. В качестве фотоприемника в VNI-748 использована аналогичная по формату 1/2"-матрица ICX-429AL. Для управления камерой использовался порт RS-232 сервера телескопа Цейсс-1000 с преобразованием RS-232/RS-485.

Ниже приводятся результаты обработки наблюдений звездных площадок в окрестности звезд классов gamma Equ и HD9996

Gamma Equ A = 21:10:20,5 Del = +10:07:53 m = 4,69 m(пред.)= 15<sup>m</sup>;  
 HD-9996 A = 01:38:31,6 Del = +45:24:01 m = 6,36 m(пред.)= 16<sup>m</sup>.

На рис. 2 приведены изображения, полученные камерой SHC-750 в наблюдениях звездной площадки gamma Equ.

На рис. 3 представлены результаты записей двух камер SHC-750 и VNI-748 в окрестности звезды HD-9996. Для получения данных видеозаписей параметров для обеих камер подобраны таким образом, чтобы получить одинаковые чувствительности с одинаковым уровнем сигнал/шум. При этом для камеры SHC-750 (слева на рис. 3) показано изображение одиночного кадра с экспозицией 1/50 с (или 1 поле), для камеры VNI-748 (справа) показано изображение одиночного кадра с накоплением 128 полей (или 2,56 с).

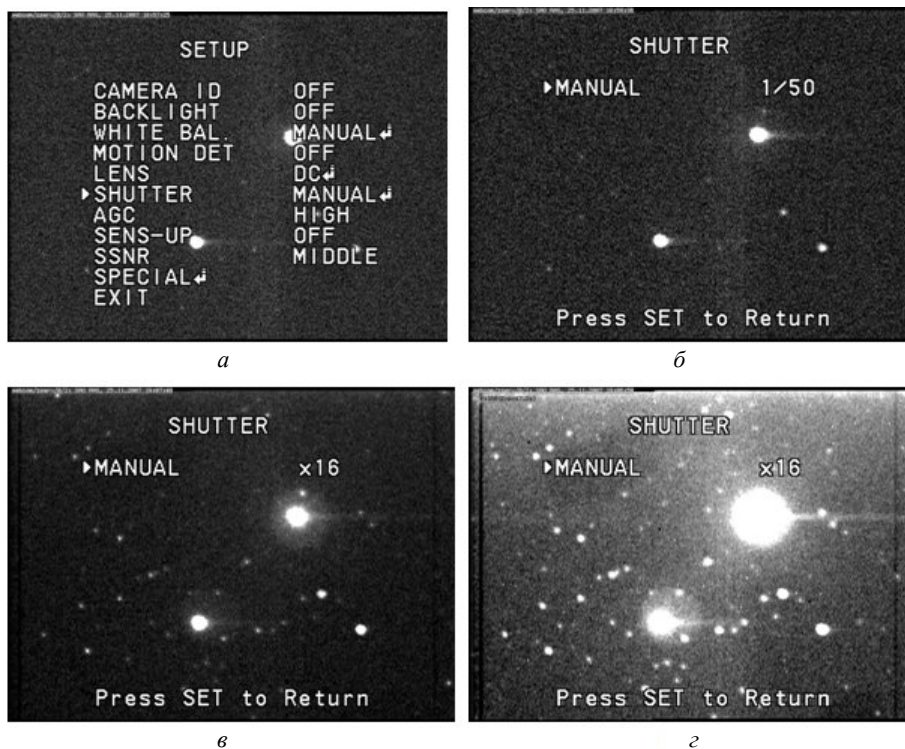


Рис. 2. Пример записи изображений звездной площадки gamma Equ с различной экспозицией и сложением кадров в видеосервере "zserv.sao.ru":

а — вывод меню управления SHC-750 на видеоизображение; б — задание в меню экспозиции 1/50 с (shutter → manual → 1/50); в — одиночный кадр с экспозицией 16 полей (накопление около 1/3 с); г — сложенный кадр с экспозицией 16 полей (сложение 160 одиночных кадров)

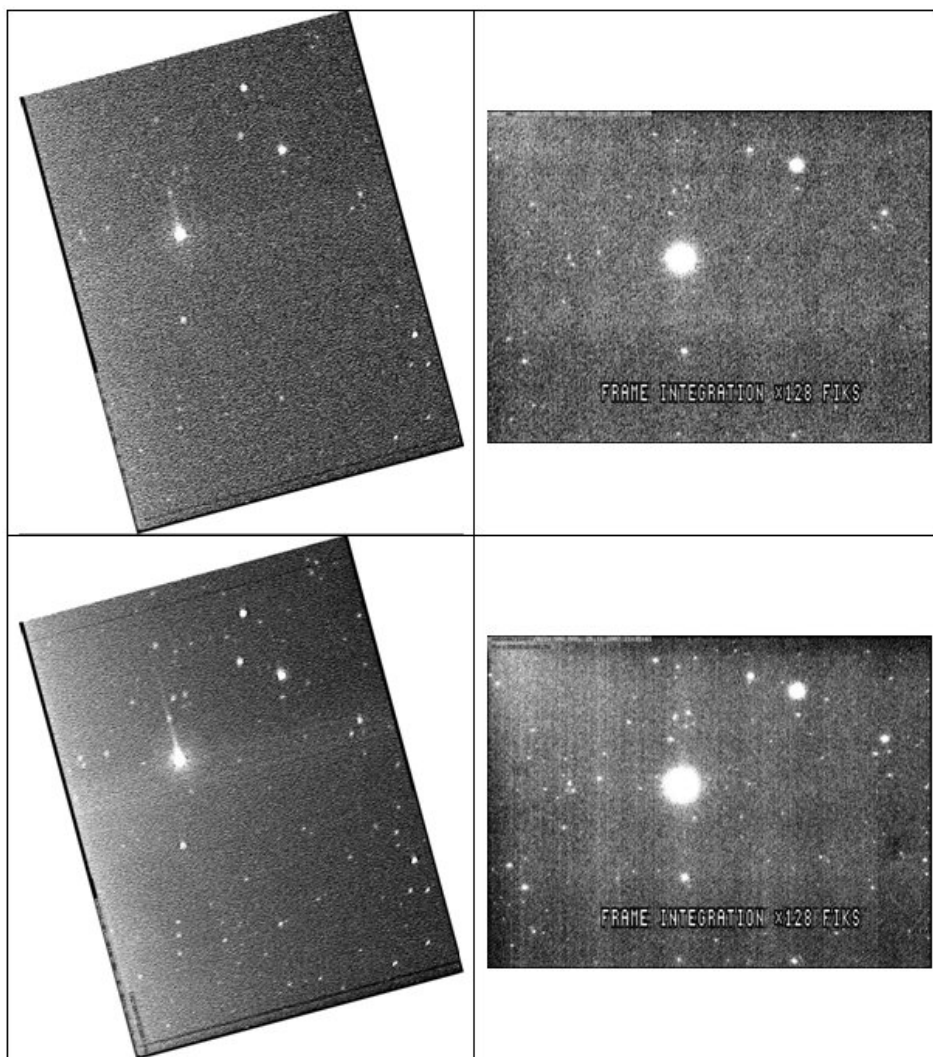


Рис. 3. Сравнение записей изображений площадки звездного поля в окрестности HD9996 для камер SHC-750 (слева) и VNI-748 (справа).

Вверху — одиночные кадры, внизу — с цифровым сложением кадров

### Результаты испытаний SHC-750 по небесным объектам

Из приведенных данных на рис. 2 и 3 видно, что для достижения одинаковой чувствительности камер с одинаковым сигнал/шум в классической ПЗС-матрице необходимо накапливать изображение в 128 раз дольше, чем в EM-CCD-матрице.

Испытания EM-CCD-камеры в сравнении с ПЗС-камерой без электронного умножения показали, что:

при кадровой частоте 50 Гц камера SHC-750 имеет такую же чувствительность, как и VNI-748 с экспозицией 128 кадров;

включением режимов накопления в камере SHC-750 до 64 кадров или автоматического до 128 кадров достигается чувствительность ЭОП с квантовой эффективностью около 50 % в видимой области;

предельная проникающая способность с камерой SHC-750 на 20-см гиде Цейсс-1000 при мас-

штабе 1,35"/pixel была достигнута 15-я звездная величина, а при цифровом усреднении — 16-я звездная величина.

### Выводы

1. Камера SHC-750 по своим свойствам эквивалентна камере ЭОП+ПЗС при квантовой эффективности порядка 50 %.

ТВ-камера SHC-750 в настоящее время работает в штатном режиме на БТА в фокусе H2 в качестве щелевого телескопа. До этого наблюдения в H2 проводились с ТВ-камерой, у которой на входе располагался ЭОП.

Поэтому можно добавить второй важный вывод из проведенных измерений.

2. SHC-750 с ПО управления по интерфейсу RS-485 является ТВ-камерой нового поколения для применения в ТВ-комплексе на больших оптических телескопах БТА и Цейсс-1000. При этом

достигаются следующие результативные возможности:

- испытания EM-CCD-камеры SHC-750 в сравнении с одной из последних разработок в SAO, а именно, ПЗС-камерой VNI-748, показали, что при кадровой частоте 50 Гц камера SHC-750 имеет такую же чувствительность, как и VNI-748 при экспозиции 128 кадров;

- включением режимов накопления до 64 кадров или автоматического до 128 кадров достигается чувствительность ЭОП с квантовой эффективностью около 50 % в видимой области;

- достигнутая предельная проникаемость на 20-см гиде при масштабе 1,35"/pixel составляет 15-ю звездную величину, а при цифровом усреднении — около 16-й звездной величины.

Справедливости ради, можно отметить и некоторые недостатки камеры SHC-750:

- отсутствует возможность ручного регулирования EM-усиления матрицы;
- нет плавной регулировки автоматического усиления (APU);
- ноу-хау фирмы Samsung — шумоподавление — приводит к временной инерционности однопоточных событий.

## Л и т е р а т у р а

1. Малоголовец Е. В., Балега Ю. Ю., Растегаев Д. А., Хофманн К.-Х., Вайгельт Г. //Астрофизический бюллетень. 2007. Т. 62. № 2. С. 131.
2. SHC-750 — сверхвысококочувствительная цветная камера (Security News, 07.11.2006). <http://www.secnews.ru/foreign/6152.htm?print=Y>
3. Комаров В. В. Возможности российских цифровых ПЗС-камер серийного производства для астрономических приложений//Тез. докл. XIX Междунар. науч.-техн. конф. по фотоэлектронике и приборам ночного видения. — М., 2006. С. 171.
4. Комаров В. В., Комаров А. В.//Прикладная физика. 2008. № 4. С. 142.
5. TS246CYM-BO (datasheet, Texas Instruments). <http://www.ti.com/video>
6. Цифровые системы видеонаблюдения (Каталог продукции Samsung Techwin). CTC Capital. <http://www.ctccapital.ru>
7. Ultra Low Light EM-CCD Color Camera SHC-750 (Catalog, Samsung Techwin). <http://www.samsungcctv.com>
8. Extreme Low Light Camera SHC-750 (Users Manual, Samsung Techwin Co., LTD). <http://www.samsungtechwin.com>
9. Власюк В. В., Комаров В. В., Фоменко А. Ф., Шергин В. С. Исследование одной из первых EMCCD CCTV-камер по небесным объектам//Тез. докл. XX Междунар. науч.-техн. конф. по фотоэлектронике и приборам ночного видения. — М., 2008. С. 190.
10. Витковский В. В., Власюк В. В., Комаров В. В., Фоменко А. Ф., Шергин В. С. Развитие систем обзора ночного неба для дистанционного мониторинга в реальном времени состояния облачности//Там же. С. 191.

## EM-CCD CCTV-camera — research on heavenly objects

V. V. Komarov

Special Astrophysical Observatory of Russian Academy of Sciences (SAO RAS),  
Nizhnij Arkhyz, Karachaevo-Cherkesia, 369167, Russia  
E-mail: komarov@sao.ru

*First copies of EM-CCD detectors which have been produced for CCTV systems since 2007 appeared in Russia. At present SAO RAS possesses two EM-CCD detectors, which are integral part of observational complexes on the largest Russian optical telescope BTA. In the article results on research of one of the first EM-CCD CCTV-camera in observations of celestial objects are presented. Comparison with Russian serial memory CCD CCTV chambers is done.*

PACS: 06.30.-k

*Keywords:* storage chamber, astrophysical observatory, observation complex.

Bibliography — 10 references.

Received May 20, 2011