

А.С. Истомин, В.Е. Павлов*, П.В. Семенко*, Д.Н. Трошкин*, А.С. Шатохин

Многофункциональный спектральный поляриметр дневного неба

Алтайский государственный университет,

**Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул*

Поступила в редакцию 28.11.2002 г.

На базе двойного кварцевого монохроматора ДМР-4 изготовлен макет поляриметра дневного неба для коротковолновой области спектра. Анализатором в приборе служит призма Глана. Использование микроконтроллера и персонального компьютера обеспечивает автоматический съем экспериментальных данных, их последующую обработку и сохранность. Приводятся образцы спектрограмм, полученные на поляриметре, иллюстрирующие качество работы прибора.

Для проведения систематических исследований оптических свойств атмосферы в Алтайском крае в Институте водных и экологических проблем СО РАН совместно с кафедрой вычислительной техники и электроники Алтайского государственного университета изготовлен макет спектрального поляриметра дневного неба (рис. 1).

Прибор является усовершенствованным автоматизированным аналогом поляриметра для коротковолновой области спектра, функционировавшего ранее в Астрофизическом институте АН КазССР [1]. В его основу положен кварцевый монохроматор ДМР-4 двойного спектрального разложения. Двукратная монохроматизация световых пучков

в приборе обеспечивает высокую чистоту спектра, вследствие чего он может эксплуатироваться как спектрофотометр с хорошим спектральным разрешением в ультрафиолетовой области спектра. Применение ФЭУ-71 позволяет проводить измерения в диапазоне длин волн 305–600 нм, ФЭУ-62 — в диапазоне длин волн 450–1020 нм. Соответственно, прибор может служить как озонотром, так и измерителем содержания водяного пара в атмосферном столбе. С его помощью можно проводить измерения следующих оптических характеристик атмосферы:

— спектральной прозрачности по прямому солнечному свету;



Рис. 1. Спектральный поляриметр дневного неба

– абсолютных индикатрис яркости при углах рассеяния от 5 до 160°, а при введении сотовой бленды – и околосолнечных ореолов при углах от 2 до 5°, отсчитываемых от центра солнечного диска;

– распределения спектральной яркости по небосводу в единицах солнечной постоянной. Данные легко переводятся в абсолютные единицы, Вт/(нм·ср);

– распределения степени поляризации по небосводу;

– ориентации плоскости поляризации;

– при использовании насадок с косинусным пропусканием (молочно-матовых пластин) – потоков прямой и рассеянной радиации на площадку, ориентированную произвольным образом в пространстве;

– при использовании насадки с шаром Ульбрехта – альbedo подстилающей поверхности.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 2. Его оптическая часть включает бленду, набор

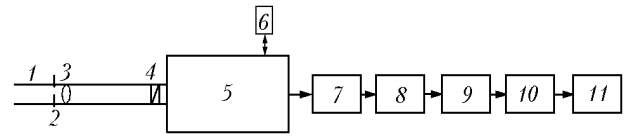


Рис. 2. Структурная схема прибора: 1 – бленда; 2 – сменная диафрагма; 3 – объектив; 4 – призма Глана; 5 – монохроматор ДМР-4; 6 – блок вращения барабана монохроматора; 7 – ФЭУ; 8 – усилитель; 9 – АЦП; 10 – контроллер; 11 – компьютер

сменных диафрагм, кварцевый объектив, анализатор и собственно монохроматор. Длина бленды подобрана таким образом, что исключаются засветки объектива прямым солнечным светом при наведении прибора в точку небосвода, лежащую на угловом расстоянии 5° от центра солнечного диска. В качестве анализатора используется кварцевая призма Глана, которая расположена перед щелью

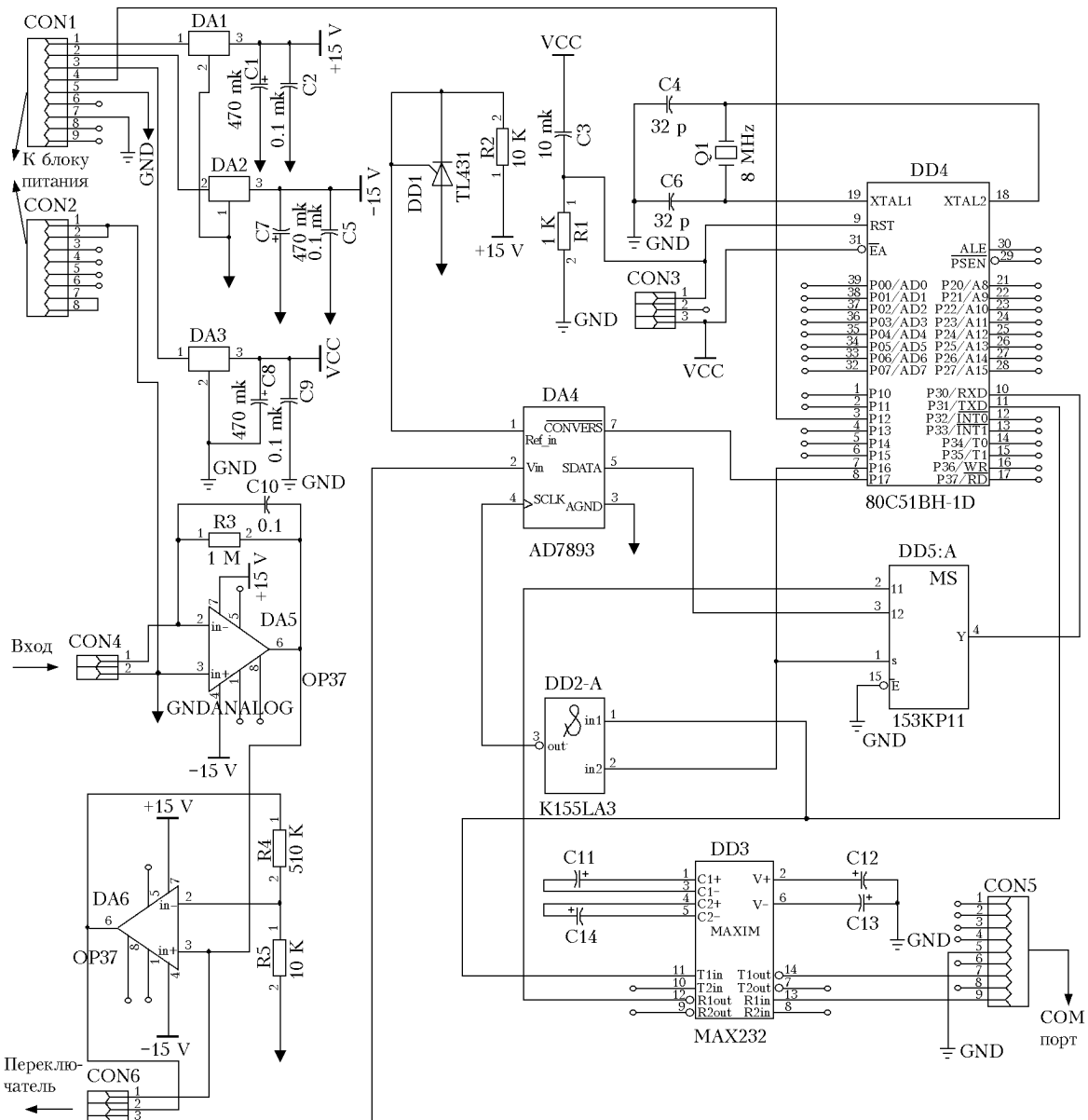


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема контроллера

монохроматора, вращается вокруг оптической оси и фиксируется в трех положениях через 60° . Иначе говоря, для определения степени линейной поляризации и ориентации плоскости поляризации используется методика В.Г. Фесенкова [2]. Двойной кварцевый монохроматор позволяет достигать спектрального разрешения в УФ-области спектра около $0,02$ нм.

Для измерений спектральных индикатрис яркости и углового распределения яркости по небосводу в единицах солнечной постоянной [3] прибор снабжен V-образной насадкой с двумя сменными экранами из серого гипса и окиси магния. Последний используется для определения и последующего контроля отражательной способности серого экрана [4]. Наведение прибора и V-образной насадки на Солнце осуществляется с помощью двух специальных визиров из линз и экранов, установленных соответственно на приборе и на насадке.

Электронная часть включает в себя ФЭУ со стабилизированным блоком питания, усилитель, аналого-цифровой преобразователь, шаговый двигатель с блоком управления и контроллер. Принципиальная схема электронной части прибора приведена на рис. 3.

Анодный ток ФЭУ преобразуется в напряжение, которое подается на вход усилителя. Активный преобразователь тока в напряжение с коэффициентом преобразования 10^6 В/А и усилитель с коэффициентом усиления 52 выполнены на базе операционных усилителей K140УД17А. Полоса пропускания усилителя согласована со скоростью сканирования спектра и составляет 10 Гц. Динамический диапазон данной электрической схемы при такой полосе пропускания составляет около 100 дБ. Полоса пропускания может быть расширена или сужена, что приводит к изменению динамического диапазона.

Усиленный сигнал поступает на вход 12-разрядного АЦП AD7893, который без каких-либо изменений в схеме может быть заменен на 14- или 16-разрядный АЦП той же серии. Оцифрованный сигнал считывается в память однокристалльной ЭВМ ATME1 89C51 по последовательному каналу универсального асинхронного приемопередатчика [6]. Полученные данные по последовательному каналу RS-232 передаются в портативный персональный компьютер типа NOTEBOOK [7]. В качестве формирователя сигналов интерфейса RS-232 используется микросхема MAX232. Применение PC упрощает перепрограммирование контроллера, а также позволяет автоматизировать сбор, обработку и хранение больших объемов данных, в том числе и в экспедиционных условиях.

Управляющая программа для контроллера написана на языке асемблера для микропроцессоров МК51 [8]. Контроллер работает под управлением PC в режиме ожидания команд. Автоматическое сканирование оптического спектра производится при помощи шагового двигателя ДШИ-200, который вращает барабан длин волн монохроматора. Работой шагового двигателя управляет контроллер. Максимальная скорость сканирования спектра зависит от выбранной полосы пропускания и макси-

мальной скорости вращения ШД и при $f_{\text{проп}} = 10$ Гц составляет 2 нм/с.

О качестве работы поляриметра можно судить по образцам приводимых ниже спектрограмм. На рис. 4 представлены данные наблюдений спектральных потоков прямой солнечной радиации F_λ (отн. ед.) на разных зенитных расстояниях при корректировке

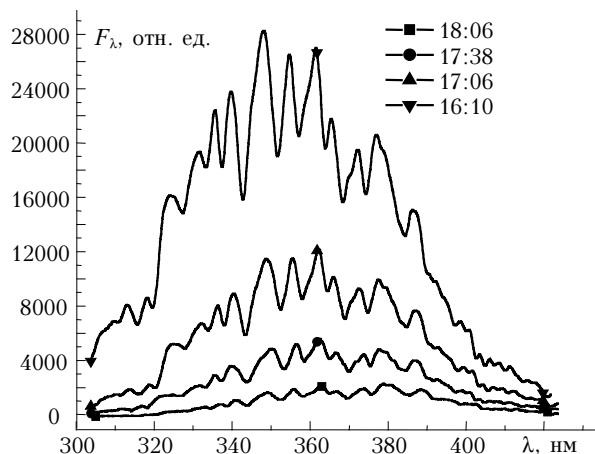


Рис. 4. Спектры Солнца через стекло ЖС-20 в различные моменты времени (временной ход в течение дня)

распределения энергии в наблюдаемом спектре стеклом ЖС-20, с помощью которого подавляется длинноволновая часть ультрафиолетового излучения. Именно подобные спектральные кривые используются для определения общего содержания озона в атмосфере по многоволновым методикам. На рис. 5 изображены результаты измерений интенсивности в районе солнечных линий H- и K-кальция. Изучение их контуров позволяет исследовать проявления Раман-эффекта в атмосфере [5].

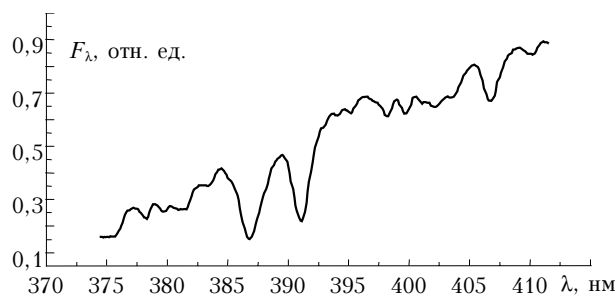


Рис. 5. Спектр Солнца в области линий H и K

В настоящее время проводятся тестирование прибора и его подготовка к выполнению регулярных измерений оптических параметров атмосферы.

1. Бойко П.Н., Павлов В.Е., Тейфель Я.А. Спектрополяриметр дневного неба для ультрафиолетовой области спектра // Рассеяние и поглощение света в атмосфере. Алма-Ата: Наука, 1971. С. 67–69.
2. Fessenkov V.G. Determination de la couronne Solaire // Астрон. ж. 1935. Т. 12. № 4. С. 309–323.
3. Иванов А.И., Лившиц Г.Ш., Павлов В.Е., Ташенов Б.Т., Тейфель Я.А. Рассеяние света в атмосфере. Ч. 2. Алма-Ата: Наука, 1968. 116 с.

4. Гульков В.Н., Ерошкин Г.К., Созина Н.Н. Термоэлектрические приемники для регистрации оптического излучения в диапазоне 240–330 нм // Проблемы практической фотобиологии. М.; Пущино: Наука, 1977. С. 108–117.
5. Grainger J.F., Ring J. Anomalous Fraunhofer line profiles // Nature. 1962. V. 193. N 4817. P. 762–766.
6. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. М.: Энергоиздат, 1990. 224 с.
7. Гук М. Аппаратные средства IBM PC: Энциклопедия. СПб.: Изд-во «Питер», 2000. 816 с.
8. Бобрыкин А.В., Липовецкий Г.П. Однокристалльные микроЭВМ. М.: МИКАП, 1994. 400 с.

A.S. Istomin, V.E. Pavlov, P.V. Semenko, D.N. Troshkin, A.S. Shatokhin. **Multipurpose spectral polarimeter of day sky.**

Based on the double quartz monochromator DMP-4, a model of day-sky polarimeter operating in the short-wave spectral range has been made, in which the Glan prism serves as an analyzer. The use of a microcontroller and a personal computer allows automatic reading of experimental data, their processing and storing. The instrument's operation is demonstrated through some spectrograms obtained with it.