

ЛЗОС  **LZOS**

ЛЫТКАРИНСКИЙ ЗАВОД ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА
LYTKARINO OPTICAL GLASS FACTORY

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ и КОСМИЧЕСКАЯ ОПТИКА

ASTRONOMICAL and SPACE OPTICS

Снимок сделан с помощью телескопа VISTA.
Оптика телескопа VISTA произведена в ОАО ЛЗОС

Picture taken by VISTA telescope
VISTA telescope optics made in LZOS, JSC

ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла»

(Основан в 1939 году)

ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла» является уникальным, многопрофильным предприятием оптической промышленности Российской Федерации. ЛЗОС сегодня - это еще и одно из крупнейших предприятий Европы. За годы своего существования завод достиг мирового уровня качества выпускаемой продукции. В настоящее время ЛЗОС - признанный лидер России в производстве оптических материалов и оптических приборов для различных областей науки и техники.

ЛЗОС имеет научно-технический центр по разработке новых технологий, новых видов продукции и специализированные научно-производственные комплексы:

- оптических материалов, включая варку оптического стекла, изготовление заготовок и волоконно-оптических элементов;

- оптико-механических и оптико-электронных приборов различного назначения;

- крупногабаритной оптики, включая линзовые космические и аэрофотографические объективы, а также крупногабаритные зеркала космического и наземного базирования;

Уникальные изделия, созданные на ЛЗОСе, функционируют в настоящее время во многих обсерваториях, принадлежащих мировому сообществу.



Lytkarino Optical Glass Factory, JSC

(based In 1939)

Lytkarino optical glass factory, JSC is the unique, versatile enterprise in the optical industry of the Russian Federation. LZOS is one of the largest enterprises in Europe. It took years for LZOS to reach a world degree of quality of its products.

Now LZOS - the recognized leader in manufacturing of optical materials and optical devices for various areas of a science and techniques in Russia.

Today LZOS has powerful scientific and technical center working out on the new technologies, new kinds of production and specialized research-and-production complexes:

- Optical materials, including cooking of optical glass and fiber-optical elements;

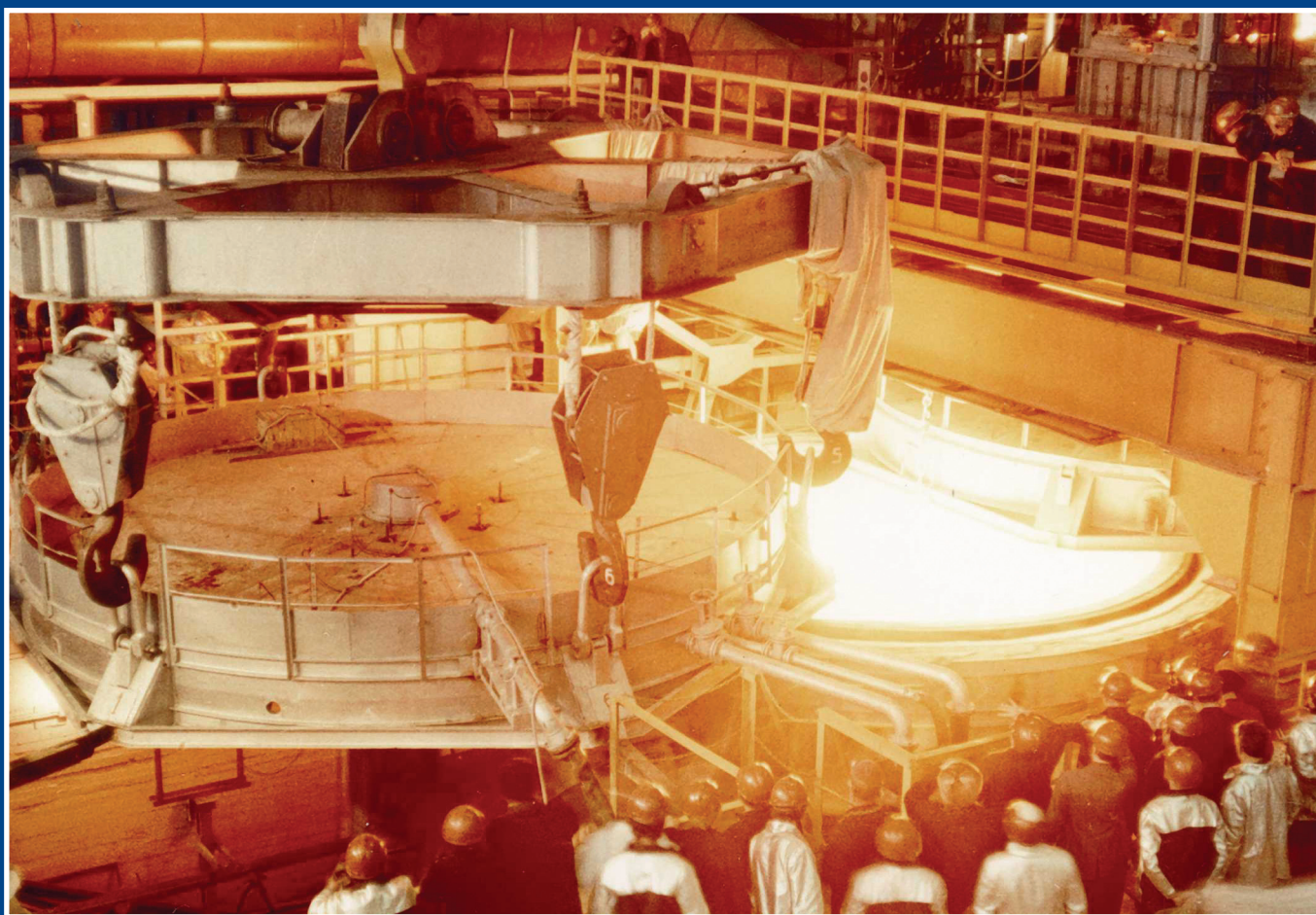
- Optiks-mechanical and optiks-electronic devices of different functionalities;

- Large-sized optics, including lens for space and aero photographic lenses, and also large-sized space and astronomical mirrors;

As a result, of our efforts, our unique products created factory, are maintained in many observatories worldwide.

АстроСиталл® и другие оптические материалы для изготовления астрономических и космических зеркал

Astrositall® and other optical materials for fabrication of astronomical and space mirrors



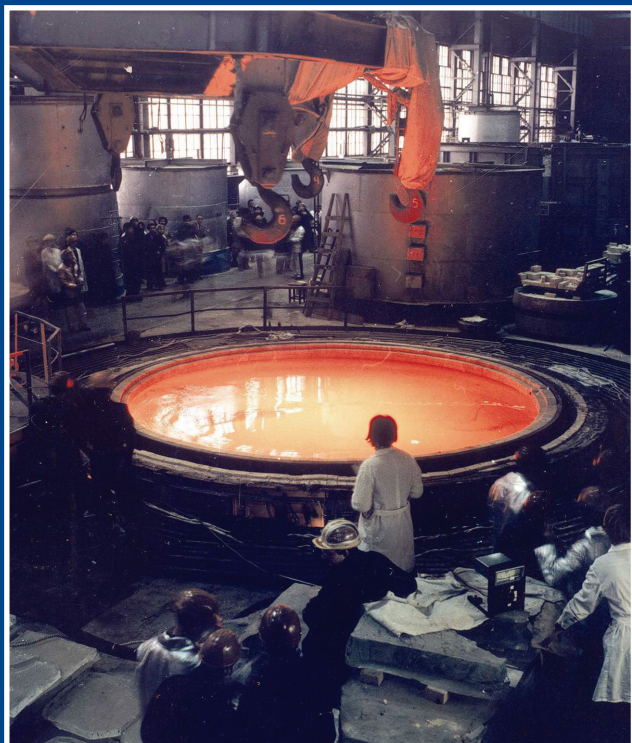
*Подготовка отлитой заготовки зеркала диаметром 6 м к ситаллизации
Preparation of mold 6m diameter mirror blank for ceramization*

Учитывая накопившийся значительный научно-технический и производственный потенциал, на предприятии было создано уникальное по своему техническому оснащению производство по изготовлению крупногабаритных оптических деталей, включающее:

- оборудование для наваара заготовок из АстроСиталла® CO-115M;
- оборудование для обеспечения геометрических размеров с точностью до 10 мкм на заготовках диаметром до 6000 мм;
- оборудование для изготовления и автоматизированного формообразования поверхностей крупногабаритных облегченных оптических деталей произвольной конфигурации диаметром до 6000 мм.

Considering all accumulated fair scientific and production potential, in the factory there was established the unique well-equipped manufacturing facilities for large-size optical components fabrication, including:

- equipment for melting of AstroSitall® CO-115M blanks;
- equipment for treatment of the geometrical dimensions up to 10 μm on blanks with diameters up to 6000mm;
- equipment for manufacturing and computer controlled figuring and shaping of a surface of large-size and lightweight optical components of free configuration with the diameter up to 6000 mm.



*Охлаждение отлитой заготовки зеркала перед
ситаллизацией*
Cooling of mold mirror blank before ceramization

Для производства зеркал астрономического и космического назначения получил широкое распространение материал АстроСиталл®. АстроСиталл® предназначен для изделий, в которых не допускается изменение линейных размеров и формы поверхности при изменении температуры.

АстроСиталл® – это стеклокерамический материал, состоящий из 2-х основных фаз – стекловидной связки и дисперсионно-распределенных в ней кристаллов, образованных в результате специальной термической обработки стекла. Средний коэффициент линейного термического расширения $0 \pm 1.0 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ в диапазоне температур от -60°C до $+60^\circ\text{C}$.

AstroSitall® is widespread material for manufacturing of mirrors for astronomy and space. AstroSitall® is designed for products which are not allowed to change any linear size and surface form while temperature changing.

AstroSitall® is a crystalline glass which has two main phases – vitreous bond and dispersed in it crystals which are formed by special thermal glass processing. Average coefficient of linear thermal expansion $0 \pm 1.0 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ at the temperature range of -60°C to $+60^\circ\text{C}$.

Дилатометр ЛЗОС для измерения КТЛР

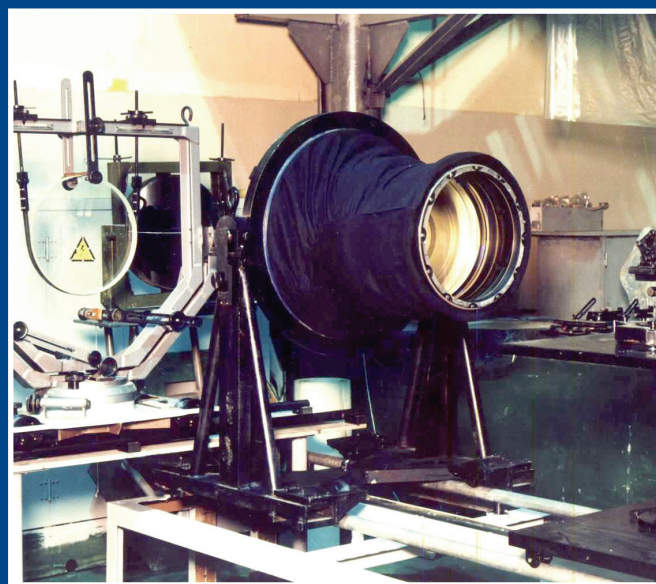
LZOS Dilatometer for CTE testing



Точность определения КТЛР $5 \times 10^{-9} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Диапазон контроля КТЛР $\pm 5 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
(квари, ситалл)
CTE testing accuracy $5 \times 10^{-9} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
CTE testing range $\pm 5 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ (quartz, Sitall)

Установка для определения однородности в плоской опти- ческой заготовке ОПЗ-400

Mounting for testing of the
homogeneity in flat optical blank
OPZ-400

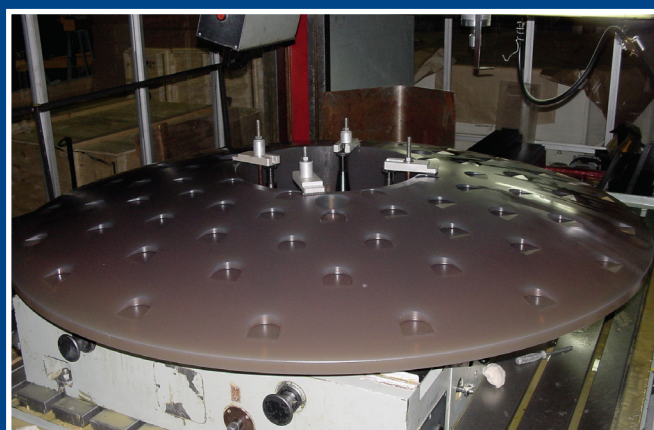


Точность определения однородности материала
 $(1 \div 2) 10^{-6}$
The homogeneity testing accuracy $(1 \div 2) 10^{-6}$

Образцы облегченных зеркал диаметром от 1 до 6 м
Samples of mirrors with diameter from 1m to 6m



*Вторичное зеркало телескопа VISTA диаметром 1240 мм
 Secondary mirror of VISTA telescope with diameter 1240mm*



*Зеркало космического телескопа диаметром 1700 мм
 Space telescope mirror with diameter 1700mm*



*Фрезерование облегченной структуры
 Milling of light weighted structure*



*Облегченное зеркало диаметром 1 м с облегчением до 70%
 Light weighted mirror with diameter 1m with light weight rate up to 70%*



*Участок фрезерования со станками с компьютерным управлением
 Milling workshop with computer-controlled machines*



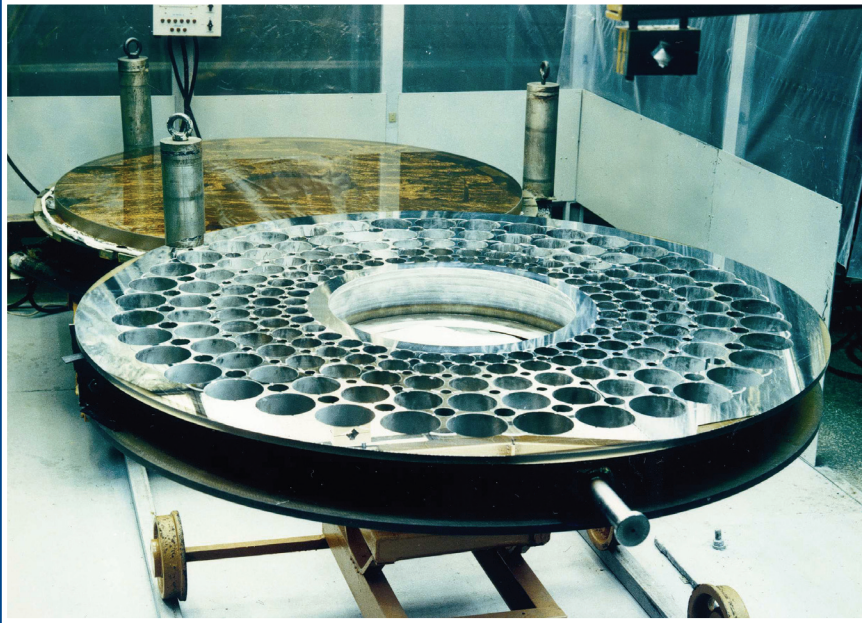
*Зеркало телескопа БТА диаметром 6000 мм
 BTA telescope mirror Diam. 6000mm*

Для фрезерования конфигурации и структуры крупногабаритных оптических деталей используется прецизионное оборудование с программным управлением, позволяющее получить облегченные заготовки оптических деталей диаметром до 6000 мм с точностью изготовления до 10 мкм и с различной структурой облегчения.

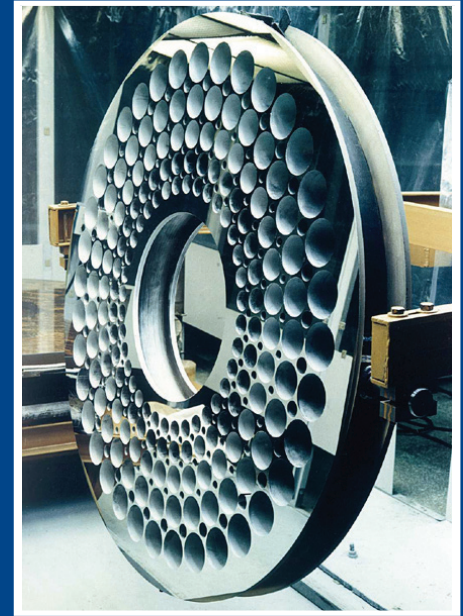
In order to mill a shape and a structure of large-size optical elements, there is used a precision equipment with computer controlled process, allowing to receive light-weight blanks for optical components with diameter up to 6000 mm, accuracy of 10 μm and various lightweight structures.

Облегченные зеркала, изготовленные методом электроадгезионного соединения

Light weighted mirrors produced by the method of electro adhesive conjunction



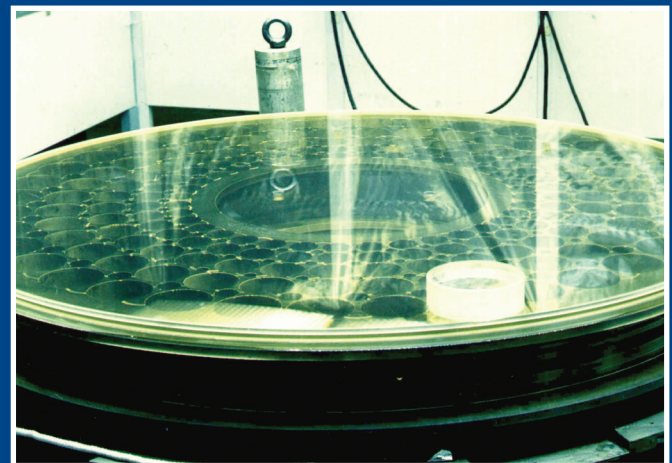
*Подготовка трехслойного зеркала к соединению в трехслойную конструкцию
Preparation of three layers mirror for integration in an unitary construction*



*Облегченный каркас составного зеркала диаметром 1600 мм
Lightweight frame of 1600 mm integrated mirror*

В ОАО ЛЗОС, с учетом большого опыта по изготовлению крупногабаритных зеркал, ведутся работы по созданию многослойных облегченных астрозеркал на основе технологии электроадгезионного соединения, а также с использованием нетрадиционных материалов, таких как самосвязанный карбид кремния.

Технология электроадгезионного соединения позволяет получать многослойные зеркала диаметром до 2000 мм, состоящие из облегченного каркаса и покровных пластин. Данная конструкция существенно повышает жесткость зеркал.



*Облегченное зеркало, изготовленное методом электроадгезионного соединения
Light weighted mirror fabricated with electro-adhesive connection techniques*

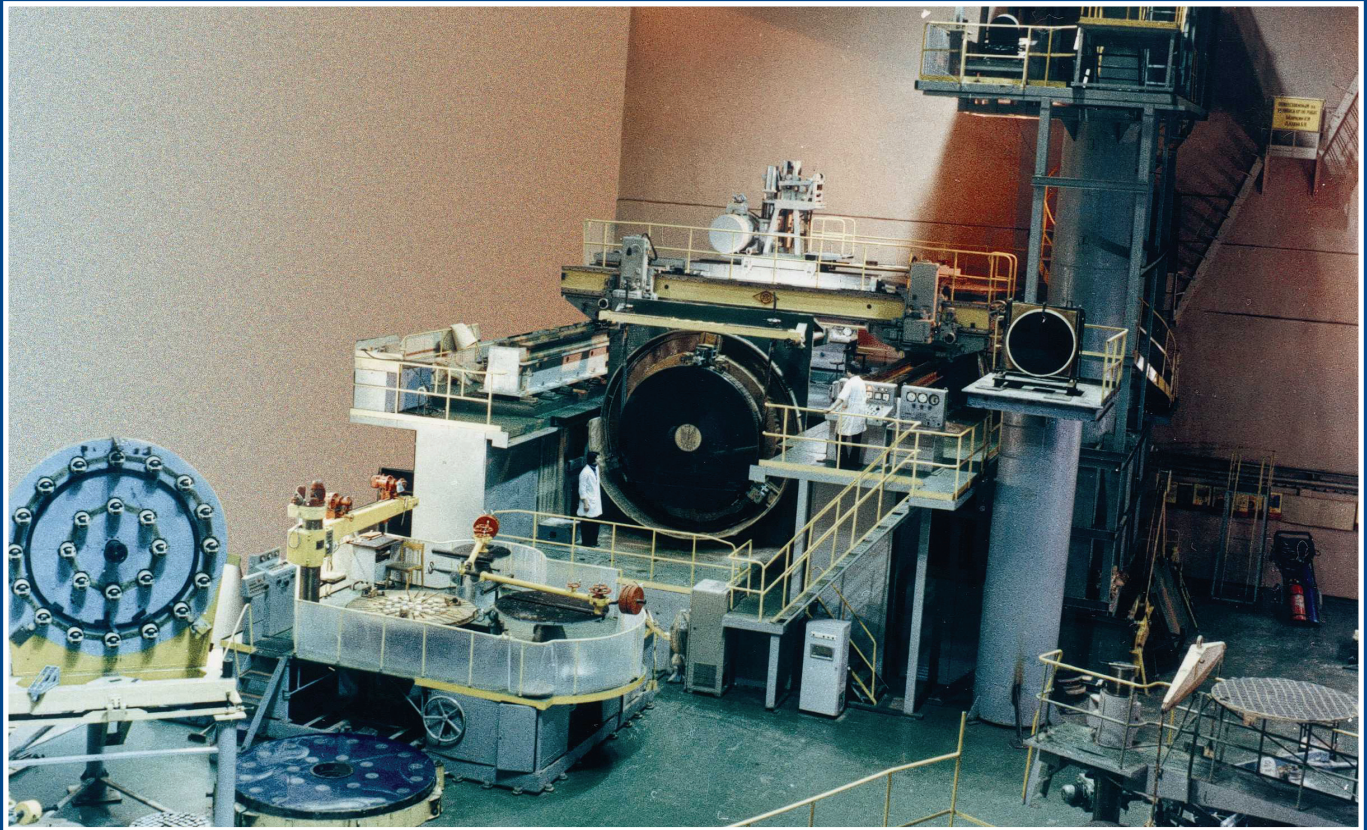
Considering the large experience in the manufacturing of large-size mirrors, LZOS carries out the works on creating of multilayer lightweight astronomical mirrors on the base of electro-adhesive connection techniques with using of non-traditional materials like self-bonded silicone carbide.

The electro-adhesive connection technique allows obtaining multilayer mirrors with diameter up to 2000mm, consisting of a lightweight frame and covering plates. This construction considerably increases the stiffness of the mirrors.

Оборудование для обработки зеркал
Machines for mirrors treatment



Производственный зал с оборудованием для обработки астрономических и космических зеркал
Workshop hall with equipment for figuring of astronomical and space mirrors



*Технологический контроль в горизонтальной схеме зеркала диаметром 2,6 метра на поворотном столе станка
Technological test of 2.6m mirror in horizontal set-up on a turntable table of the machine*



*Процесс шлифовки зеркала диаметром 6 метров БТА на станке КУ-168АДМ
Polishing of 6 m mirror for Bolshoi Azimuthal Telescope on polishing machine KU-168ADM*

Формообразование крупногабаритных оптических деталей диаметром до 6000 мм производится в термостатированном помещении. Для нормальных режимов полировки высокоточных оптических деталей в оптическом зале поддерживается температура $21 \pm 1^\circ\text{C}$.

Figuring of the large-size optical elements with diameter up to 6000 mm is made in a thermostatically controlled room. Normal conditions of high precision optical components polishing are provided at temperature of $21 \pm 1^\circ\text{C}$ in the optical room.



*Финишная доводка зеркала диаметром 3.7м на станке АД-4000
Final polishing of \varnothing 3.7m mirror on AD-4000 CNC machine*



*Станок СД-1000 для финишной доводки зеркал диаметром до 1.3м
CD-1000 CNC machine for final polishing of mirrors up to diam.1.3m*



Вид испытательного стенда УВК-6/70 с вакуумированным оптическим трактом с площадки на высоте 72 метра
View of the test set УВК-6/70 with evacuated optical path from the site on the height of 72 m

Для проведения технологического и аттестационного контроля крупногабаритных оптических деталей диаметром до 6000 мм и радиусом кривизны рабочей поверхности 10÷70 м используется испытательный комплекс УВК-6/70.

Высота камеры.....70 м
 Объем камеры.....1600м³

For the technological and certification testing of large-size optical components with diameter up to 6000 mm and working surface radius of curvature of 10÷70 m test set УВК-6/70 is used.

Chamber height.....70 m
 Chamber volume.....1600m³

Установка Луч-2.5

Комплекс предназначен для ионно-лучевой полировки крупногабаритных оптических деталей диаметром до 2.5 м

Installation "Luch-2.5"

Installation is intended for ion-beam polishing of large size optical blanks with the diameter till 2.5 m



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ «Луч-2.5»

диаметр обрабатываемой детали	2500 мм
рабочее давление в технологической камере	1.33x10 ⁻³ Па
точность управляемого от ЭВМ позиционирования источника ионов	0.01 мм/40"
тип источника ионов	Холловского типа
диаметр источников ионов	100 мм, 200 мм
газ рабочей среды, расход газа см ³ /с	аргон, до 20
диаметр пучка ионов на поверхности оптической детали, мм	от 50 до 150
форма обрабатываемой поверхности	плоская, сферическая, асферическая, выпуклая, вогнутая
конфигурация внешнего периметра	произвольная
материал обрабатываемой детали	стеклокерамика, плавленный кварц, оптическое стекло



MAIN TECHNICAL PARAMETERS OF THE INSTALLATION «LUCH-2.5»

Diameter of blanks for treating	2500 mm
Operational pressure in the technological chamber	1.33x10 ⁻³ Pa
Positioning accuracy of the ion source controlled by computer	0.01 mm /40"
Type of ion source	Hall type
Diameter of ion sources	100 mm 200 mm
Operating fluid, gas flow rate cm ³ /sec	argon, till 20
Diameter of ion beam on optical blank surface, mm	from 50 to 150 mm
Shape of the treated surface	flat, spherical, aspherical, convex, concave
Configuration of the external perimeter	arbitrary
Material of the treated blank	glass-ceramic, fused silica, optical glass

Вакуумный стенд КГСО

Испытательный вакуумный стенд для интерференционного
контроля оптико-электронных систем

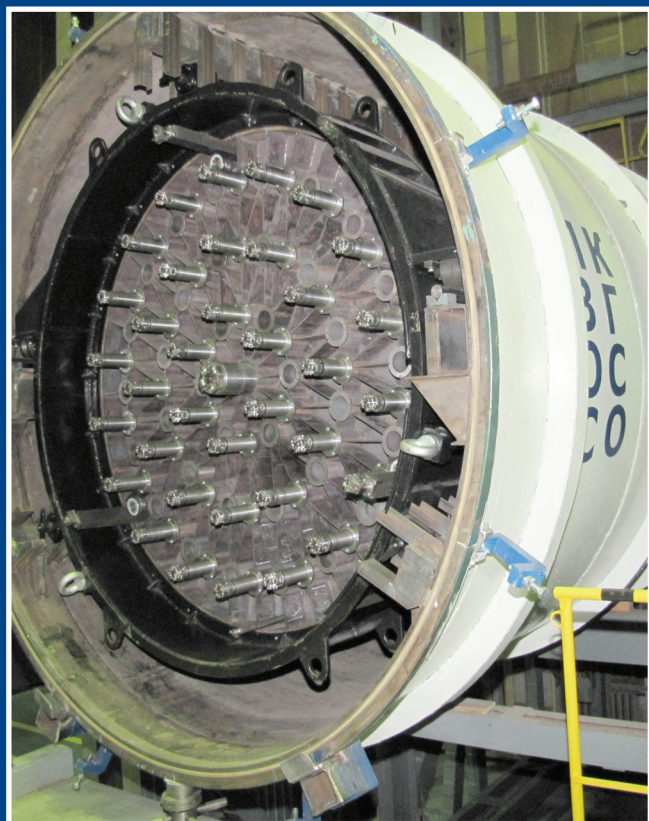
Large size optical vacuum bench KGSO

Vacuum test bench for interferometric testing
of optoelectronic systems



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТЕНДА:

габариты вакуумной камеры \varnothing x H, мм	2832 x 9830
масса установки, кг	16000
объем вакуумной камеры, м ³	60,3
остаточное давление, создаваемое в камере	$< 10^{-2}$ мм.рт.ст.
погрешность оптического тракта (ВОС)	$< \lambda/40$ СКО;
диаметр зрачка контролируемой системы	< 1900 мм;
длина оптической системы	< 6000 мм;
угол ориентации оптической оси коллиматора относительно горизонта при проведении контроля	$0^{\circ}, 90^{\circ}$



MAIN TECHNICAL PARAMETERS OF THE BENCH:

Overall dimensions of the vacuum chamber \varnothing x H, mm	2832 x 9830
Weight of the installation, kg	16000
Volume of the vacuum chamber, m ³	60,3
Residual pressure, generated in the chamber	$\leq 10^{-2}$ mm of mercury
Error of testing in the vacuum chamber	$\leq \lambda/40$ RMS error
Clear aperture of the testing system	≤ 1900 mm
Length of the optical system	≤ 6000 mm
Angle of orientation of the collimator optical axis relative to the horizon while testing	$0^{\circ}, 90^{\circ}$

Для разгрузки оптических деталей в процессе обработки и технологического контроля используется гамма стандов и разгрузочно-базировочных технологических оправ мембранно-пневматического типа, в которых используется система автоматического поддержания параметров настройки при изменении внешних воздействий (атмосферное давление, температура).

На стадии предварительного формообразования поверхностей плоских, сферических и асферических оптических деталей используются станки с классической кинематикой движения полноразмерных инструментов, инструмент-маски, малых инструментов при ретуши.

Для высокоточной доводки поверхностей оптических деталей диаметром 100 ÷ 6000 мм используются автоматизированные станки модели АД (АД-1000, СД-1000, АД-2000, АД-4000, КУ-168АДМ), управляемые от компьютера.

Для контроля формы поверхности в реальном масштабе времени используется комплекс по автоматизированной обработке интерферограмм, представляющий собой цифровую видеосистему обработки сигнала изображения интерферограммы. Он включает блок фотоэлектрической регистрации на ПЗС матрице размером до 10 мегапикселей.



*Установка тонкого адаптивного зеркала диаметром 3300 мм на технологическую оправу
Installation of thin 3300 mm adaptive mirror on technological cell*



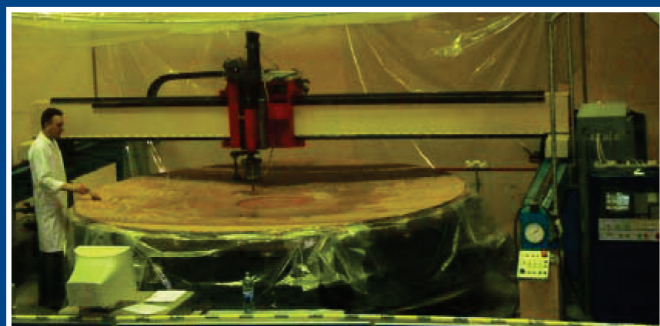
*Процесс финишной полировки высокоточного зеркала на станке АД-2000, управляемом компьютером
Final polishing of high-precision mirror on computer controlled polishing machine AD-2000*

To support and stabilize optical components surface at processing and testing stages the set of vibration-isolated test benches and technological supporting mounts of membrane-pneumatic type, including automated maintenance of adjustment parameters while changing of environment factors (atmospheric pressure, temperature) is used.

At the stage of a preliminary surface shaping of flat, spherical and aspherical optical elements, machines with classical motion kinematics of full-size, small (at retouching) and mask tools are used.

For high precision finishing of optical surfaces on 100÷6000 mm optical components computer controlled polishing machines of AD series (AD-1000, CD-1000, AD-2000, AD-4000, KU-168ADM) are used.

For real time surface shape test there is used an automated interferogram processing system, being a digital video system for interferogram picture signal processing The system includes a unit for photoelectric recording with 10 megapixels CCD matrix.

Средства контроля и технология формообразования**Testing means and figuring techniques**

Финишная полировка зеркала диаметром 3700 мм на станке с компьютерным управлением
Final polishing of 3700 mm mirror on the computer-controlled polishing machine



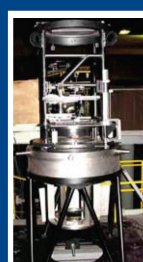
Машина 3D КИМ-1400 для измерения формы поверхности зеркала или линзы
3D Device KIM-1400 for testing of mirror/ lens surface



ДОЭ-корректор волнового фронта
CGH for mirror testing



Самый большой в Европе ДОЭ-имитатор зеркала
Largest CGH-imitator of mirror in Europe



Линзовый корректор для контроля зеркал
Lens corrector for mirror testing



Юстировка оптических элементов с внеосевой асферикой с использованием гексапода и лазерного трекера APIT3
Off-axis aspherical optical elements adjustment by means of hexapod and laser tracker APIT3

Программный комплекс содержит комплект под-программ различного назначения, обеспечивающих проведение автоматизированного технологического процесса, расчет топографии оптической поверхности по результатам интерференционного контроля, расчет съема материала заданным набором полировальников, расчет траектории движения полировальников по детали, расчет корректирующих технологических параметров, оптимизацию процесса формообразования, вывод управляющих программ для компьютерного управления движением полирующего инструмента.

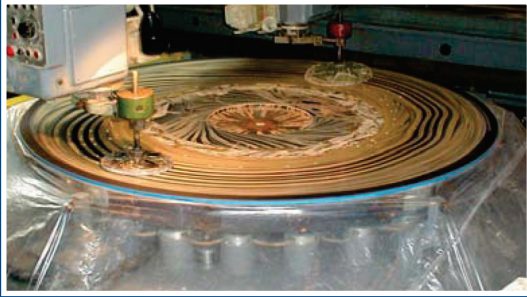
ОАО ЛЗОС использует самые современные средства контроля оптики, включающие машины 3D, лазерный трекер, системы позиционирования с использованием гексаподов, комплект интерферометров с элементами микроподач фирмы STANDA, интерферометры с линзовыми корректорами производства ОАО ЛЗОС и ДОЭ-корректорами производства Института автоматики и электрометрии СО РАН, современное программное обеспечение для обработки интерферограмм и для оптических расчетов, включая программу ZEMAX. И это лишь краткий перечень имеющегося оборудования и технологий.

Software contains some various purpose subroutines providing computer controlled technological process, calculation of optical surface map by the results of interference testing, calculation of material removal with a prescribed set of polishing tools, calculation of mechanical trajectory of the polishing tools along the element, calculation of correcting technological parameters, optimization of shaping process, control programs to drive polishing tools.

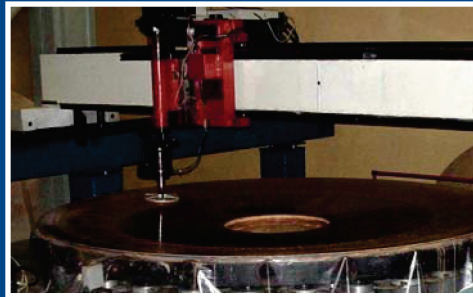
LZOS utilizes the most modern means of testing of optics, including 3D machines, laser tracker, positioning systems with use of hexapods, set of interferometers with elements of micro actuators of STANDA firm, interferometers with lens correctors of LZOS production and CGH-correctors made by institute of automatics and electrical metrology, state-of-the-art software for interferogram processing and for optical designs including ZEMAX software. And this is only the brief list of available equipment and technologies.

Наиболее важные выполненные астрономические проекты Зеркала телескопов TTL, LCO, NOA, VST

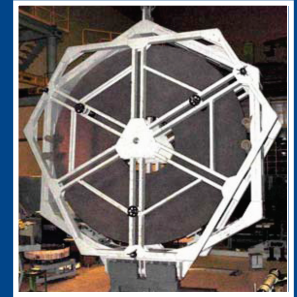
The most important accomplished astronomical projects of the telescopes mirrors for TTL, LCO, NOA, VST Projects



*Предварительная полировка зеркала VST
диаметром 2650 мм
Preliminary polishing of diam. 2650mm
VST mirror*



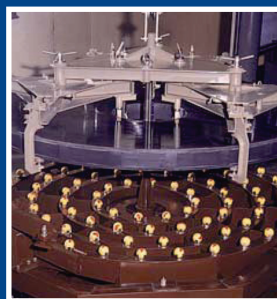
*Финишная полировка зеркала VST
диаметром 2650 мм
Final polishing of diam.2650mm
VST mirror*



*Кантование зеркала
Mirror handling tool*



*Установка зеркала телескопа VST
на технологическую оправу
Installation of VST telescope mirror
on technological cell*



*Установка зеркала теле-
скопа VST в контейнер
VST telescope mirrors instal-
lation into the container*



*Роботизированные телескопы диаметром
2050 мм с зеркалами ЛЗОС
Robotic telescopes with the mirrors diameter
2050mm using LZOS*

ОАО ЛЗОС изготовил 7 главных зеркал с гиперболической поверхностью диаметром 2050 мм (F/3, асферичность 20 мкм) и 5 вторичных зеркал диаметром 645 мм (F/2.5, асферичность 12 мкм) для роботизированных телескопов проектов TTL (Telescope Technologies Limited, Великобритания) и Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGT, США, Великобритания). На всех зеркалах была получена концентрация энергии на оси 80% в кружке рассеяния диаметром менее 0.2". RMS поверхности зеркал менее 9 нм.

Изготовлено главное и вторичное зеркала телескопа NOA (Astronomical Institute - National Observatory of Athens, Греция) диаметром 2280 мм (F/2.3) и 753 мм (F/2) соответственно. Главное зеркало имеет концентрацию энергии на оси 80% в кружке менее 0.2" и RMS поверхности менее 9 нм.

Изготовлены главное и вторичное зеркала телескопа VST (VLT Survey Telescope, Osservatorio Astronomico di Capodimonte Napoli) диаметром 2650 мм (F/1.8) и диаметром 938 мм (F/2.3) с асферичностью около 100 мкм на обоих зеркалах. В 2002-2006 годах изготовлено второе подобное зеркало.

Все зеркала изготовлены из АстроСиталла®

LZOS manufactured 7ea. primary mirrors with hyperbolic surface diam.2050mm (F/3, asphericity 20 μm) and 5ea. secondary mirrors diam.645mm (F/2.5, asphericity 12 μm) for robotic telescopes for TTL (Telescope Technologies Limited) and Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGT, USA - Great Britain). On that mirrors Encircled Energy 80% in the spot with diam.0.2" was obtained. The mirror surface RMS is less than 9nm. The primary and the secondary mirrors of NOA telescope (Astronomical Institute - National Observatory of Athens, Greece) with diam.2280mm (F/2.3) and 753mm (F/2) correspondingly. The primary mirror has Encircled Energy on axis 80% in the spot less than 0.2" and RMS surface less than 9nm.

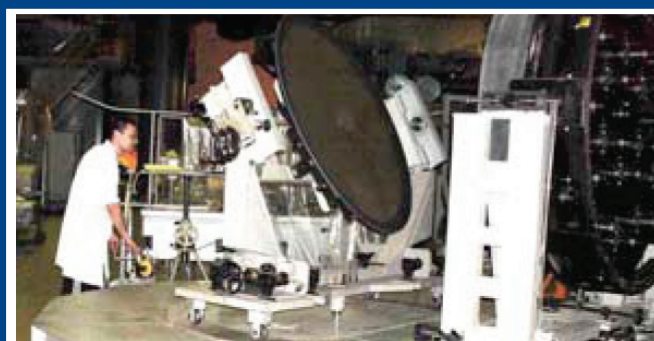
There is produced the primary and secondary mirrors of VST telescope (VLT Survey Telescope, Osservatorio Astronomico di Capodimonte Napoli) Ø2650mm (F/1.8) and 938mm (F/2.3) with asphericity about 100μm on both mirrors. In 2002-2006 years the second similar mirror was produced also.

All the mirrors are produced of Astrosital®.

Третьичное зеркало телескопа GRANTECAN GRANTECAN Telescope tertiary mirror



*Предварительная шлифовка зеркала М3
M3 mirror preliminary polishing*



*Контроль зеркала М3
M3 mirror testing*



*Телескоп GRANTECAN
GRANTECAN telescope*



*Предварительная полировка зеркала М3
M3 mirror preliminary polishing*



*Зеркало М3 на оправе
M3 mirror into cell*

ОАО ЛЗОС изготовил плоское зеркало М3 с эллиптической конфигурацией с размером осей 1520x1073 мм для испанского телескопа GRANTECAN. Для контроля плоской поверхности данного зеркала разработан и смонтирован специальный вертикальный стенд, позволяющий контролировать зеркало в схеме Ричи-Коммона под двумя углами падения главного луча.

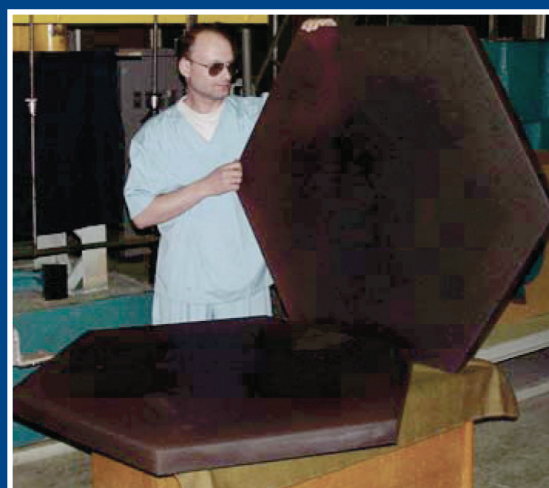
В процессе формообразования и контроля использовалась система разгрузки зеркала, изготовленная фирмой AMOS (Бельгия).

LZOS manufactured the flat surface of M3 mirror for the GRANTECAN Project. The mirror has an elliptical configuration and axial dimensions of 1521mm x 1073mm. The special vertical test bench is designed and installed intended for testing of flat surface of this mirror. This test bench allows testing the mirror in Ritchey – Common layout at two 30° and 60° angles of incidence of a main beam.

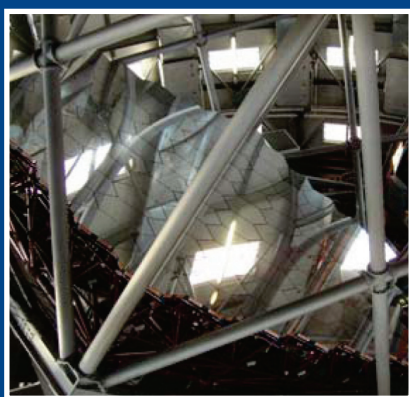
The support system produced by AMOS (Belgium) company was used during the mirror surface figuring and testing.

Изготовление заготовок сегментов главного зеркала телескопа SALT

Fabrication of SALT telescope sub-mirrors substrate blanks



*Изготовление сегментов главного зеркала
Primary mirror sub-mirrors blanks fabrication*



*Элементы главного зеркала установлены в телескоп
Primary mirror elements are installed into telescope*



*Приемка заготовок в ОАО ЛЗОС
Blanks acceptance in LZOS*

ОАО ЛЗОС поставил 96 шестиугольных сегментов из АстроСиталла® для составного главного зеркала телескопа SALT (Southern African Large Telescope). Все сегменты зеркала были установлены в телескоп в мае 2005 года. Размеры сегмента – 1100 мм по диагонали, толщина 55 мм.

Для его успешного выполнения были разработаны и изготовлены интерференционные дилатометры нового поколения, обеспечивающие погрешность измерений КТР не более 5×10^{-9} град C^{-1} . При этом, однородность КТР, измеренная по 18-ти образцам, взятым из различных участков заготовки, не превышала по размаху значения 15×10^{-9} град C^{-1} .

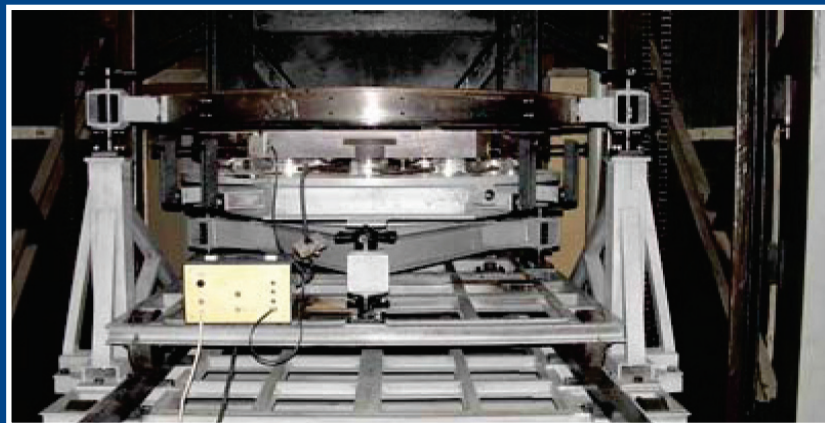
96 substrate segments from AstroSital® for SALT Telescope (Southern Africa) are supplied by LZOS.

All segmented sub-mirrors composing the Primary mirror were installed by May 2005 year. Substrate segments size along diagonal is 1100 mm, thickness is 55 mm.

In order to meet successfully SALT CTE specification the new generation interference dilatimeters were developed and manufactured. They ensured CTE measuring error of no more than $5 \times 10^{-9} K^{-1}$. The CTE homogeneity at 18 measured points of a blank is not more than $15 \times 10^{-9} K^{-1}$.

Изготовление заготовок и сегментов зеркал телескопа LAMOST

LAMOST telescope sub-mirrors and blanks fabrication



*Контроль сегмента зеркала с линзой
Физо в стенде контроля
Testing of the mirror segment with Fizeau
lens into test bench*



*Контроль линзы Физо со сферическим
эталонным зеркалом (Ø1200 мм)
Fizeau lens testing with the spherical reference mirror (Ø1200 mm)*



*Общий вид телескопа LAMOST
с зеркалами ЛЗОС
General view of LAMOST telescopes
with LZOS sub-mirrors*

ОАО ЛЗОС изготовил 26 заготовок из АстроСиталла® для пластины Шмидта M_A проекта LAMOST (Многоцелевой широкоугольный спектроскопический телескоп, Large Sky Area Multi-Object Spectroscopic Telescope) и выполнил работы по обработке 40 сегментов зеркала M_B , изготовленных из материала Zerodur® фирмы Шотт. Телескоп является специальной отражающей системой Шмидта. LAMOST состоит из двух крупногабаритных сегментных зеркал: пластина Шмидта M_A и сферическое главное зеркало M_B . Размеры M_A — около 5.7 м x 4.4 м, оно состоит из 24 шестигранных сегментов зеркала. Размеры M_B — около 6.7 м x 6 м, оно состоит из 37 шестигранных сегментов зеркала. Для изготовления сегментов данного зеркала разработана специальная технология обработки и контроля. Для контроля формы поверхности сегментов был изготовлен интерферометр типа Физо с эталонной сферической поверхностью радиусом 40 м.

LZOS has fabricated 26 ea. blanks of Astrosital® for M_A Schmidt plate of LAMOST Project (Large Sky Area Multi-Object Spectroscopic Telescope) and completed works on treatment of 40 segments of M_B mirror, made of Zerodur® material of Schott company. The telescope is the special reflecting system of Schmidt. LAMOST consists of two large size segment mirrors: M_A Schmidt plate and Primary spherical M_B mirror. M_A mirror has size about 5.7m x 4.4m and consists of 24 hexagonal segmented mirrors. M_B mirror has size about 6.7m x 6m and consists of 37 hexagonal segmented mirrors. For manufacturing of segments of M_B mirror the special figuring and testing technology was developed. In order to test the segments surface figure there was Fizeau lens interferometer with reference spherical mirror having radius 40m was produced.

Главное зеркало телескопа VISTA
VISTA telescope primary mirror



*Классическая полировка главного зеркала
Classical polishing of Primary mirror*



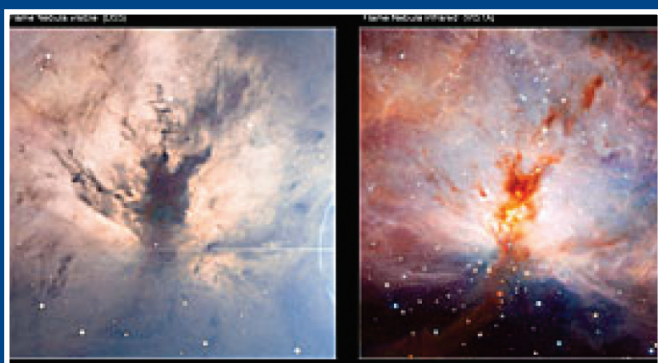
*Полировка главного зеркала с компьютерным управлением
Primary mirror polishing on computer-controlled machine*



*Транспортировка готового зеркала
Handling of the finished mirror*



*Доставка зеркала в обсерваторию Паранал (Чили)
Delivery of the mirror to Paranal observatory (Chile)*



*Первые снимки в ИК-диапазоне (справа). Слева снимок в видимом диапазоне
The first images in IR-range (right) and in visual range (left)*



*Оптические элементы в телескопе
Optical elements in telescope*

ОАО ЛЗОС выполнил работы по изготовлению оптики для проекта VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy).

VISTA - обзорный телескоп, работающий в инфракрасном диапазоне волн, и он является крупнейшим в мире телескопом-картографом звездного неба.

Главное гиперболическое зеркало из Zerodur® имеет диаметр 4100 мм и радиус кривизны около 8094 мм, асферичность около 881 мкм.

LZOS has completed the works for production of optics for VISTA Project (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy).

VISTA is a survey telescope working at infrared wavelengths and is the world's largest telescope dedicated to mapping the sky.

The primary hyperbolic mirror made of Zerodur® has diam. 4100mm and Radius of curvature about 8094mm, asphericity is about 881µm.

Вторичное зеркало телескопа VISTA
VISTA telescope secondary mirror



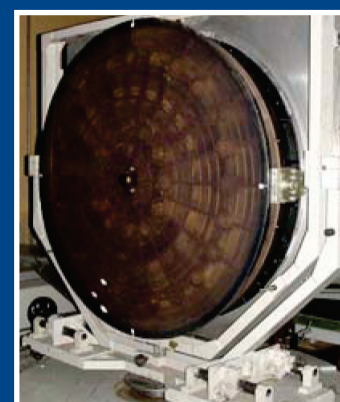
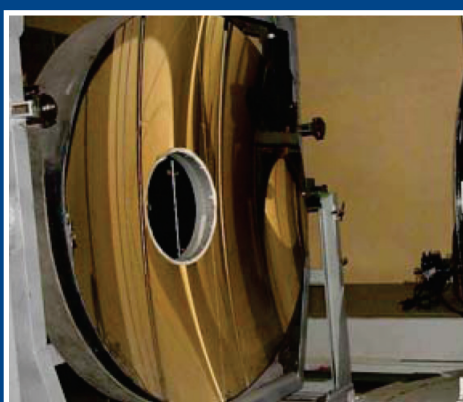
*Общий вид облегченного зеркала
 General view of light weighted mirror*



*Обработка сферы Хиндла для контроля вторичного зеркала.
 Диаметр зеркала 2420 мм, радиус 2510 мм.
 Hindle sphere treatment for testing of the secondary mirror with diam.
 2420mm and Radius 2510mm*



*Установка узла вторичного зеркала в вертикальный стенд контроля со сферой Хиндла
 Installation of Secondary mirror assembly into vertical the test bench with Hindle sphere*



*Узел вторичного зеркала в горизонтальной схеме
 Secondary mirror assembly in horizontal layout*

Вторичное зеркало VISTA изготовлено из АстроСиталла®, его диаметр 1241 мм, асферичность около 364 мкм, что не имеет аналогов в мире для данного класса зеркал.

VISTA secondary mirror is produced of Astrositall®, its diameter is 1241mm and the asphericity is about 364µm that has no analogues in the world for this class of mirrors.

Оптическая система телескопа Фраунгофера (обсерватория университета г. Мюнхен)

Optical system of Fraunhofer Telescope (LMU Observatory, Munich)



*Приемка главного зеркала
(\varnothing 2100 мм)
Primary mirror acceptance
(\varnothing 2100 mm)*



*Вторичное зеркало
Secondary mirror*



*Контроль третичного зеркала
testing of tertiary mirror*

Завершена обработка комплекта оптики нового телескопа, который установлен в астрономической обсерватории на горе Wendelstein в Баварских Альпах близ Мюнхена.

Главное зеркало телескопа диаметром 2100 мм имеет гиперболическую форму с отклонением от сферы (асферичностью) в 65 мкм.

Вторичное гиперболическое зеркало диаметром 710 мм контролировалось в вертикальном стенде со вспомогательной сферой диаметром 2 м, необходимой для контроля данного зеркала. Оно имеет асферичность 38 мкм.

Третичное зеркало с плоской рабочей поверхностью имеет эллиптическую конфигурацию с размерами осей 714 на 510 мм.

LZOS completed the polishing of the set of optics of the new telescope that installed in the astronomical observatory on Wendelstein mountain in Bavarian Alps near Munich.

Primary mirror of telescope diam 2100mm has the hyperbolic shape with deviation from sphere (asphericity) equals to 65 μ m.

The secondary hyperbolic mirror diam.710mm was tested in the vertical test bench with the auxiliary sphere having 2m diameter necessary for testing of this mirror. It has the asphericity 38 μ m.

The tertiary mirror with flat working surface has the elliptical configuration with sizes of axes 714mm x 510mm.

Модернизация зеркала Большого Телескопа Азимутального (БТА)

Upgrading of Big Azimuth Telescope Mirror (BTA)



*Общий вид телескопа БТА
General view of BTA telescope*



*Транспортировка зеркала БТА в ОАО ЛЗОС
для реконструкции
BTA mirror transportation to LZOS for repair*



*Передислокация 6 метрового зеркала БТА в корпус №16
Handling of BTA 6meter mirror to warehouse No.16*



*Процесс шлифовки и полировки зеркала БТА
BTA mirror grinding and polishing process*

За 30-летний период эксплуатации телескопа БТА его зеркало диаметром 6 м несколько раз перепокрывалось, что привело к существенному повреждению поверхностного слоя, его коррозии, и, вследствие этого, к потере отражающей способности зеркала до величины порядка 70 %. Кроме того, достигнутое качество формы поверхности главного зеркала в момент его обработки составило по угловому разрешению - 0.6". В течение данного времени технологический процесс формообразования поверхностей астрономических оптических деталей вышел на существенно новый уровень, достигаемое качество отклонений формы поверхностей от теоретической повысилось на порядок, за счет автоматизации и модернизации производства и компьютерного управления. Также существенно улучшилась механическая база и технология облегчения и разгрузки зеркал с использованием современного компьютерного оборудования.

Таким образом, учитывая уникальность данного инструмента и, в то же время, износ главного зеркала телескопа, для сохранения и повышения эффективности и работоспособности телескопа возникла необходимость обновления, ремонта и реконструкции главного зеркала телескопа. В настоящее время технология формообразования и разгрузки зеркала позволяет существенно улучшить его оптические характеристики до требований по угловому разрешению менее 0.2 угловых секунд.

For 30 years period of BTA telescope performance its mirror with diameter 6m was re-coated several times that resulted in significant damage of the mirror surface, its corrosion and due to that to loosing of the mirror reflecting capabilities up to the value in the level of 70%. Besides the achieved quality of the primary mirror figure by the date of its 0.6" per angular resolution. During this time the technological process of astronomical optical parts surfaces figuring was improved significantly to new levels owing to automatics and production modernization and computer monitoring. Also the mechanical base and technologies of light weightening and supporting of the mirrors were enhanced using the modern computer equipment.

Thus considering the unique status of this instrument and at the same time tear and wear conditions of Telescope Primary mirror in order to keep and enhance the effectiveness and performance of the telescope there was a necessity to renew, repair and reconstruction of the telescope primary mirror. At present the figuring technology and the mirror supporting allow improving significantly its optical parameters up to requirements per angular resolution less than 0.2 arc seconds.

Международные проекты с участием ОАО "Лыткаринский завод оптического стекла"

International Projects for fabrication of astronomical optics completed by Lytkarino Optical Glass Factory, JSC.

Project Parameters of optical parts	Проект, Параметры оптических деталей	Заказчик Customer	Год Изготов- ления, Year of manu- facture
Ø 1050 mm parabolic mirror	Параболическое зеркало Ø 1050 мм	Германия Germany	1994
Ø 1040mm flat mirror for Carl Zeiss Jena	Плоское зеркало Ø 1040 мм	Германия, Germany	1995
Optical system for Newton Telescope: M1 mirror Ø408mm, M2 mirror Ø80mm.	Оптическая система для телескопа Ньютона: M1 Ø408 мм, M2 Ø80 мм.	Германия Germany	1995
Optical system for Cassegrain Telescope: M1 mirror Ø630mm, M2 mirror Ø192mm.	Оптическая система для телескопа Кассегрена: M1 Ø630 мм, M2 Ø192 мм.	Германия Germany	1995
Flat mirrors Ø 365 mm & Ø 320 mm made of Zerodur material	Плоские зеркала Ø365 мм и Ø320мм из Церодура	Германия Germany	1996
Ø 1048 x 170 mm parabolic mirror	Параболическое зеркало Ø1048x170 мм	США USA	1996
Kattamia Observatory: Secondary mirror Ø498 mm of Zerodur substrate	Вторичное зеркало Ø 498 мм из Церодура для обсерватории Коттамия	Египет Egypt	1997
Max Planck Institute: Hyperbolic mirror Ø1230mm of Zerodur	Гиперболическое зеркало Ø 1230 мм из Церодура для Института Макса Планка MPI	Германия Germany	1997
Cassegrain optical system for Ø520mm telescope	Оптическая система Кассегрена для телескопа Ø 520 мм	Италия Italy	1997
Two sets of optical mirrors: Flat multisided mirror with max. side Ø508mm, spherical mirror Ø470mm	два комплекта зеркал: Плоское многогранное, максимальная сторона Ø 508 мм, сферическое Ø 470 мм	Китай China	1997-1998
RGO Project: Two Ø2050mm hyperbolic mirrors	Проект RGO 2 гиперболических зеркала Ø2050 мм	Англия UK, England	1997-1998
Optical system for NOA telescope: Primary mirror Ø2280mm, Secondary mirror Ø753mm,	Оптическая система для телескопа NOA: Главное зеркало Ø 2280 мм, Вторичное зеркало Ø 753 мм,	Греция Greece	1998-2000
Lens corrector, Reflecting mirrors: Ø190x39mm, 163x113x24mm	Линзовый корректор, Преломляющие зеркала: Ø190x39 мм, 163x113x24 мм	Греция Greece	2000
The 3 rd Optical system for TTL Telescope: Ø2050mm Primary mirror, Ø645mm Secondary mirror, Lens corrector	3-я Оптическая система для телескопа TTL: Главное зеркало Ø2050 мм, Вторичное зеркало Ø645 мм, Линзовый корректор	Англия, England	1999-2000
Optical system for VST Telescope: Ø2650mm Primary mirror, Ø938mm Secondary mirror, Lens corrector	Оптическая система для телескопа VST: Главное зеркало Ø 2650 мм, Вторичное зеркало Ø 938 мм, Линзовый корректор	Италия Italy	1998-2001
Ø 1060 mm parabolic mirror for Bohemia	Параболическое зеркало Ø 1060 мм для Богемии	Германия Germany	2001
Optical system for STELLA Telescope	Оптическая система для телескопа	Германия	2001

of Zerodur: Ø1220mm Primary mirror, Ø455mm Secondary mirror, Ø350 x 250 mm Tertiary mirror	STELLA из Церодура: Главное зеркало Ø 1220 мм, Вторичное зеркало Ø 455 мм, Третичное зеркало Ø 350x250 мм,	Germany	
4 th Optical system for TTL Telescope: Primary mirror Ø2050mm, Secondary mirror Ø645 mm	4-я Оптическая система для телескопа TTL: Главное зеркало Ø 2050 мм, Вторичное зеркало Ø 645 мм,	Англия England	2001-2002
Set of mirrors for Beijing Observatory: Flat mirror Ø 1050mm, Sphere mirror Ø 1220mm	Комплект зеркал для Пекинской обсерватории: Плоскость Ø 1050 мм, Сфера Ø 1220 мм	Китай China	2001-2002
Telescope optical system Ø 315mm Primary mirror	Оптическая система телескопа с главным зеркалом Ø 315 мм	Корея South Korea	2001-2002
Ø1050mm Parabolic mirror for EOST Company	Параболоид Ø1050 мм для EOST	США USA	2000-2002
Ritchey-Chrétien optical system with Ø 630mm Primary mirror for Halfmann firm	Оптическая система Ричи-Кретьена с главным зеркалом Ø 630 мм для Halfmann	Италия Italy	2001-2002
Ø1300mm flat mirror in cell. Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics and Physics.	Плоское зеркало Ø1300 мм в оправе, Чуньчуньский институт оптики, точной механики и физики	Китай China	2001-2002
Optical collimator with focal length 30m, reflecting mirrors: Ø1250mm flat, Ø1100mm parabola, Ø188mm hyperbola, Ø135mm flat. For KAKT Project	Оптический коллиматор с фокусом 30 м, отражаемые зеркала: Плоскость Ø1250 мм, Парабола Ø 1100 мм Гипербола Ø 188 мм, Плоскость Ø 135 мм По проекту КАКТ	Китай China	2000-2003
Optical system of Schmidt telescope: Spherical mirror Ø600mm, Schmidt plate Ø424mm, two lenses Ø 150mm, Flat plate Ø 140mm.	Оптическая система телескопа Шмидта: сферическое зеркало Ø600 мм, пластина Шмидта Ø424 мм, 2 линзы Ø150 мм, плоская пластина Ø140 мм	Египет Egypt	2001-2003
Ø560mm concave spherical mirror	Вогнутое сферическое зеркало Ø560 мм	Бельгия Belgium	2002-2003
M3 Tertiary flat elliptical mirror Ø1521x1073mm. GRANTECAN Telescope in Canaries	Третичное плоское зеркало М3 Ø1521x1073 мм телескопа GRANTECAN на Канарских о-вах	Испания Spain	2001-2004
Flat mirror Ø1020mm into the cell. Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics and Physics	Плоское зеркало Ø1020 мм в оправе, Чуньчуньский институт оптики, точной механики и физики	Китай China	2002-2004
Set of optical mirrors: Ø512mm Primary mirror, Ø127mm Secondary mirror.	Комплект зеркал: Главное зеркало Ø 512 мм, Вторичное зеркало Ø 127 мм.	Китай China	2003-2004
Ø 1000 x 109 mm Parabolic mirror. Beijing Observatory	Параболическое зеркало Ø1000 x 109 мм для Пекинской обсерватории	Китай China	2002-2004
2 sets of lightweighted optical mirrors in cells: Ø346mm spherical mirror, Ø662x312mm flat mirror	2 комплекта облегченных зеркал в оправах: Сферическое Ø346 мм, Плоское Ø662x312 мм	Китай China	2002-2005
Ø2650mm Primary mirror replica. VST telescope.	Главное зеркало N2 Ø2650 мм для телескопа VST	Италия Italy	2002-2005
Primary Segment M _B mirror with total Ø 6.5meter for LAMOST Telescope (40 hexagonal regular sub-mirrors of Zerodur material with diagonal length 1100mm)	Главное составное зеркало M _B диаметром 6.5м телескопа LAMOST (40 сегментов с размером по диагонали 1100мм)	Китай China	2002-2006
Two Ø1800x250mm spherical mirrors for Cassegrain telescopes in Andenes,	2 сферических зеркала Ø1800мм для Кассегреновских телескопов в	Германия Germany	2003-2005

Norway	Андене, Норвегия		
840 x 214mm off-axis parabolic mirror	Внеосевое параболическое зеркало 840 x 214мм	Китай China	2003-2005
1m vacuum solar telescope, Yunnan. Set of mirrors: Ø1000 x 153mm M1 primary mirror, Ø 266 x 45mm M2 secondary mirror, Ø 246 x 45mm M3 tertiary mirror, 72 x 48 x 11mm M4 mirror	Комплект зеркал для 1м вакуумного солнечного телескопа, Юннань: M1 Ø 1000 x 153 мм M2 Ø 266 x 45 мм M3 Ø 246 x 45 мм M4 72 x48 x 11 мм	Китай China	2004-2006
Ø1350 x 169mm Primary mirror For EOST company	Главное зеркало Ø1350x169 мм EOST компания	Австралия Australia	2005-2007
Ø960mm spherical mirror into cell for SUNO telescope	Сферическое зеркало Ø960мм в оправе для телескопа USNO	Австралия Australia	2006-2007
Optical system for VISTA Telescope: Primary mirror Ø4100mm made of Zerodur material. Secondary mirror Ø1241mm made of Sitall CO-115M material.	Оптическая система для телескопа VISTA: Главное зеркало Ø4100мм из Церодура, Вторичное зеркало Ø1241мм ситалла	Шотландия Scotland UK	2002-2006
3ea. Ø2050 x 170mm Primary mirrors, 4ea. Ø645 x 110mm Secondary mirrors made of Sitall CO-115M for 2m robotic astronomical telescopes of Telescope Technologies Limited, UK & Las Cumbres Observatory	3шт Главных зеркала Ø 2050 мм и 4шт вторичных зеркала Ø 645 мм из Ситалла CO-115M для 2метровых телескопов-роботов для Telescope Technologies Limited, UK & Las Cumbres Observatory, USA	США – Англия USA - UK	2006-2008
Ø600mm Primary parabolic light weighted mirror in cell	Облегченное параболическое главное зеркало Ø600 мм в оправе	ЮАР South Africa	2006-2009
2.4m Thai National telescope: Ø2400x150mm Primary hyperbolic mirror and Ø540x70mm secondary mirror.	Оптическая система телескопа TNT Гиперболическое главное зеркало Ø2400x150 мм и вторичное зеркало Ø 540x120 мм	Австралия Australia	2006-2008
COREX Project set of optics: Primary mirror Ø2040mm, Secondary mirror Ø613mm	Комплект оптики для проекта COREX: Главное зеркало Ø2040 мм, Вторичное зеркало Ø613 мм	Россия- Япония Russia - Japan	2006-2008
Primary mirror Ø3700 mm and Secondary mirror Ø980mm for DOT telescope of ARIES Institute	Главное зеркало Ø3700 мм и вторичное зеркало Ø980 мм для телескопа DOT института ARIES	Бельгия, Индия Belgium – India	2008-2011
24 sets of mirrors for Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGTN): Primary mirror: Ø1040mm, Secondary mirror: Ø345mm	24 комплекта зеркал для Глобальное сети телескопов Las Cumbres Observatory (LCOGTN): Главное зеркало: диаметр 1040 мм Вторичное зеркало: диаметр 345 мм	США USA	2008-2012

Крупногабаритные линзовые объективы**Large size lens objectives**

*Крупногабаритные линзовые объективы для космической аппаратуры
Large dimensions objective lenses for space facilities*

На предприятии создана уникальная производственная база и накоплен научно-технический потенциал и опыт разработки и изготовления крупногабаритных линзовых объективов (КГЛО) для широкого спектра космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (высокодетальная и широкополосная мультиспектральная съемка земной поверхности).

The factory has the unique manufacturing capacities and has accumulated the scientific and technological potential and experience of development and producing of large-size objective lenses for wide range of space vehicles of Earth remote sensing (high resolution and wide band multispectral survey of the Earth surface).



*Оптическая скамья ЮСКБ-77 для контроля КГЛО
Testing bench Yu.SKB-77 for testing of large-size objective lenses*



*Объектив последнего поколения «Активный-4АГ»
Objective lens of the last generation «Aktivnyy-4AG»*

Созданное производство позволяет выпускать предельные по своим опто-техническим и габаритным характеристикам крупногабаритные линзовые объективы для различных типов космических аппаратов.

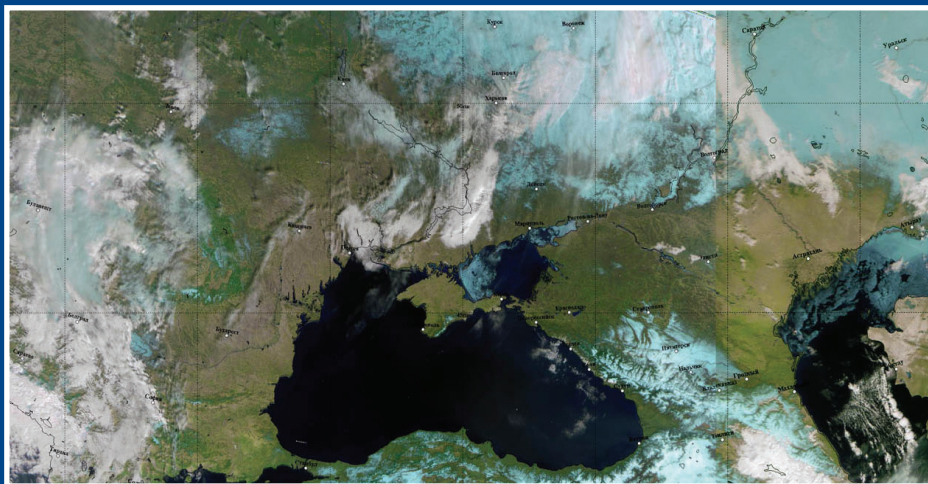
Параметры крупногабаритных линзовых объективов:

- световые диаметры – 200...650 мм;
- фокусные расстояния – 1000...4000 мм;
- СКО ВФ – не более 0,05λ.

The established manufacturing allows producing large-size objective lenses with maximal possible optical and technical characteristics for different types of space vehicles.

Parameters of the large-size objective lenses are as follows:

- clear apertures – 200...650 mm;
- focal distances – 1000...4000 mm;
- RMS error of the wave front – not more than 0,05λ.



*Цветосинтезированное изображение со спутника «Метеор-М»
Colored synthesise image taken from the satellite “Meteor-M”*



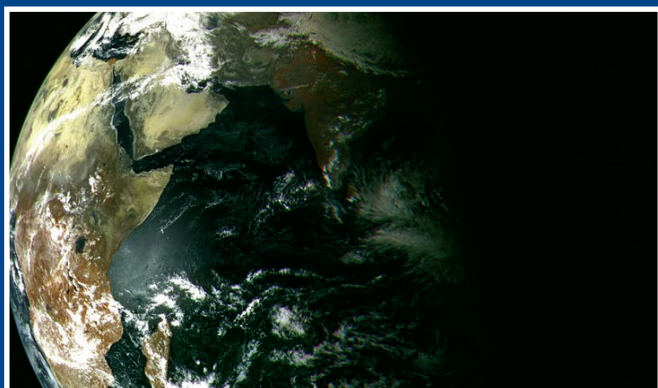
Блок сканирующего зеркала спутника «Метеор-М» Scanning mirror assembly of “Meteor-M satellite”

На базе производства крупногабаритных линзовых объективов на предприятии создано производство и в сотрудничестве с ОАО «Российские космические системы» освоено выпуск оптико-механических блоков прецизионных сканирующих зеркал многозональных сканирующих устройств аппаратуры дистанционного зондирования Земли метеоспутника «Метеор-М» и геостационарного метеоспутника «Электро-Л».

Base on production of large size lens objectives there was established in the factory and in cooperation with JSC «Russian Space Systems» was mastered the fabrication of optical – mechanical assemblies of high-precision scanning mirrors of multi zonal scanning devices of the apparatus of the distance exploring of Earth of the meteorological satellite «Meteor-M» and geostationary meteorological satellite «Electro-L».



*Юстировка сканирующего зеркала для спутника «Электро-Л»
Scanning mirror adjustment for “Electro-L” satellite*



*Снимок со спутника «Электро-Л»
Image from satellite “Electro-L”*

- Габариты сканирующих зеркал до 240 x 360 мм
- СКО волнового фронта 0,05λ
- Стабильность оси сканирования не хуже 1 угл. мин.

- Dimensions of scanning mirrors are 240x360mm
- RMS wavefront 0.5λ
- Stability of scanning axis is \geq angular 1'

По заказу Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина на ОАО ЛЗОС создана специализированная аппаратура наблюдения и фотографирования Земли из космоса. Это бинокулярный прибор, позволяющий наблюдать земную поверхность и производить её видеосъёмку, находясь на космической станции, а также цифровая фотокамера, позволяющая производить фотографирование Земли с разрешением на местности до 3 м.

Аппаратура ЛЗОС использовалась на станциях «Мир» и МКС.

Under the order of Cosmonauts training center named by Yuri A. Gagarin LZOS, JSC developed the special application viewing and photography equipment for taking pictures of Earth from space. This is the binocular device that allows observing earth surface and recording of its images from a space station. Also LZOS, JSC developed the digital photo camera that allows photographing of Earth with its surface resolution up to 3m.

LZOS devices were used on the space stations "MIR" and International Space Station.



*Летчики-космонавты Падалка Г.И, Корзун В.Г. в ЦПК им.Ю.А.Гагарина на испытаниях цифровой фотокамеры
Pilot-cosmonauts G.I.Padalka and V.G.Korzun in cosmonauts training center named of Yuri A.Gagarin at testing of digital photo camera*



*Летчик-космонавт Корзун В.Г. с бинокулярным прибором на станции «Мир»
Pilot-cosmonaut V.G. Korzun with the binocular device at space station "MIR"*

На предприятии в рамках сотрудничества с ОАО «НПК «СПП» в интересах Минобороны и Роскосмоса создано производство крупногабаритных зеркально-линзовых объективов для оптико-электронных комплексов наземного и морского базирования, предназначенных для наблюдения и исследования небесных объектов.

Характеристики крупногабаритных зеркально-линзовых объективов:

- световой диаметр – 280...750 мм;
- фокусные расстояния – 500...3000 мм;
- концентрация энергии – более 80% в кружке диаметром 0,01 мм.

In LZOS factory in a framework of cooperation with Science-production corporation "Precision Instrumentation Systems" for Ministry of Defense and Roskosmos there was founded the production facilities for large-size mirror-lens objectives for optical – electronics units of ground and marine basement intended for observation and investigation of celestial objects.

The parameters of these objectives:

- clear aperture is 280 750mm;
- focal length is 500 3000mm;
- Encircled Energy is more than 80% in a spot $\varnothing 0.01\text{mm}$.



*Объектив КМ-120 для наземного
комплекса слежения
KM-120 objective for ground base complex
of tracking guidance system*



*Сборка объектива КМ-120
KM objective assembling process*



*Объектив 9/2500 для оптико-электронного комплекса наблюдения
9/2500 objective for optical – electrical observation complex*



*Производство объективов-апохроматов
Achromatic lenses production*



*Телескоп с объективом-апохроматом, изготовленным в ОАО ЛЗОС
Telescope with achromatic lens manufactured in LZOS, JSC*

На основе уникальных специально разработанных марок стекол создано производство объективов-апохроматов для телескопов любительской и полупрофессиональной астрономии.

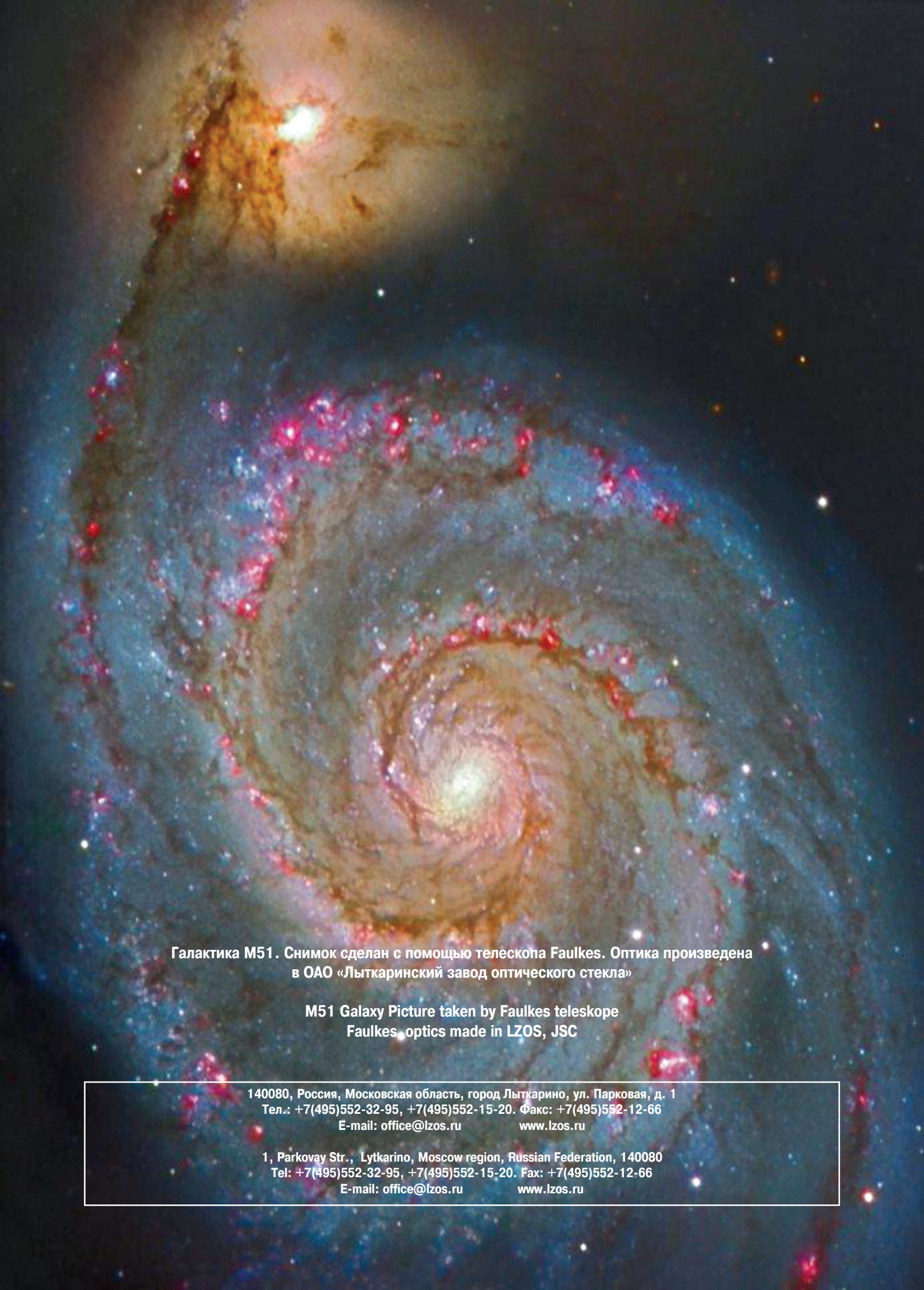
Объективы обеспечивают идеальную цветокоррекцию и дифракционное качество изображения (среднеквадратическое отклонение волнового фронта менее $1/30$ длины волны).

За более чем десятилетний период производства освоено более 20 моделей объективов.

Base upon the unique specially developed glass types there were mastered the production facilities of the achromatic lenses for amateur telescopes and semi-professional astronomy.

The objectives ensure ideal color correction and diffraction quality of an image (round mean square deviation of wavefront less than $1/30$ wavelength).

For more than 10 years of production LZOS, JSC mastered more than 20 models of apo lenses.



Галактика М51. Снимок сделан с помощью телескопа Faulkes. Оптика произведена в ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла»

M51 Galaxy Picture taken by Faulkes telescope
Faulkes optics made in LZOS, JSC

140080, Россия, Московская область, город Лыткарино, ул. Парковая, д. 1
Тел.: +7(495)552-32-95, +7(495)552-15-20. Факс: +7(495)552-12-66
E-mail: office@lzos.ru www.lzos.ru

1, Parkovay Str., Lytkarino, Moscow region, Russian Federation, 140080
Tel: +7(495)552-32-95, +7(495)552-15-20. Fax: +7(495)552-12-66
E-mail: office@lzos.ru www.lzos.ru