

## СКАНЕР ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Михаил Владов<sup>1</sup>, Дмитрий Добров<sup>1</sup>, Максим Колпакович<sup>1</sup>,  
Румен Недков<sup>2</sup>, Георги Сотиров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Молдова, Кишинев, «Comelpro» SRL, Comelpro@mail.ru,

<sup>2</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: Comelpro@mail.ru,  
rnedkov@space.bas.bg, gsotirov@space.bas.bg

## THE SCANNER OF DISTANT SOUNDING OF THE EARTH

Michael Vladov<sup>1</sup>, Dmitry Dobrov<sup>1</sup>, Maxim Kolpakovich<sup>1</sup>,  
Roumen Nedkov<sup>2</sup>, Georgi Sotirov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SRL «COMELPRO», Cishinev, Comelpro@mail.ru, <sup>2</sup>

<sup>2</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: Comelpro@mail.ru,  
rnedkov@space.bas.bg, gsotirov@space.bas.bg

**Key words:** the PZS-RULER, the RGB-filter, the onboard device of collection and information management, the device of creation of video staff.

**Abstract:** constructions of the scanner of remote sounding of the Earth with resolution of 25 metres on the basis of three-channel the PZS-RULER of type KODAK KLI-8023 Are considered, to be resulted a structure, technical characteristics, the structural flowchart and the description of operation of the scanner, calculation of a lens and the description of a bench of check of the scanner.

Сканер дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предназначен для сканирования участков поверхности Земли и получения снимков с разрешением не менее 25 метров.

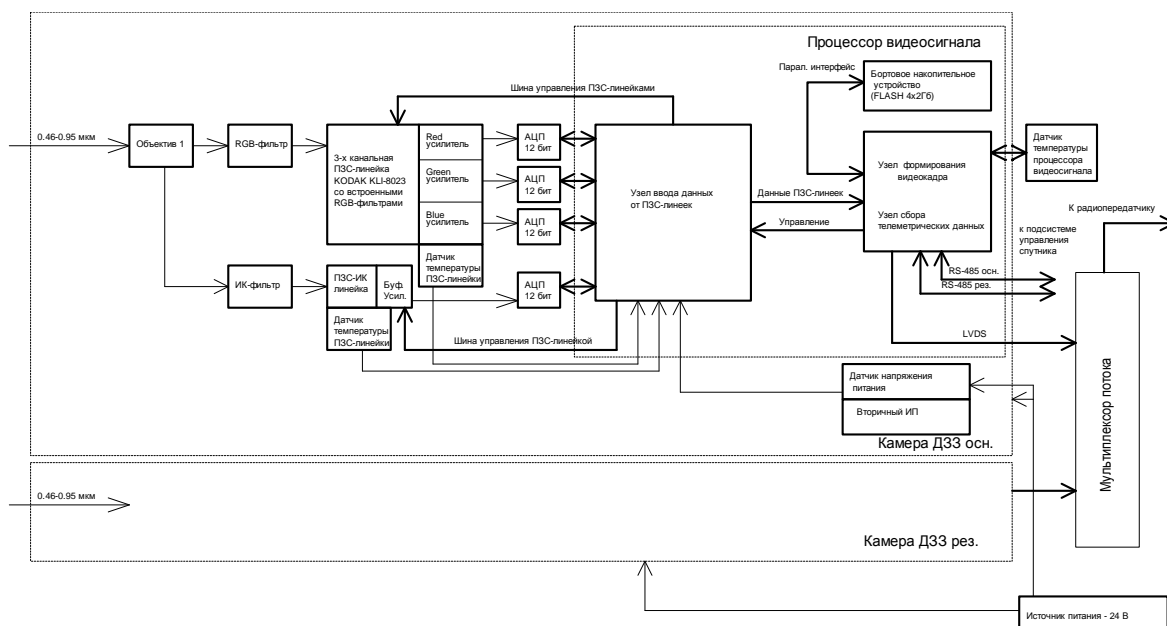
В состав сканера ДЗЗ входят:

- объектив видимого диапазона с фокусным расстоянием более 200 мм;
- объектив инфракрасного диапазона с фокусным расстоянием более 150 мм;
- RGB (Red, Green, Blue)- фильтр и инфракрасный (ИК) фильтр;
- трехканальная ПЗС-линейка типа KODAK KLI-8023 [1];
- ПЗС-ИК линейка;
- 12 разрядные АЦП - 4 шт;
- узел ввода данных ПЗС-линеек;
- узел формирования видеокадра;
- накопительное устройство (FLASH 4x2Гбайт);
- датчики температуры ПЗС-линеек и микросхем сканера;
- вторичный источник питания;
- резервный комплект сканера ДЗЗ.

Основные характеристики сканера ДЗЗ:

- диапазон рабочих орбит: 600-700 км;
- фокусное расстояние объектива 220 мм;
- проекция пикселя на Землю - 25 метров;
- число элементов разложения в полосе захвата - 8023
- спектральный диапазон: 460...950 нм;
- количество спектральных каналов – 4;
- спектральные диапазоны каналов: [B: 460...510 ], [G:520...580], [R: 600...680], [NIR: 750...950] нм.;
- контраст наблюдаемых объектов: 0.1...0.9;
- разрядность цифрового сигнала – 12 бит;

- максимальная скорость выходного потока - 50 Мбит/сек;
  - коэффициент сжатия цифрового потока -  $1.5 < k < 2$ , сжатие без потерь;
  - потребляемая мощность – до 5 Вт;
  - масса до 2 кг;;
  - габариты, не более, мм - 150x130x100.
- Структурная схема сканера ДЗЗ представлена на фиг.1.



Фиг. 1. Структурная схема сканера ДЗЗ

Работа камеры ДЗЗ согласно структурной схеме осуществляется следующим образом. Объектив формирует на поверхности светочувствительных элементов (ПЗС линеек) изображение земной поверхности. Отраженный от поверхности Земли свет, прежде чем попасть на ПЗС линейки проходит через полосовые фильтры видимого и ИК диапазонов. Видимый свет попадает на микросхему KLI-8023 состоящую из 3 параллельных ПЗС линеек с светофильтрами красного, зеленого и синего диапазонов. Аналогично, ИК излучение попадает на ИК ПЗС линейку.

ПЗС линейки управляются узлом ввода данных. Аналоговые сигналы с выходов ПЗС-линеек преобразуются в буферных усилителях и оцифровываются в быстродействующих 12 битных АЦП.

Данные, упакованные в видеокадры, записываются в бортовое накопительное устройство, состоящее из 4 микросхем FLASH-памяти объемом 2 Гбайт каждая.

При необходимости, данные из FLASH-памяти считываются узлом формирования видеокадра и передаются с помощью интерфейса LVDS в коммутатор потока, откуда поступают в передатчик.

Составные части камеры ДЗЗ управляются от бортовой ЭВМ посредством интерфейса RS-485. В том случае, если основная камера ДЗЗ не отвечает на команды, коммутатор потока переключается на резервную камеру.

В состав камеры ДЗЗ входят средства контроля напряжений питания и температуры, связанные с бортовой ЭВМ.

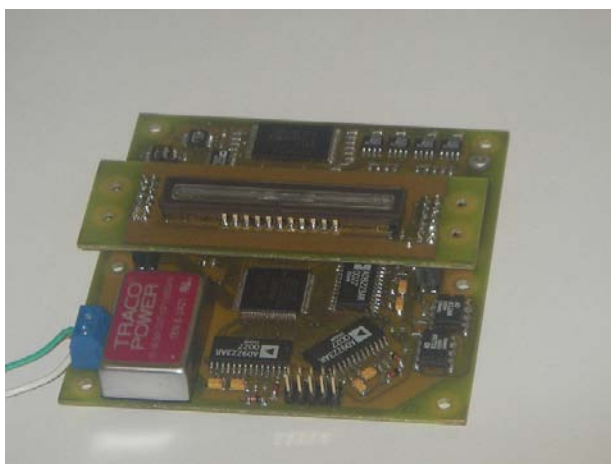
Подсистема управления сканера (процессор видеосигнала) реализована на базе ПЛИС и обеспечивает:

- взаимодействие с подсистемой управления спутника по каналам RS-485;
- установление режимов работы по периоду опроса АЦП (грубая и тонкая настройка), а также по длительности выдержки (грубая и тонкая настройка). Грубая настройка обеспечивает выбор одного из возможных режимов, максимально близкий к параметрам движения спутника, а тонкая настройка обеспечивает небольшие изменения, вызванные реальными текущими параметрами движения спутника (скорость, высота и др.);
- пуск и стоп сканирования;

- ввод данных сканирования от АЦП (возможны режимы с разрядностью 3, 4, 8 и 12 битов на канал);
  - накопление введенных данных в энергонезависимом запоминающем устройстве на базе FLASH-памяти (8 Гбайт);
  - формирование кадра для передачи данных сканирования на наземную станцию;
  - кодирование для защиты от ошибок;
  - передачу данных сканирования в подсистему передачи данных по каналу LVDS или RS-485. Возможная скорость передачи данных 25 Мбит/с, 50 Мбит/с (прорабатывается вариант 100 Мбит/с);
  - сбор телеметрических данных состояния узлов сканера (напряжения питания, температура ПЗС линеек и др.);
  - передача телеметрических данных подсистеме управления спутника и в составе формируемого кадра на наземную станцию).
- Подсистема управления сканера реализована с помощью 2-х ПЛИС фирмы ALTERA
- EPM7256AET1100-7;
  - EP1C6T1144-7 («Cyclone»).

Первая ПЛИС (узел ввода данных ПЗС-линеек) осуществляет взаимодействие с АЦП и реализует, обеспечивая ввод данных от каналов сканирования (RGB). Далее результаты сканирования пересылаются в другую ПЛИС (узел формирования видеокадра) для осуществления запоминания, кодирования, сжатия, формирования видеокадра и вывода в подсистему передачи данных.

Все вышеуказанные элементы сканера ДЗЗ конструктивно выполнены на одной плате цифровой обработки, представленной на фиг.2.



Фиг. 2. Плата цифровой обработки сканера ДЗЗ с ПЗС линейкой

В качестве формата данных сканера принят формат, сформированный на базе стандарта IRIG-106, включающий поля синхронизации, заголовка и данных.

Для передачи данных сканера ДЗЗ МСС ведется проработка параметризуемого модуля кодера для помехозащищенного кодирования со следующими параметрами:

- должно быть использовано блочное кодирование;
- разрядность символов –  $m=4$  бита;
- длина информационной (исходной, входной) части –  $k=12$  символов;
- длина кодового (выходного) слова (блока) –  $n=16$  символов;
- корректирующая способность  $t=2$  символа;
- период поступления символов на вход кодера 200 – 1000 нс.

Для ПЗС-линейки KLI-8023 (KODAK) проведем расчет параметров объектива.

KLI-8023 состоит из 3 параллельных друг другу светочувствительных линеек (с светофильтрами красного, зеленого и синего цветов) длиной в 8002 пикселя (светочувствительного элемента) каждая.

Размеры пикселя составляют 9х9 мкм.

Расстояние между соседними линейками составляет 108 мкм.

Длина линейки составляет 72,018 мм  
Для получения пространственного разрешения в 25 м. при высоте орбиты 600 км и длине пикселя 9 мкм, согласно формулы [3].

$$R = \frac{Hl_p}{f}$$

где  $f$  – фокусное расстояние объектива,  $H$  – высота орбиты,  $l_p$  – линейный размер пикселя, требуется фокусное расстояние объектива не менее  $f = 0,216$  м

Полоса «захвата» участка поверхности Земли, для ПЗС-линейки KLI-8023 с пространственным разрешением в 25 м, составляет  $B = 200050$  м.

Тогда угол обзора объектива должен быть не менее:

$$\gamma = \arctg (B/2H) \Rightarrow \gamma \approx 9,465^\circ$$

Так как ширина проекции одной линии должна составлять 9 мкм, то разрешение объектива должно составлять не менее  $1 / 0.009$  мм/линию = 111 линий/мм.

Итак, параметры объектива для ПЗС-линейки KLI-8023 должны быть не менее:

- Фокусное расстояние 216 мм,
- разрешающая способность 111 линий/мм,
- угол обзора – не менее  $9,465^\circ$ .

Изготовлен, смотри фото на фиг.3, макет сканера ДЗЗ с ПЗС линейкой фирмы Sony ILX518K [2], состоящей из 3-х параллельных друг другу светочувствительных линеек (с светофильтрами красного, зеленого и синего цветов) длиной в 5363 пикселя (светочувствительного элемента) каждая. Размеры пикселя составляют  $8 \times 8$  мкм. Для макета сканера ДЗЗ использован объектив Гелиос -44М. с фокусным расстоянием 58 мм.

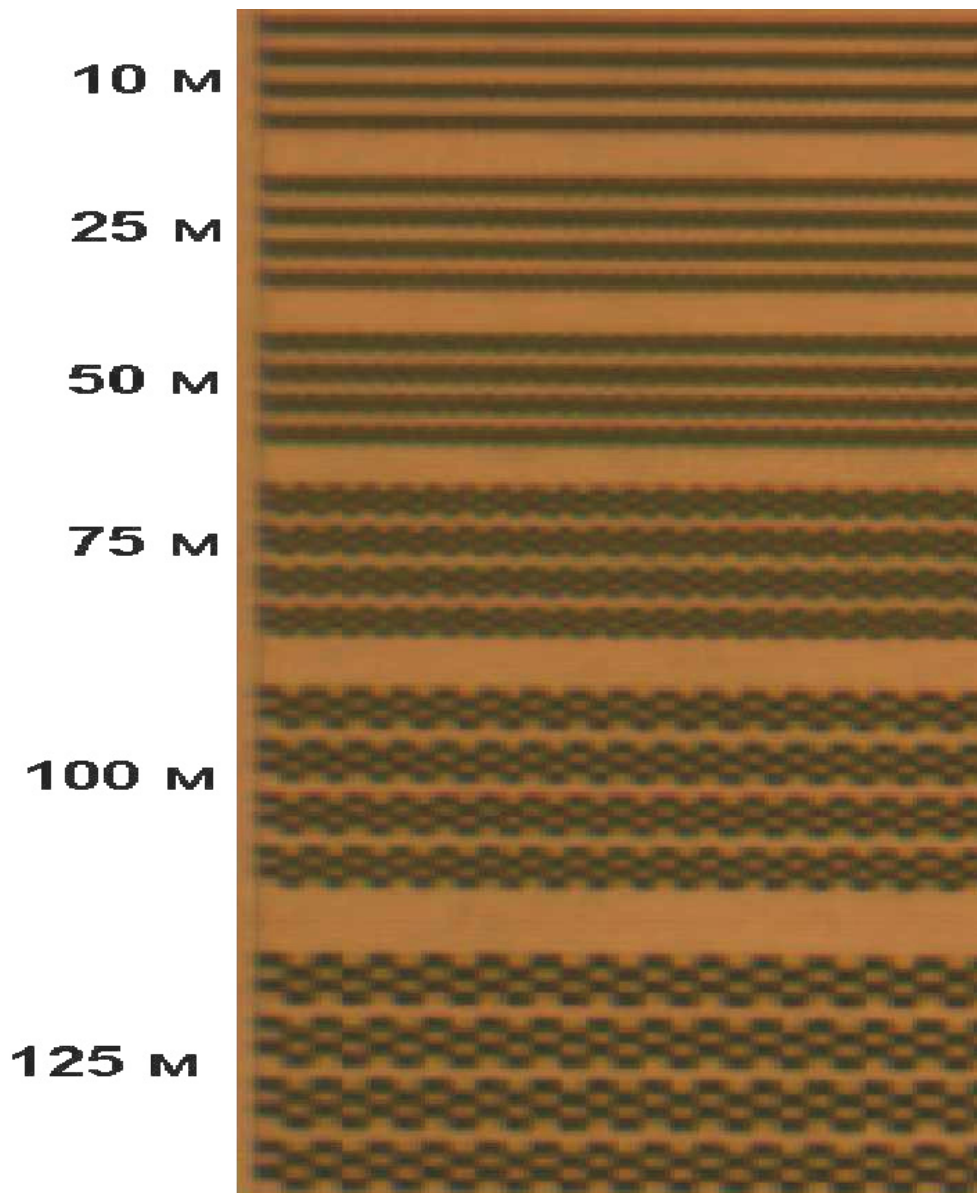


Фиг. 3. Фото сканера ДЗЗ

Для проверки реализуемости выбранной схемы сканера ДЗЗ и получаемого разрешения был разработан и изготовлен стенд, имитирующий вращение спутника со сканером ДЗЗ вокруг Земли со скоростью подспутниковой точки  $6903$  м/с, для высоты  $600$  км [4].

На вращающемся барабане устанавливаются различные тестовые комбинации символов («шашечки», текстовая информация, рисунки и др.). Геометрические размеры единичного элемента («шашечки») соответствуют разрешению в  $125, 100, 75, 50, 30$  и  $25$  метров для круговой орбиты микроспутника с высотой  $600$  км. над поверхностью Земли.

Информация с макета сканера ДЗЗ поступает через интерфейсный блок на персональный компьютер, где производится распаковка видеокadra и отображение тестовой информации установленной на вращающемся барабане. На макете сканера ДЗЗ с ПЗС линейкой Sony (ILX 518K, пиксель  $8 \times 8$  мкм) и объективом с фокусным расстоянием  $58$  мм получено разрешение порядка  $60$  метров. На фиг.4 фрагмент полученного изображения, где четко видны «шашечки»  $75$  метрового изображения и слабо различимы «шашечки»  $50$  метрового изображения.



Фиг. 4 Фрагмент изображения в средней части тестовой таблицы

В связи с малой разрешающей способностью объектива, менее 60 лин/мм, невозможно получить максимально достижимое разрешение в 25 метра. Для получения максимального разрешения необходимо установить объектив с разрешающей способностью не хуже 110 линий/мм.

Стендовые испытания подтвердили реализуемость выбранной схемы и приемлемые параметры получаемого изображения.

#### Литература:

1. <http://www.kodak.com/global/en/business/ISS/Products/Linear>.
2. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/sony/a6802415.pdf>.
3. Малышев, В. В., М. Н. Красильщиков и др. Спутниковые системы мониторинга. Анализ, синтез и управление. Под редакцией В.В. Мальшева. - М.: Издательство МАИ, 2000.-568с.
4. [http://www.scanex.ru/ru/company/Project\\_SAT\\_TranspWorld.pdf](http://www.scanex.ru/ru/company/Project_SAT_TranspWorld.pdf).