

МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

ДВУХТЕЛЕСКОПНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНЗИЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ВЫСОКИМ ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Создан двухтелескопный комплекс TORTOREM для обнаружения и исследования вспыхивающих оптических объектов с высоким временным разрешением. Он включает в себя разработанную в сотрудничестве с филиалом НИИПП и Болонским университетом быструю широкопольную оптическую камеру TORTORA (см. Отчет САО 2004-2005, стр. 32) и роботический телескоп REM (диаметр зеркала 60 см), на котором камера смонтирована (рис. 11). Комплекс расположен в Чили (Ла Силла) и позволяет обнаруживать (TORTORA) и детально исследовать (REM, спектроскопия и фотометрия) быстрые оптические транзиенты как по данным с космических гамма и рентгеновских телескопов, так и независимо по результатам мониторинга поля зрения камеры. На данный момент получены верхние пределы на уровне $B=14-16.3^m$ для оптических транзиентов в областях локализации трех гамма-всплесков (GRB 060719, GRB 061202 и GRB 061218) в диапазоне частот 0.01 - 3.5 Гц через 30 с - 1 мин после гамма-событий.

Г. Бескин, С. Карпов, совместно с НИИПП, Болонским университетом и Обсерваторией Брера (Милан, Италия)

OBSERVATIONAL METHODS

THE TWO-TELESCOPE COMPLEX FOR DETECTION AND STUDY OF TRANSIENT OPTICAL OBJECTS WITH A HIGH TIME RESOLUTION

The two-telescope complex TORTOREM for detection and study of bursting optical objects with a high time resolution was created. It includes a fast wide-field optical camera TORTORA developed in collaboration with the branch of the Research Institute of Precision Instrumentation and the University of Bologna (see SAO Report 2004-2005, p.32) and a robotic telescope REM (with a mirror of 60-cm diameter) on which the camera is mounted (Fig. 11). The complex located in Chile (La Scilla) allows detecting (TORTORA) and detailed studying (REM, spectroscopy and photometry) fast optical transients both by data from cosmic gamma- and X-ray telescopes, and independently by results of the monitoring of the camera's field of view. Currently, the upper limits at a level of $B=14-16.3^m$ for optical transients in the localization areas of three gamma-ray bursts (GRB 060719, GRB 061202 and GRB 061218) within the frequency range 0.01 - 3.5 Hz in 30 seconds - 1 minute after the gamma-ray burst were obtained.

G. Beskin, S. Karpov, in collaboration with RIPI, the University of Bologna and the Brera Observatory (Milan, Italy)



Рис.11. Двухтелескопный комплекс TORTOREM, установленный в Чили.

Fig. 11. The two-telescope complex TORTOREM in Chile.

МНОГОМОДОВЫЙ ПАНОРАМНЫЙ ФОТОСПЕКТРОПОЛЯРИМЕТР

Завершено изготовление и проведены испытания в режиме реальных наблюдений многомодового панорамного фотоспектрополяриметра (МППП) (рис. 12). В качестве фотоприемников используются два координатно-чувствительных детектора (КЧД) с временным разрешением 1 микросекунда. Набор из трех сменных оптических блоков и система удаленного управления оптико-механическими элементами позволяет реализовывать различные наблюдательные моды – многополосную (UBVR) фотометрию и фотополяризацию, спектроскопию и спектрополяризацию низкого разрешения ($R=10-50$), однополосную фотометрию и фотополяризацию. В поляризационных режимах три параметра Стокса (линейная поляризация) измеряются синхронно.

Г. Бескин, В. де Бур, В. Плехотниченко

THE MULTIMODE PANORAMIC PHOTOSPECTROPOLARIMETER

The manufacture of the multimode panoramic photospectropolarimeter (MPPP) was completed and its testing in the mode of real observation was fulfilled (Fig. 12). Two coordinate-sensitive detectors (CSD) with the time resolution of 1 microsecond are used as photo detectors. A set of three changeable optical blocks and a system of remote control of the optical-mechanical elements allows implementing different observational modes – a multiband (UBVR) photometry and photopolarimetry, spectroscopy and low-resolution spectropolarimetry ($R=10-50$), one-band photometry and photopolarimetry. In the polarization modes, three Stokes parameters (the linear polarization) are measured synchronously.

G. Beskin, V. de Bour, V. Plohotnichenko

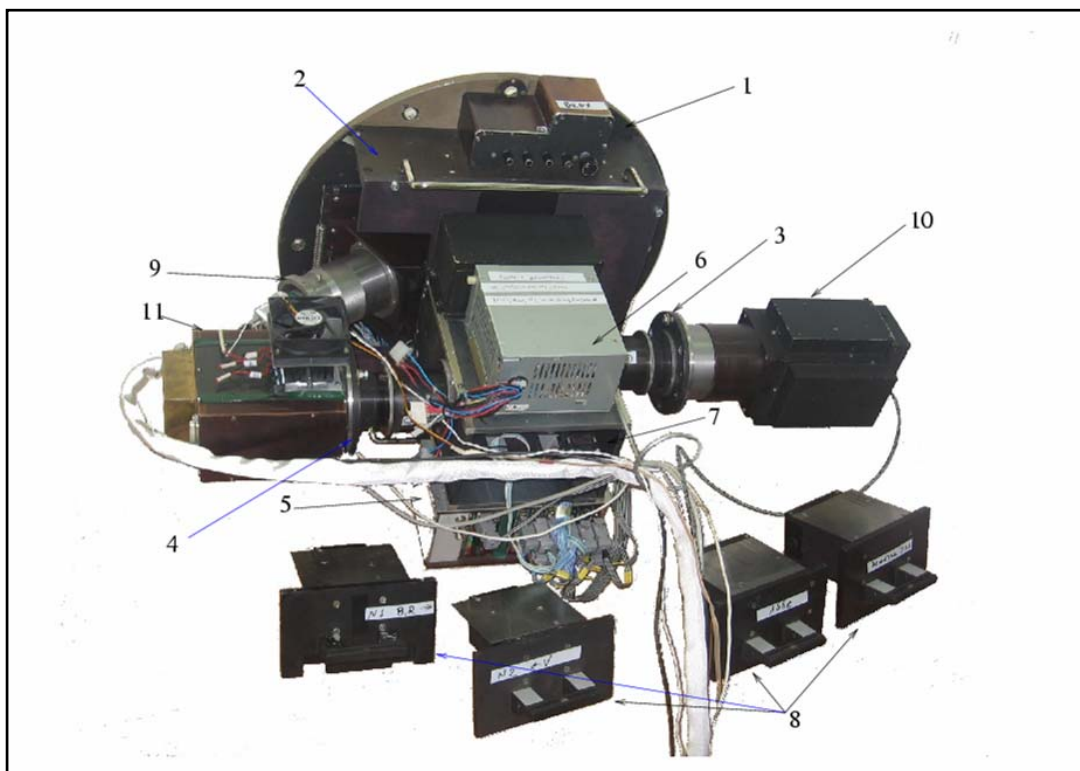


Рис. 12. Общий вид многомодового панорамного фотоспектрополяриметра (МППП). На рисунке обозначены: 1 – фланец для установки на телескопе; 2 – блок фокальной плоскости; 3 – фланец для установки КЧД-I; 4 – фланец для установки КЧД-II; 5 – блок контроля состояния детекторов и управления подвижными элементами; 6 – источник питания; 7 – оправа для сменных блоков преобразования излучения; 8 – блоки преобразователей излучения; 9 – TV-CCD подсмотр, с возможностью установки длительности экспозиции на матрице и уровней оцифровки видеосигнала; 10 – КЧД-I; 11 – КЧД-II.

Fig. 12. General view of the multimode panoramic photospectropolarimeter (MPPP). Notations: 1 – flange for mounting at a telescope; 2 – block of the focal plane; 3 – flange for setting CSD-I; 4 – flange for setting CSD-II; 5 – block for the control of detectors state and moving elements; 6 – power supply; 7 – frame for changeable blocks of radiation conversion; 8 – blocks of radiation converters; 9 – CCD-TV guide with a possibility to set long CCD exposures and levels of digitization of video signal; 10 – CSD-I; 11 – CSD-II.

КОНЦЕПЦИЯ ОПТОВОЛОКОННОГО СПЕКТРОГРАФА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ 6-М ТЕЛЕСКОПА

Разработана концепция оптоволоконного спектрографа высокого разрешения 6-метрового телескопа. Спектрограф ориентирован на выполнение различных наблюдательных программ, включая поляризиметрию и прецизионные измерения доплеровских смещений. Предложена оптическая схема, обеспечивающая одновременную регистрацию всего оптического диапазона с величиной спектрального разрешения $R=10^5$. Планируется использование матриц ПЗС форматом 2048x4096 элементов. Предусмотрено использование спектрографа не только с БТА, но и со вспомогательной питающей оптикой.

В.Е. Панчук, В.Г. Клочкова, М.В. Юшкин

К ПРОБЛЕМЕ СТАБИЛЬНОСТИ ОПТОВОЛОКОННОГО СПЕКТРОГРАФА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ 6-М ТЕЛЕСКОПА

Технической базой концепции контролируемого оптоволоконного спектрографа высокого разрешения является возможность использования быстродействующих процессоров и светоприемников, а также прецизионных средств оптического контроля. Учитывается опыт разработки и эксплуатации трех поколений спектральной аппаратуры БТА. В частности, в течение ряда лет различными методами исследована температурная и позиционная стабильность спектрографов НЭС и ОЗСП. Показано, что нестабильность положения спектра (максимальный градиент смещения составляет $2\mu/\text{час}$), сегодня определяется не конструктивными особенностями спектрографов, а тепловым режимом вспомогательных помещений башни БТА. Сделан вывод, что на подвижной части телескопа возможно размещение спектрографа высокого разрешения, оснащенного системой позиционного контроля.

В.Е. Панчук, М.В. Юшкин совместно с Э.В. Емельяновым (Ставр. гос. университет)

УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В рамках концепции контролируемого спектрографа разработан ряд предложений к схеме ультрафиолетовых спектрографов высокого разрешения UVES и VUVES орбитальной обсерватории WSO/UV (World Space Observatory / Ultraviolet) (рис. 13). Выполнена оптимизация оптической схемы, в частности, снижено число подвижных элементов. Показано, что включение в схему спектрографа дополнительного канала оптического контроля приводит к увеличению спектрального разрешения в 1.5 раза. Все

CONCEPT OF A HIGH-RESOLUTION FIBER SPECTROGRAPH FOR THE 6-M TELESCOPE

A concept of a high-resolution fiber spectrograph for the 6-m telescope was elaborated. The spectrograph is meant for fulfillment of various observational programs including polarimetry and precision measurements of Doppler shifts. An optical layout was suggested which provides a simultaneous registration of the total optical range with the spectral resolution $R=10^5$. The application of 2048x4096 CCD is planned. The usage of the spectrograph is provided for an auxiliary feeding optics as well as for the BTA.

V.E. Panchuk, V.G. Klochkova, M.V. Yushkin

ON THE PROBLEM OF STABILITY OF A HIGH-RESOLUTION FIBER SPECTROGRAPH FOR THE 6-M TELESCOPE

The concept of a controlled high-resolution fiber spectrograph is technically based on a possibility of application of high-speed processors and light detectors, and also on precision facilities of optical control. The experience of development and exploitation of three generations of the BTA spectral equipment was taken into account. In particular, during several years the temperature and position stability of the NES and MSS spectrographs have been studied by various methods. It was shown that the instability of spectrum position (the maximum shift gradient is 2μ per hour) is determined today not by construction features of the spectrographs, but by the thermal mode of auxiliary rooms of the BTA dome. It was concluded that the high-resolution spectrograph equipped with a system of position control can be mounted on a moving part of the telescope.

V.E. Panchuk, M.V. Yushkin in collaboration with E.V. Emilianov (Stavropol State University)

THE UV SPECTROSCOPY OF ASTRONOMICAL OBJECTS

Within the context of the concept of a controlled spectrograph a number of suggestions to the layout of the high-resolution UV spectrographs UVES and VUVES of the space observatory WSO/UV (World Space Observatory / Ultraviolet) was developed (Fig. 13). The optical layout was optimized; in particular, the number of moving elements was reduced. It was shown that the inclusion of an additional channel of the optical control into the layout of the spectrograph leads to the increase of spectral resolution by 1.5 times. All suggestions were taken into account when developing

предложения учтены при разработке технического проекта спектрографов.

В.Е. Панчук, М.В. Юшкин совместно с ИНАСАН, университетом г. Тюбинген и Институтом спектроскопии и прикладной спектроскопии в Берлине (Германия)

the technical design of the spectrographs.

V.E. Panchuk, M.V. Yushkin in collaboration with INASAN, Tübingen University (Tübingen, Germany) and Institute for spectrochemistry and applied spectroscopy (Berlin, Germany)

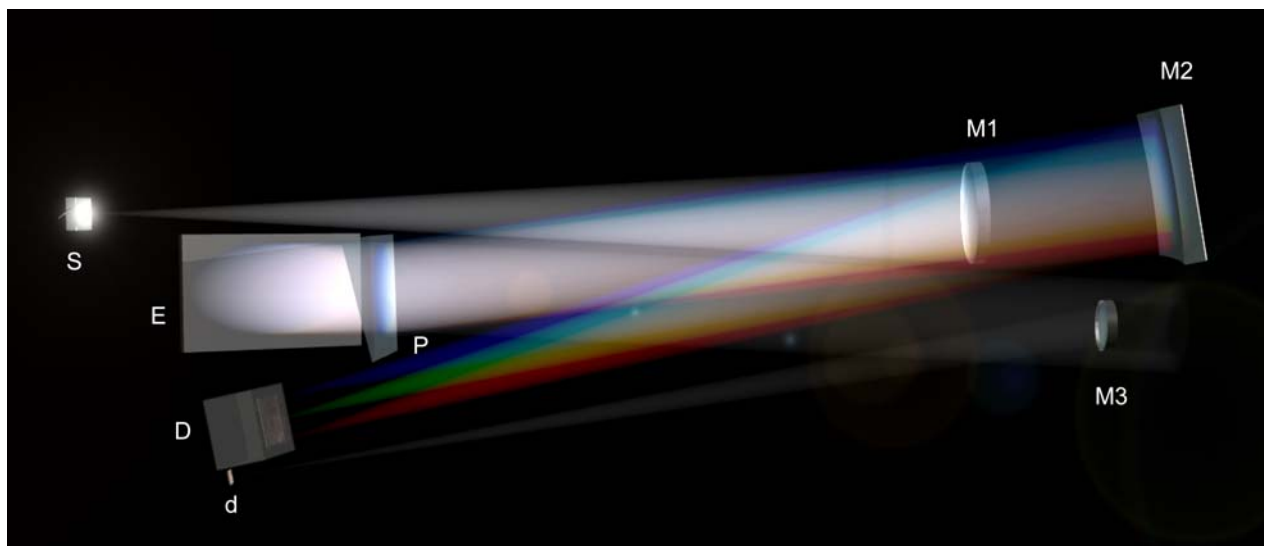


Рис. 13. Схема УФ-спектрографа UVES для орбитальной обсерватории WSO/UV. Обозначения: S – входная диафрагма («щель»), круглое отверстие диаметром 82μ или 1" в проекции и на небесную сферу; M1 – вогнутое зеркало коллиматора; P – призма двойного хода, элемент скрещенной дисперсии. Ее передняя грань имеет дихроичное покрытие, отражающее видимый свет и пропускающее УФ-излучение; E – эшелле решетка, основной диспергирующий элемент спектрографа; M2 – сферическое вогнутое зеркало камеры спектрографа; D – основной приемник излучения, микроканальная пластина (МКП) с кодирующим клинополосным анодом; M3 – зеркало объектива канала контроля положения звезды, перехватывающее видимое излучение, отраженное дихроичным покрытием передней грани призмы; d – малоформатная матрица ПЗС, приемник канала контроля положения звезды.

Fig. 13. The layout of the UV-spectrograph UVES for the space observatory WSO/UV. Notation: S is an input aperture («the slit»), a round opening of diameter 82μ or 1" in projection on the celestial sphere; M1 is a concave mirror of the collimator; P is a prism of double stroke, an element of crossed dispersion. Its front side is a dichroic surface which reflects visible light and transmits UV radiation; E is an echelle grating, the main dispersing element of the spectrograph; M2 is a concave spherical mirror of the spectrograph's camera; D is a main detector of radiation, a multi-channel plate (MCP) with a coding wedge-shaped anode; M3 is an object mirror of the channel controlling the star position, which catches visible radiation reflected by the dichroic covering of the prism's front side; d is a small CCD, a detector of the channel controlling the star position.

ЭФФЕКТ БЛИЗОСТИ В СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ТУННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ

При разработке технологии изготовления детекторов оптического излучения на основе СТП основную проблему представляют факторы, ограничивающие параметры устройств и приводящие к ухудшению их детектирующих свойств. Один из них – эффект близости (влияние подслоя алюминиевой пленки на электрофизические параметры туннельной структуры). В случае СТП-детектора на основе ниобия и алюминия (Nb/Al-Al_xO_y/Nb, Nb/Al-Al_xO_y-Al/Nb) необходимо учитывать наличие слоев Al на границах

THE PROXIMITY EFFECT IN SUPERCONDUCTING TUNNEL JUNCTIONS

When developing technologies of production of STJ-based optical detectors, the main problem is in factors limiting detector parameters and leading to deterioration of their detecting properties. One of them is the proximity effect – an influence of an aluminum film sublayer on electro-physical parameters of the tunnel structure. In the case of STJ detector on the basis of niobium and aluminum (Nb/Al-Al_xO_y/Nb, Nb/Al-Al_xO_y-Al/Nb) the presence of Al layers at boundaries of the tunnel barrier should be taken into account, because in this case STJ detector is a complicated structure of the

туннельного барьера, так как СТП-детектор в этом случае представляет собой сложную структуру типа сверхпроводник - нормальный металл - изолятор - нормальный металл - сверхпроводник (СНИНС). Экспериментальные свойства СНИНС-структур изучены значительно хуже, чем СИС-структур, особенно при температурах ниже 1 К. В то же время, именно эта температурная область представляет интерес для работы детекторов излучений на основе СТП, т.к. интервал их рабочих температур находится, как правило, не выше 0,3 К.

Были предложены простые методики расчета эффективной критической температуры (КТ) тонкопленочной структуры Nb/Al и величины энергетической щели граничащих пленок. Они дают адекватную оценку вышеуказанных параметров для структур, состоящих из толстого ($d_{\text{Nb}}/\xi_{\text{Nb}}=5$) сверхпроводника с более высокой КТ ($T_{\text{CNb}}=9,25$ К) и тонкого ($d_{\text{Al}}/\xi_{\text{Al}}=1/3$) – с более низкой КТ ($T_{\text{CAI}}=1,18$ К). d и ξ – толщина пленки и длина когерентности, соответственно. Полученные данные лежат в пределах точности численной модели, что обуславливает успешное практическое применение предлагаемой методики для структур Nb/Al в приближении слабого эффекта близости.

Также была предложена схема и изготовлен стенд для калибровки оптического сенсора на основе СТП при температуре 4,2 К при помощи методики накопления данных. Показано, что дробовой и тепловой шумовые токи СТП-сенсора по порядку величины соответствуют входному магнитному шумовому потоку СКВИДа – сверхпроводникового квантового интерференционного датчика. Таким образом, калибровка сенсоров на основе СТП может быть осуществлена с использованием низкотемпературного СКВИДа и накопления данных для увеличения отношения сигнал-шум.

Г.В.Якопов совместно с Н.Н.Будником, Т.С.Лебедевой и П.Б.Шпилевым (Институт кибернетики НАНУ, Киев)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТП В СПЕКТРОСКОПИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Применение нового поколения детекторов излучения на основе СТП имеет огромные потенциальные возможности в наблюдательной астрономии. По совокупности основных параметров, таких как быстродействие, квантовая эффективность, шумовая температура, спектральное разрешение СТП-детекторов не имеет конкурентов. Однако, существующего на сегодняшний день спектрального разрешения $R=10$ (в оптическом диапазоне) и даже перспективного $R=100$ (с использованием гафния в качестве абсорбера) для серьезных спектроскопических исследований явно не достаточно. Была рассмотрена возможность применения СТП-детекторов с различными видами

type «superconductor – normal metal –isolator – normal metal – superconductor" (SNINS). Experimental properties of SNINS structures are studied much worse than that of SIS structures, especially at temperature lower than 1 K. At the same time, it is this temperature range that is of interest for operation of the STJ-based detectors, because, as a rule, the range of their operating temperature is lower than 0.3 K.

Simple procedures of calculation of the effective critical temperature (CT) of a thin-film structure Nb/Al and the value of energy slit of adjoining films were suggested. They give an adequate estimate of above parameters for the structures consisting of a thick ($d_{\text{Nb}}/\xi_{\text{Nb}}=5$) superconductor with a higher CT ($T_{\text{CNb}}=9,25$ K) and a thin one ($d_{\text{Al}}/\xi_{\text{Al}}=1/3$) with a lower CT ($T_{\text{CAI}}=1,18$ K). d and ξ are a film thickness and a coherence length respectively. The obtained data are within the accuracy of the numerical model, which sets conditions for a successful practical application of the suggested procedures for the Nb/Al structures within the approximation of a weak proximity effect.

Also, we suggested a scheme and produced a test bench for calibration of the STJ optical sensor at a temperature of 4.2 K by the procedure of data accumulation. It was shown that the fluctuation and thermal noise fluxes of STJ sensor correspond in order of magnitude to the input magnetic thermal flux of a SQUID - Superconducting Quantum Interference Device. Thus, the calibration of STJ sensors can be implemented with the use of a low-temperature SQUID and accumulation of data for increasing of the signal-to-noise ratio.

G.V.Yakovov in collaboration with N.N.Budnik, T.S.Lebedeva and P.B.Shpilev (Institute of Cybernetics of NASU, Kiev)

PROSPECTS OF APPLICATION OF STJ DETECTOR IN HIGH-RESOLUTION SPECTROSCOPY

Application of new generation detectors on the base of STJ is very promising for observational astronomy. STJ detectors are unrivalled in totality of such basic parameters as high-speed performance, quantum efficiency, noise temperature and spectral resolution. However, the currently existing spectral resolution $R=10$ (in optical) and even prospective $R=100$ (with the use of hafnium as an absorber) is obviously insufficient for serious spectral investigations. A possibility to combine STJ detectors with various types of optical dispersers was considered. A particular case of spectral equipment of the 6 m telescope (BTA) of the Special Astrophysical Observatory of Russian Academy of Sciences was considered. Comparison characteristics of different

диспергирующих элементов. Рассмотрен частный случай – БТА с комплексом спектральной аппаратуры. Приведены сравнительные характеристики различных схем. Показано, что вариант эшелле + СТП-детектор превосходит все используемые схемы по потенциальному качеству.

Г.В. Якопов, М.В. Юшкин, В.Е. Панчук

layouts were adduced. It was shown that the variant of echelle + STJ detector is superior to all used layouts in potential quality.

G.V. Yakopov, M.V. Yushkin, V.E. Panchuk