

Progress in Laser Systems for Precision Ranging, Angle Measurements, Photometry, and Data Transfer

**V.D. Shargorodsky, V.P. Vasiliev,
S.B. Novikov, A.A. Chubykin,
N.N. Parkhomenko, M.A. Sadovnikov**



Progress in laser systems for precision ranging, angle measurements, photometry, and data transfer

The following recent developments of the Institute for Precision Instrument Engineering (Moscow) will be briefly reported:

- **Upgrading and testing of a compact easy-deployable station for SLR, angle measurements, and photometry.**
Test sessions demonstrated the capability for daytime ranging of GLONASS satellites with a receive optical system of only 25 cm in diameter. Orders for fabrication of more than 20 such stations have been received – mostly for GLONASS spacecraft monitoring, space debris observations, astrometric and photometric observations of geostationary spacecraft, etc.
- **Astrometric and photometric observations with a 35-cm-diameter wide-FOV optical system and a 16-megapixel CCD demonstrated a capability for observation of stars up to 19-th magnitude at nighttime and up to 5-th magnitude at daytime (using color and polarization filters), while angle measurement accuracy of 0.4 arcsec has been achieved.**
- **The BLITS (Ball Lens In The Space) experiment is planned to start late 2008. What are the possible benefits from a satellite with a target error less than 0.1 mm?**
- **Development of an intersatellite ranging / data transfer link for upgraded GLONASS satellites using (transponder) ranging technology.**
An early one-way laser link experiment will be also reported.

SAZHEN-TM Modular Laser/Optical System (laser ranging version)



Purpose:

- Precision orbit parameter measurement
- Photometry (using reflected sunlight) for failed
- Spacecraft and space debris monitoring
- Precision measurements of missile flight
- Trajectories during test flights (at testing sites).

Parameters:

Nighttime ranging measurements with spacecraft orbit heights 400 to 25,000 km
daytime measurements with orbit heights up to 6,000 km; ranging RMS less than 1 cm.

Angular measurement RMS 1...2 arcsec (up to 14th star magnitude).

Brightness measurement accuracy better than 0.2 star magnitude units (at up to 10th star magnitude).

Twin optical system diameter 25 cm; laser pulse repetition rate 300 Hz; pulse energy 2.5 mJ; mount weight (including laser/optical modules) 120 kg.



SAZHEN-TM Daytime SLR, GLONASS-84 (132-RR array)

11.12.2006, 08^h 21^m LT, El=73.5 deg., return rate ~5 cps (2%)

Система измерения дальности

11.12.2006 08:21:52.550 Привязка таймера: СЕВ Часы

Доступ к аппаратуре: Доступ разрешен Переинициализация

Режим работы: Работа

Режим стробирования: Узкий строб дальности (R)

Калибровка: 28 мин.

Параметры рабочего цикла стрельб: рекомендуется - установлено -

Количество стартов (ИЗП): 700 (2.33 сек)

Задержка ответа, тактов: 40 Авто 41

Время обмена с СИД, тактов: 19 Авто 99

Задержка строба "СТАРТ": 420 мкс

Ширина строба "СТАРТ": 250 мкс

Ширина строба "СТОП": 500 нс

ТCP Connection: Связь с SN сервером ... Port: EVG-Server Host: 0

МИВИ: Состояние: Откалиброван

Период: 1878.72382

Замеров: 713, Интервал: 3264558114.0

Статистика: IRQ = 253012 (2)

Blocks = 163

Start = 700 E:

Stop = 700 E:

Сброс Sync:

Метео (обновляется с СН): 601 мм.рт.ст. -1 °C 24 %

Фш = 162.6 КГц Уф = 2.130 КВ

Delta ->

Time, мкс ->

Текущий блок стрельб: Блок 119 из 163

Вариантов start-стоп: 76

Точек МИВИ: 781 (-5)

Найдено сигнальных точек: 12

% сигнальных стрельб: 2

% полезного сигнала: 15.79

Текущий сеанс: Калибровка 03Д.0

Объект 788 N=1

Объект 788 N=2

Сигнальный порог: 4.3

Усреднение плотности: A 3

Использовать строб:

Фильтровать дельты:

Применять к текущему блоку:

Пропускать сырые измерения:

СТАРТ

Дальность

СКО дальности 4.10 см (273.7 пс). Измерений: 180

Степень полинома: 3

Текущий прогноз дальности: 19301.990 км

A3: 310.5 УМ: 73.5

ЦУ



SAZHEN-TM Daytime SLR, GLONASS-94 (132-RR array) 11.12.2006, 16^h 06^m LT, El=37 deg., return rate ~3 cps (~1%)

Система измерения дальности

11.12.2006 16:06:59.806 Привязка таймера: ОЕВ Часы

Доступ к аппаратуре: Доступ разрешен Перинициализация

Режим работы: Работа
Режим стробирования: Узкий строб дальности (R)
Калибровка: 57 мин. ОЗД: 2 1605 Перископ: 0.0

Параметры рабочего цикла стрельбы: рекомендуется - установлено -
Количество стартов (ИЗП): 700 (2.33 сек)
Задержка ответа, тактов: 44 Авто 44
Время обмена с СИД, тактов: 74 Авто 75
Задержка строба "СТАРТ": 420 мкс
Ширина строба "СТАРТ": 250 мкс
Ширина строба "СТОП": 1075 нс

TCP Connection: Связь с SN сервером... Port: EVG-Server Host: 0
Отчет SendMessage Connect Disconnect

МИВИ: Состояние: Откалиброван
Период: 1878.73290 Выполнить калибровку
Замеров: 862, Интервал: 2863341105.6

Статистика: IRQ = 94695
Blocks = 68
Start = 700 E: 10
Stop = 700 E: 10
Сброс Sync:

Метео (обновляется с CH): 600 мм.рт.ст. -1 °C 35 %

Фш = 291.7 КГц Уф = 2.110 КВ

Delta: 0.0004, 0.00035, 0.0003, 0.00025, 0.0002, 0.00015, 0.0001, 5E-05

Time: мкс: 400000, 800000, 1200000, 1600000, 2000000
от начала блока [11.12.2006 16:06:57.076 163]. Все возможные Дельты в данном блоке, пс

Текущий блок стрельбы: Блокировка измерений:
Пересчет текущего блока: Точек МИВИ: 863 (-2)
Пересчет до конца сеанса: % сигнальных стрельб: 1 % полезного сигнала: 3.73

Текущий сеанс: Сохранить измерения: Калибровка ОЗД 3, Объект 783 N=4, Калибровка ОЗД 5, Объект 783 N=6, Калибровка ОЗД 7, Объект 795 N=8
Демо: Блок Сеанс
Работа: **СТОП**
Использовать строб:
Фильтровать дельты:

Обработка измерений: Матстроб
Сигнальный порог: 3.7
Усреднение плотности: A 4
Применять к текущему блоку:
Не фильтровать: снизить Р

Дельты: 0, -40000, -80000, -120000, -160000, -200000, -240000, -280000, -320000

Ширина: _____ Позиция: _____

СКО дальности 8.76 см (451.2 пс). Измерений: 83
Степень полинома: 2

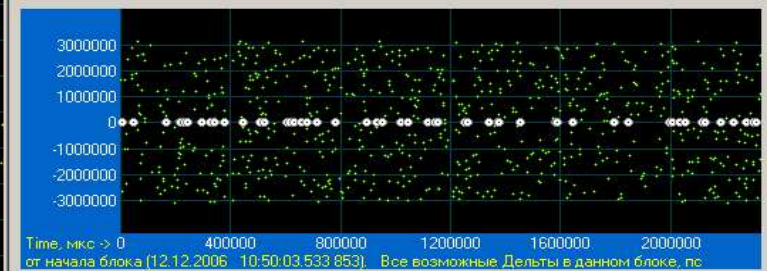
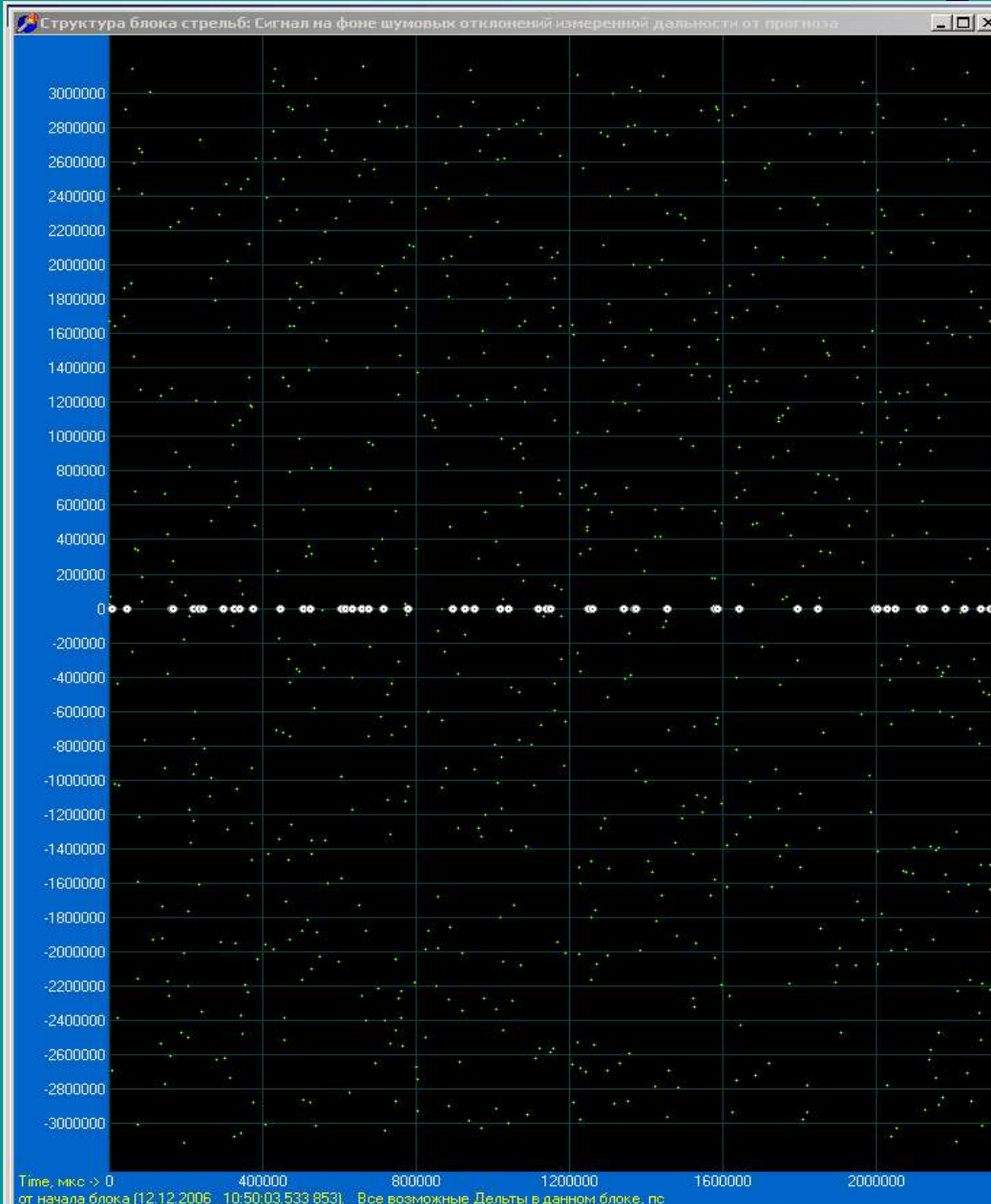
Дальность: 21030, 21040, 21050, 21060, 21070, 21080

Текущий прогноз дальности: 21071.246 км
АЗ: 218.6 УМ: 37.0

ЦУ: 11.12.2006 14:00:00.000, 11.12.2006 15:00:00.000, 11.12.2006 15:00:00.000



SAZHEN-TM Daytime SLR, GLONASS-83 (396-RR array) 12.12.2006, 10^h 50^m LT, El 45 deg., return rate ~22 cps (7%)



Текущий блок стрельб

Блокировка измерений

Блок 421 из 508 Вариантов старт-стоп: 815

Пересчет текущего блока Точек МИВИ: 1635 (-120) Найдено сигнальных точек: 51

Пересчет до конца сеанса % сигнальных стрельб: 7 % полезного сигнала: 6.26

Текущий сеанс

Сохранить измерения Объект 783 N=6
Объект 783 N=7
Объект 783 N=8
Объект 783 N=9
Калибровка 03Д 10
Объект 783 N=11

Обработка измерений Мастероб

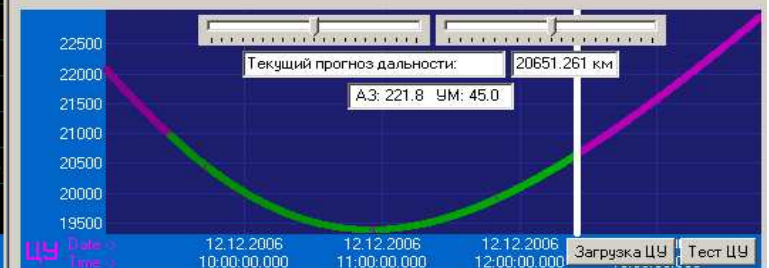
Сигнальный порог 4.0

Усреднение плотности A 5

Применять к текущему блоку

Не фильтровать снизить P_f

Фильтровать дельты



SAZHEN-TM Laser/Optical System (video theodolite version)



Purpose:

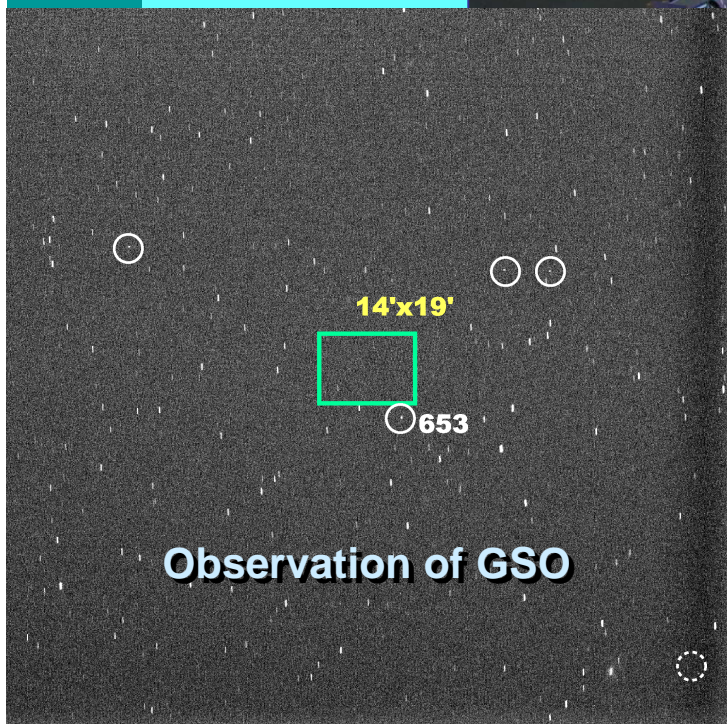
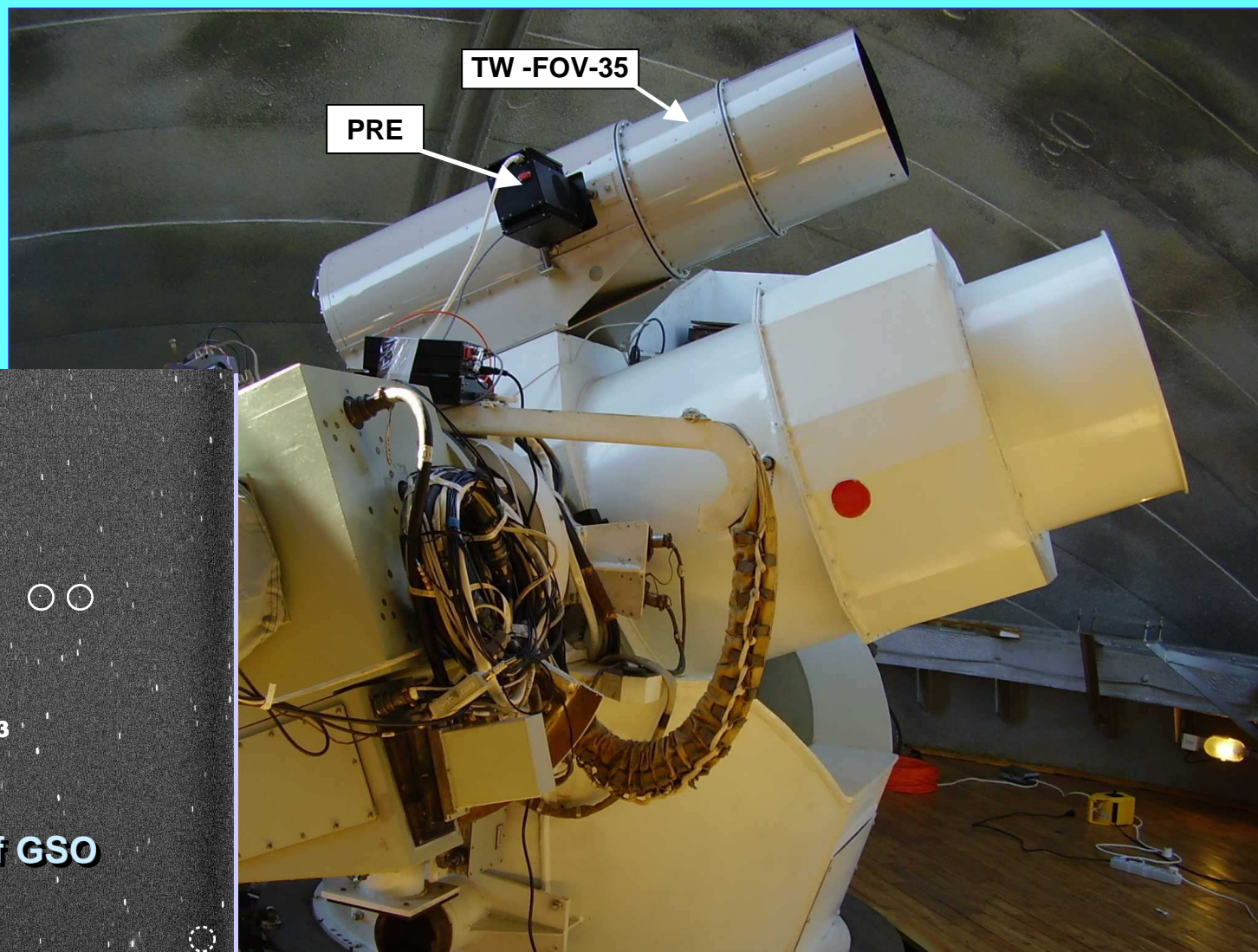
Target flight phase registration, angular measurements, and TV image provision during tests on cosmodromes and launching sites.

Parameters:

- Point target angular measurement RMS no more than 5 arcsec
- Target tracking angular velocities up to 30 deg/sec
- Angular accelerations during tracking up to 150 radian/sec²



35-cm-diameter wide-FOV observation and measurement system within the Altay L/O Center



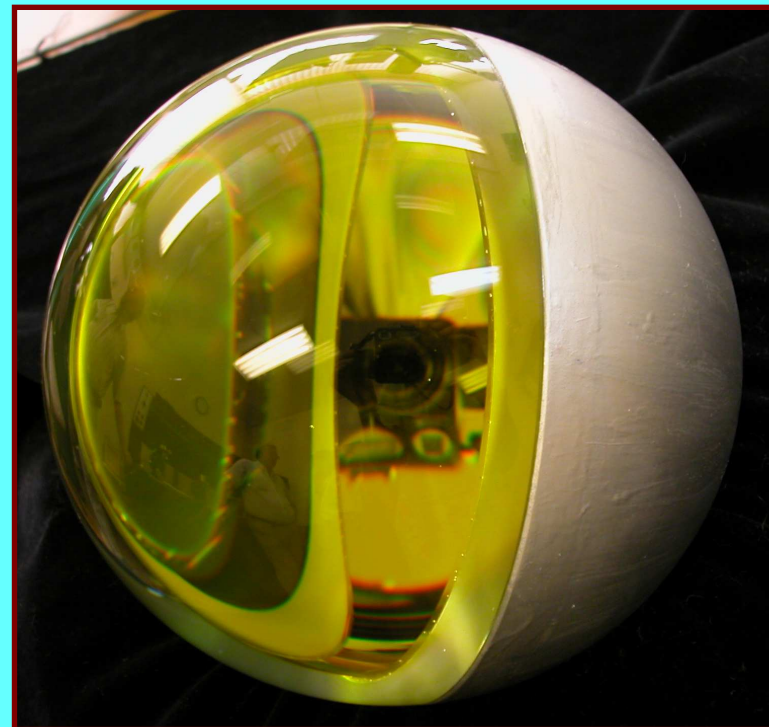
Zero-Signature Spherical Retroreflector Microsatellite (BLITS)

Microsatellite parameters

- Diameter: 17 cm
- Mass: 7.46 kg
- Cross-section: ~100,000 sq.m
at $\lambda=532$ nm

Current status

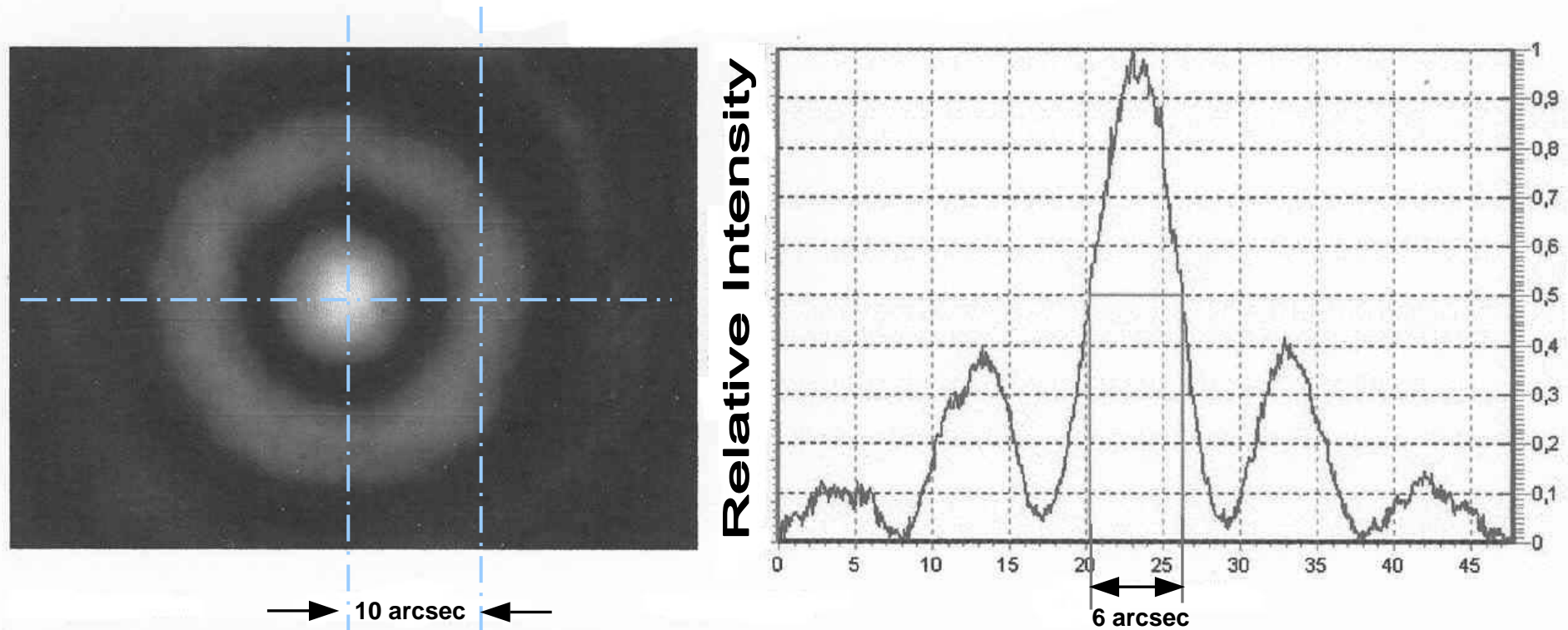
- Return pattern measurement under varying ambient conditions
- Separation system development



Mission

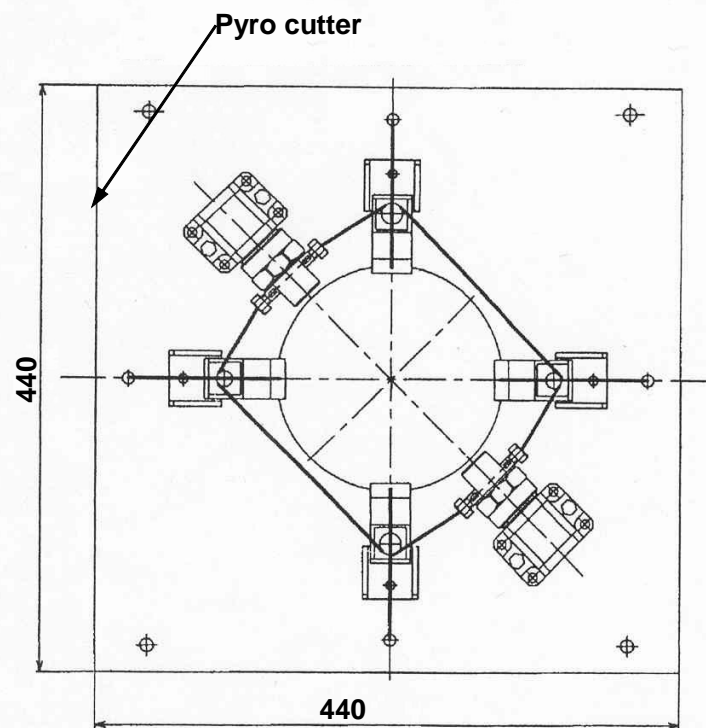
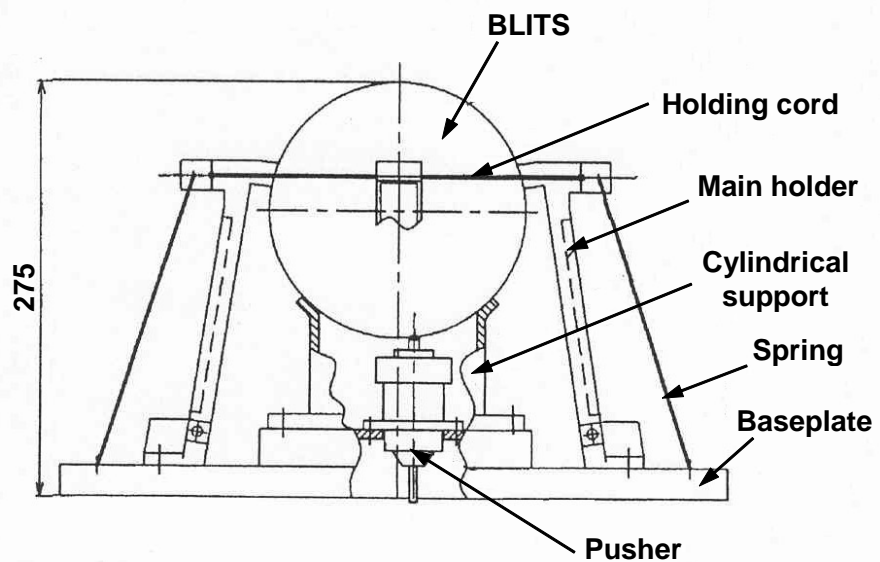
- Carrier satellite: METEOR-M
- Carrier satellite orbit parameters: Height: 835 km (circular)
Inclination: 99.7°
- Planned launch date: Late 2008

Far-field diffraction pattern

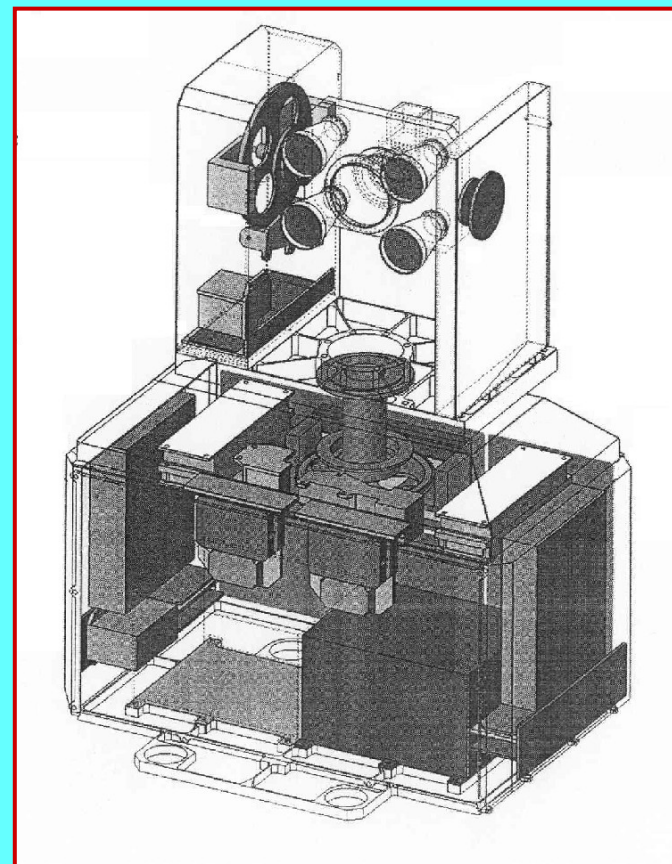
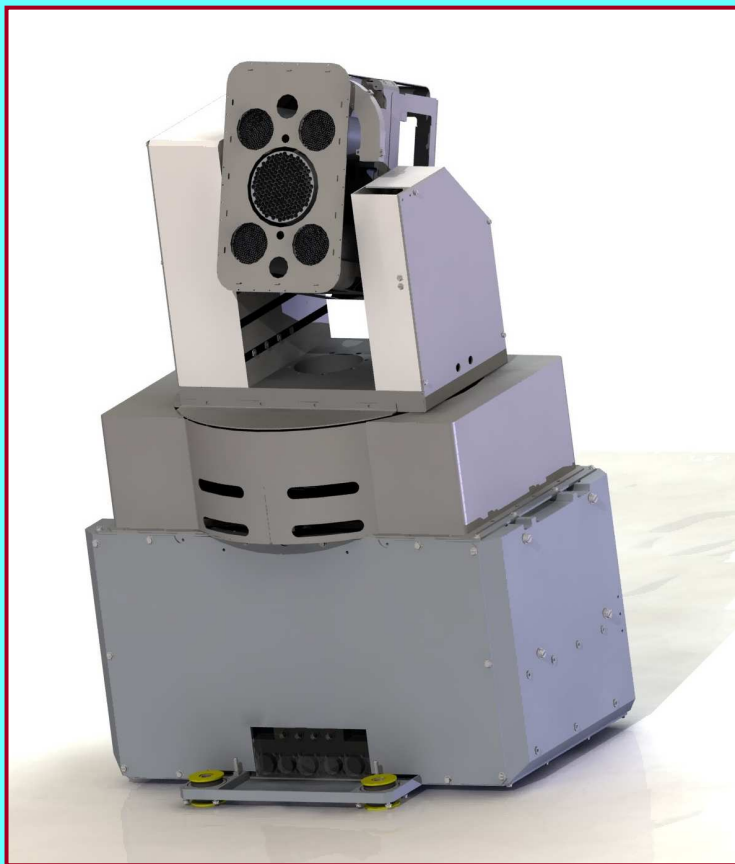


Most of the return signal energy is in the first-order annular mode

BLITS Separation System

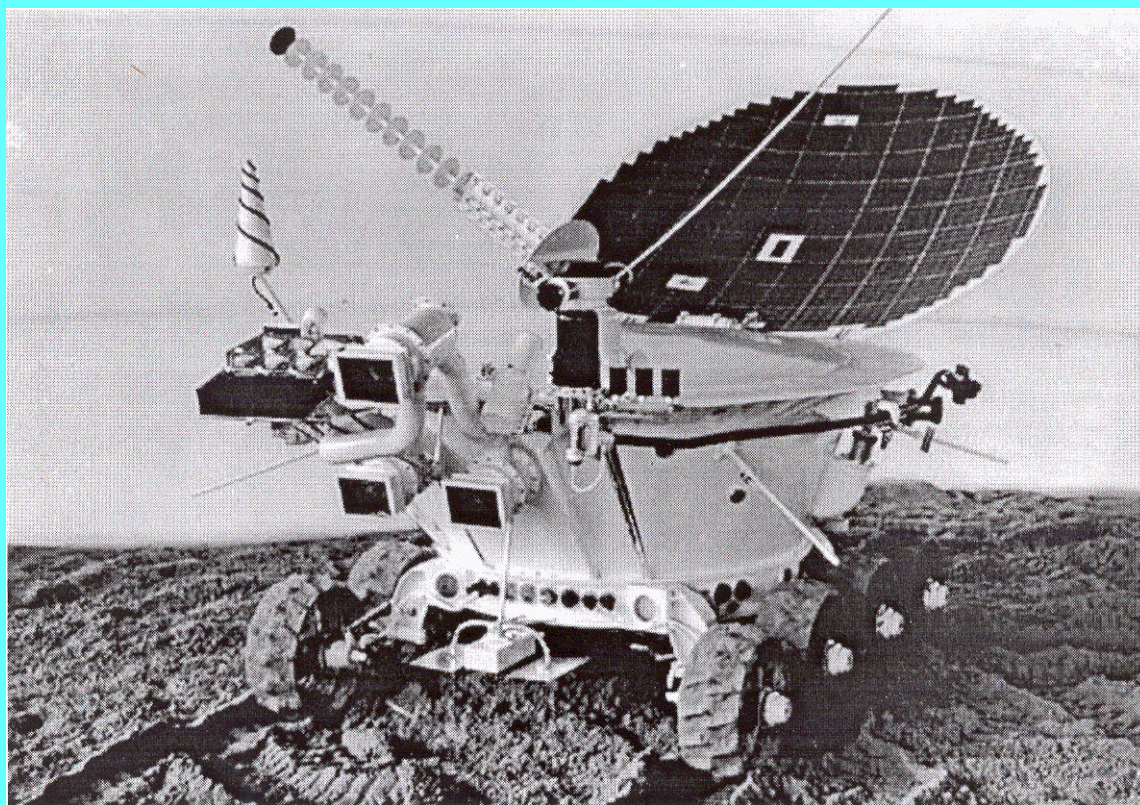


Intersatellite Time and Data Transfer System (ITDTS)

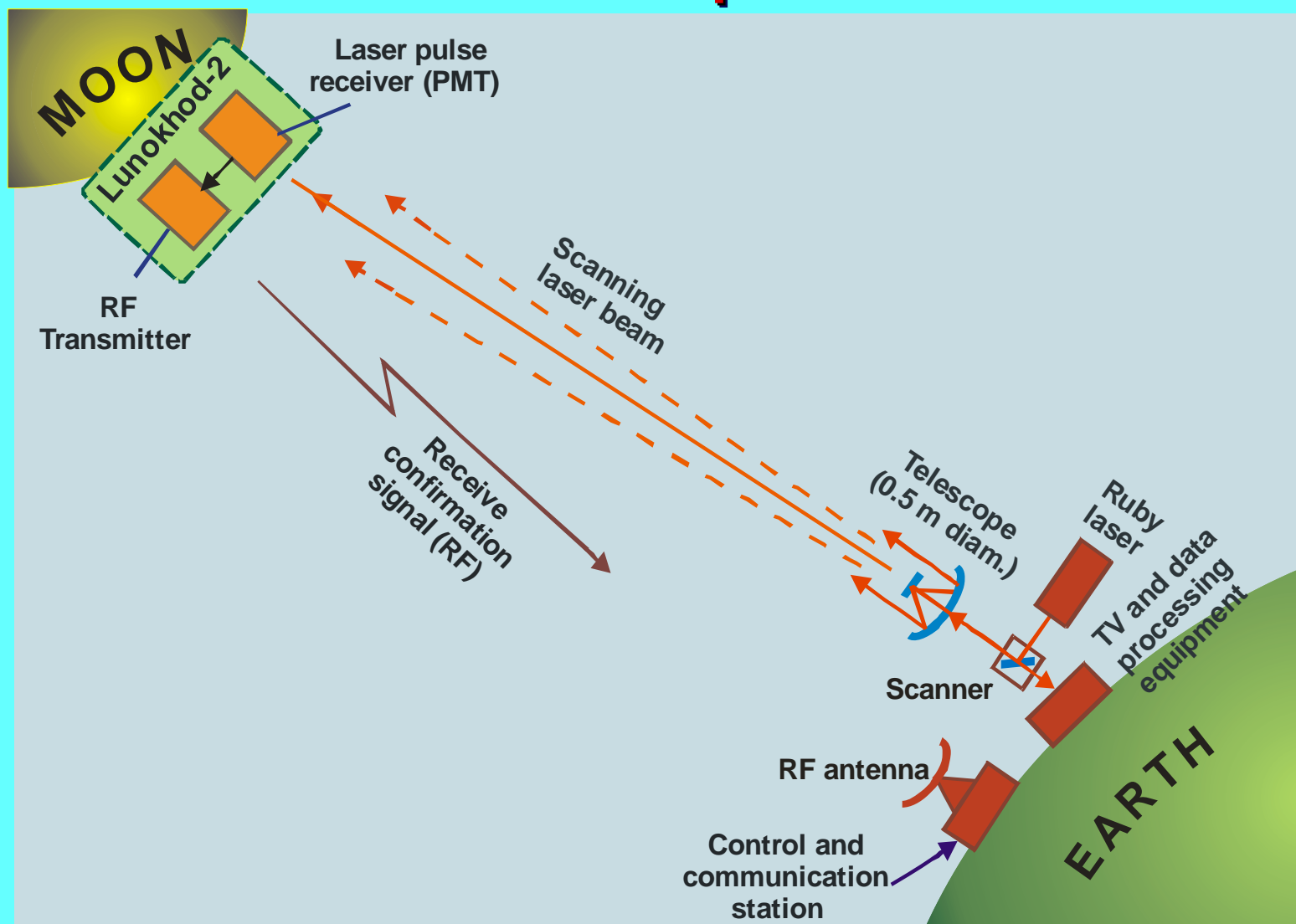


- **Maximum range:** 51,000 km
- **Timing precision:** 0.3 ns
- **Data transfer bitrate:** 5 kbps

Lunokhod-2 (Luna-21 lunar rover)



Lunokhod-2 Landing Point Position Determination Experiments



Successfully implemented early 1973, identifying the landing point position (within the Lemonier lunar crater) with an accuracy of ± 0.5 km (~ 0.25 arcsec).