УДК 535.835

К.Н. ЧИКОВ, В.В. ГУД, В.М. КРАСАВЦЕВ
Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ БОРТОВОЙ ВИДЕОСПЕКТРАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В соответствии с концепцией усовершенствованного ультрафиолетового видеоспектрометра, предназначенного для установки на борт самолета и спутника, представлена приборная разработка двухкомпонентной системы, содержащей входную оптику (проецирующий объектив) и оптику спектрометра (полихроматора). Концентрическая компоновка входного и коллиматорного объективов имеет ряд значительных преимуществ перед традиционными оптическими схемными решениями.

The concept of advanced ultraviolet airborne and satellite imaging spectrometer is presented. Two complete systems, including fore optics and spectrometer optics were designed. The concentric configurations of the fore objective and the collimator offer appreciable advantages over traditional arrangements.

Существующие бортовые оптико-электронные системы дистанционного зондирования, построенные по традиционным схемам и предназначенные для получения панхроматических (черно-белых и цветных) изображений зоны обзора в отдельных широких спектральных интервалах, приближаются к своим предельным информационным возможностям по обнаружению и распознаванию природных и антропогенных образований. Одним из перспективных направлений развития средств дистанционного зондирования в оптическом диапазоне является разработка и применение приборов нового класса – видеоспектрометров (imaging spectrometers), работа которых основана на поэлементной регистрации спектров и структуры рассматриваемых удаленных объектов. Такие приборы, как правило, устанавливаются на борту авиационных и космических носителей.

Особенностью аппаратурного построения видеоспектральных средств, содержащих обычно видеоспектрометр и специальный телевизионный модуль, является их объединение в бортовой аэрокосмический информационно-измерительный комплекс. При этом специальный телевизионный модуль позволяет оператору на борту носителя или в камеральных (лабораторных) условиях анализировать в реальном масштабе времени всю наблюдаемую в данный момент картину.

Видеоспектрометр, как правило, включает в себя проецирующий объектив и полихроматор (приборную спектральную часть). На выходе полихроматора в настоящее время чаще всего устанавливают двухкоординатный приемник излучения (обычно реализуемый на базе прибора с зарядовой связью, т.е. ПЗС-матрицы), позволяющий одновременно осуществлять пространственное и спектральное сканирование. При этом каждая строка матричного (двухкоординатного) приемника, располагаемая строго поперек направления (трассы) полета носителя, фактически регистрирует детальное монохроматическое изображение узкой полосы земной поверхности, оптически сопряженной с входной щелью полихроматора, что дает развертку такого изображения по про-

странству. Сканирование по пространству получается за счет движения носителя вдоль трассы полета.

Таким образом, видеоспектрометры обеспечивают разложение в спектр узких протяженных участков земной поверхности, расположенных перпендикулярно трассе полета носителя и изображаемых проецирующим объективом во входной щели полихроматора. Движение носителя позволяет формировать полноразмерные монохроматические кадры в виде последовательности соответствующих монохроматических изображений узких полос земной поверхности, распределенных непрерывно по трассе полета. При этом видеоспектрометры совмещают в себе преимущества высокого пространственного разрешения, свойственного высококачественным аэрофотоаппаратам, и высокого спектрального разрешения, присущего лучшим классическим спектральным приборам.

В полной мере позитивные свойства видеоспектральной аппаратуры бортового базирования (на атмосферных или внеатмосферных носителях) раскрываются при выполнении геолого-поисковых исследований в ультрафиолетовом (УФ) диапазоне электромагнитного спектра с целью прогнозирования геолого-разведочных работ и создания на их основе расширенных баз данных. К сожалению, в России в настоящее время это самый малоизученный геологами спектральный диапазон. Вместе с тем, анализ зарубежных публикаций показывает, что в последние годы особое место в открытой научно-технической литературе отводится результатам наблюдений в ультрафиолетовом спектральном диапазоне как весьма перспективном для геологии.

Важнейшим из условий грамотного проектирования оптико-электронной системы бортового УФ-видеоспектрометра является правильный выбор оптических схем объективов, входящих в состав такой аппаратуры. Критерием правильности выбора оптических схем является сочетание достаточно хорошего качества получаемого спектрального изображения с возможно большей простотой прибора в целом.

Развитие бортовой оптической аппаратуры и в особенности космической видеоспектральной аппаратуры УФ-диапазона тесно связано с разработкой зеркально-линзовых систем. Для приборов космического базирования требования минимальных габаритов и массы вынуждают применять компактные зеркально-линзовые системы со светосильными зеркальными и линзовыми элементами, работающими со значительными углами падения лучей, что потребовало разработки специфической методики их расчета. Зеркально-линзовые объективы, рассчитанные по такой методике, обладают улучшенными изобразительными и измерительными свойствами, что гарантирует повышение технико-экономической эффективности бортовой видеоспектральной аппаратуры.*

Следует отметить, что главным требованием, которому должен удовлетворять любой зеркально-линзовый объектив видеоспектрометра, является достаточно совершенная коррекция не только монохроматических аберраций, но и особенно аберраций хроматических, причем в ультрафиолетовой спектральной области, более широкой по сравнению с обычными ахроматами или апохроматами. Все указанные обстоятельства чрезвычайно затрудняют выбор оптических сред, которые должны обладать одновременно высоким пропусканием в широкой УФ-области спектра и хорошими физико-химическими свойствами. Наличие сравнительно малого числа таких сред предопределило характер исследований, направленных на создание оптимальных оптических композиций зеркально-линзовых систем, в которых применяются линзовые компоненты из материалов, прозрачных в ультрафиолетовой области спектра, чья номенклатура весьма ограничена.

В работе над оптико-электронной системой УФ-видеоспектрометра использова-

* Особенности построения бортовых оптико-электронных систем спектрозонального мониторинга / К.Н.Чиков, Э.Д.Панков, Л.Ф.Порфирьев, В.В.Гуд, В.М.Красавцев, А.Н.Тимофеев // Изв. вузов. Приборостроение. 2004. Т.47, № 9.

ны современные методы технического проектирования: метод машинного моделирования (входная фокусирующая оптика и оптика спектральной части прибора как объекты автоматизированного проектирования), а также математические методы обработки модели оптической системы в целом. Таким образом удалось получить высокое качество выходных монохроматических изображений (большинство имеющихся аберраций компенсировалось посредством специальных корригирующих приемов) и повышенную надежность аппаратуры (внедрение перспективных конструкторских решений и технологий при разработке главных оптических и оптико-механических узлов прибора).

Полученная научно-техническая продукция в виде разработанной оптико-электронной системы УФ-видеоспектрометра, обладает следующими техническими параметрами и характеристиками:

Рабочий спектральный диапазон	Ближняя ультрафиолетовая область
Относительное отверстие прибора, характеризующее его светосилу	1 : 2,5
Мгновенное поле зрения, определяющее пространственное разрешение	≤ 1′
Спектральное разрешение:	≤ 2 нм
Угловое поле, определяющее протяженность полосы обзора	≥ 8°
Приемники излучения	Высокочувствительные гибридные телевизионные приборы ультрафиолетового диапазона (типа УПЗС-023)

После производства бортовой видеоспектральной аппаратуры УФ-диапазона возможна продажа этого готового изделия заинтересованным потребителям, а также продажа полученных с помощью такой аппаратуры территориальных баз данных картографической, природно-ресурсной и экологической информации.