



Introduction to IVOLGA spectrometer for Indian Shukrayaan mission to Venus 2024

APPLIED INFRARED SPECTROSCOPY LABORATORY

ЛАБОРАТОРИЯ ПРИКЛАДНОЙ ИНФРАКРАСНОЙ

СПЕКТРОСКОПИИ

Газизов Искандер, Зеневич С. Г., Спиридонов М. В.,

Родин А. В.

Dolgoprudny, 2021

Lab team

МФТИ:

Родин Александр Вячеславович – руководитель IVOLGA

Зеневич Сергей Геннадьевич – общий облик IVOLGA

Газизов Искандер Шамилевич – электроника и ПО
IVOLGA

Спиридонов Максим Владимирович – советник по
IVOLGA

ИКИ:

Кораблёв Олег Игоревич – руководитель VIRAL

Трохимовский Александр – технический руководитель

VIRAL

ISRO:

-

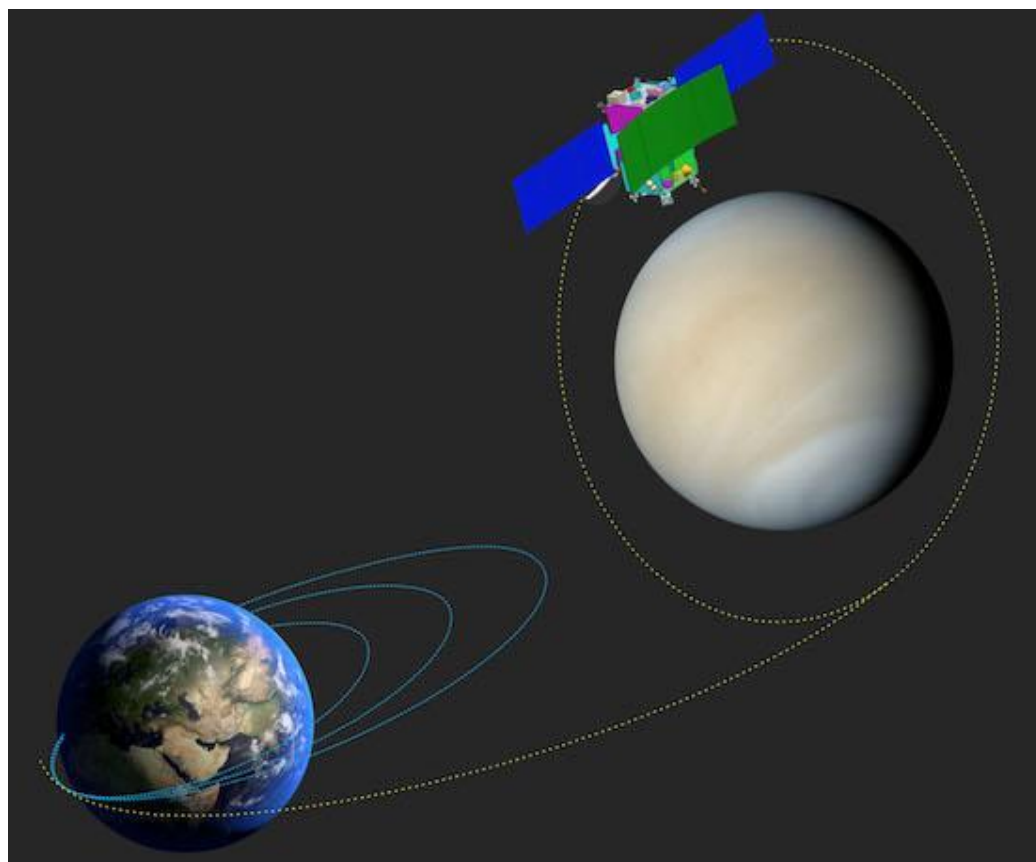
Shukrayaan mission overview

Shukrayaan – первая миссия Индии на Венеру. Основная задача – построение карты поверхности и изучение атмосферы, ее взаимодействие с солнечным ветром.

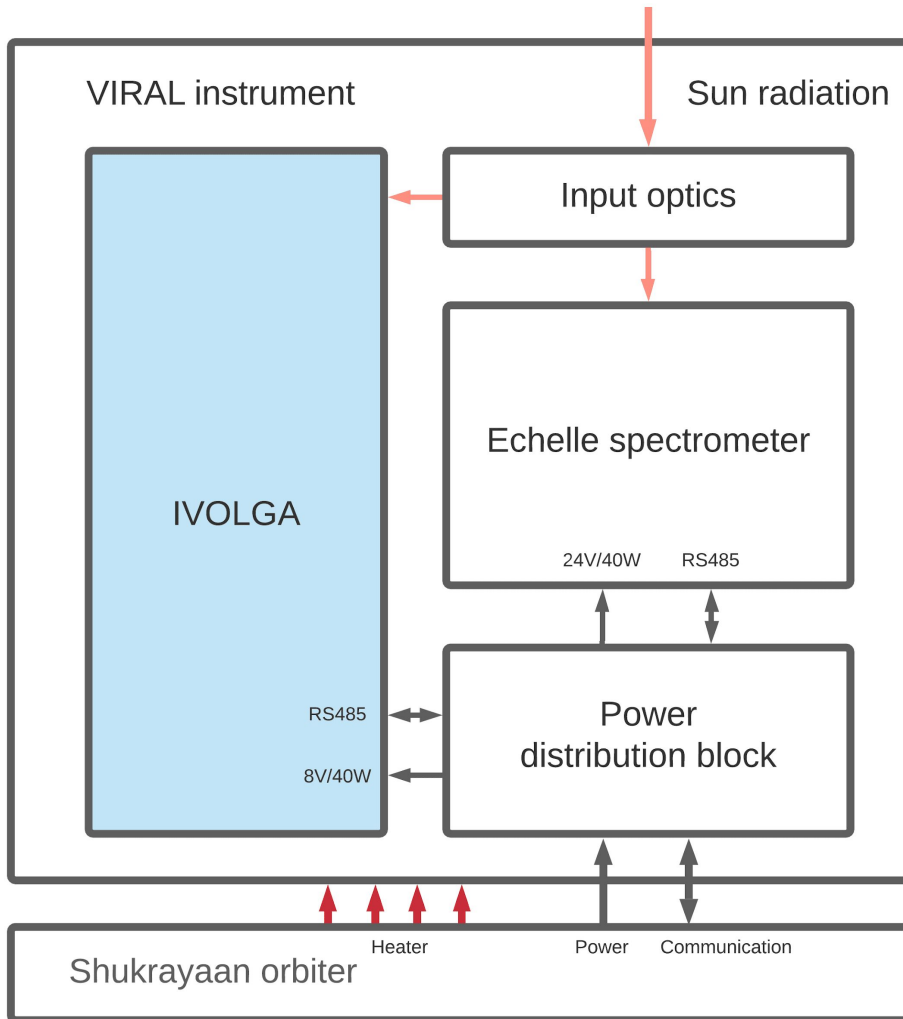
Продолжительность – 4 года.
Масса – 2500 кг
Масса ПН – 100 кг
Орбита – Полярная
500x60 000 км → 200x600 км
(за год)
Время полета – 5 месяцев

ТЗ от ISRO

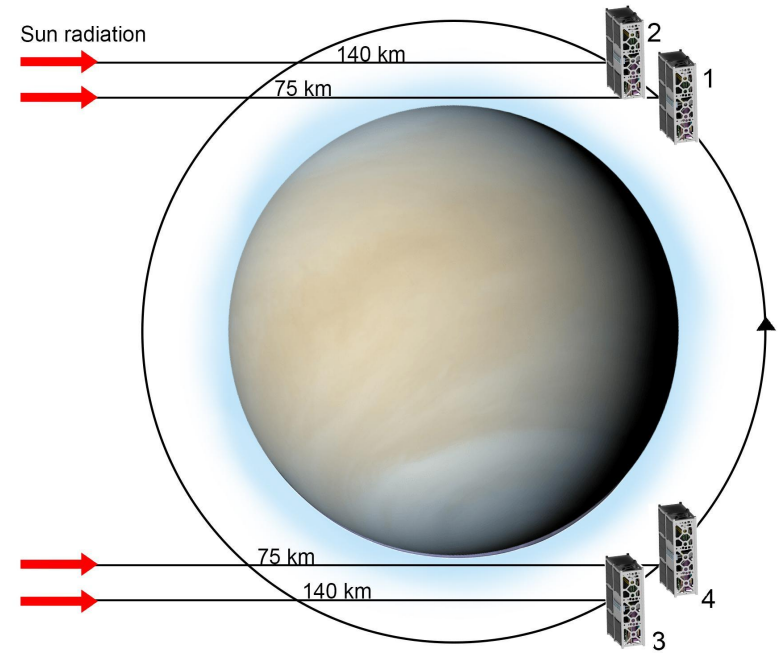
нет



VIRAL instrument overview



VIRAL diagram



Principle of operation

IVOLGA instrument overview

IVOLGA - многоканальный лазерный гетеродинный спектрорадиометр для исследования структуры и динамики верхних слоев атмосферы Венеры в ближнем ИК диапазоне с высоким спектральным разрешением

Спектральное разрешение $\lambda/\delta\lambda - 10^7$

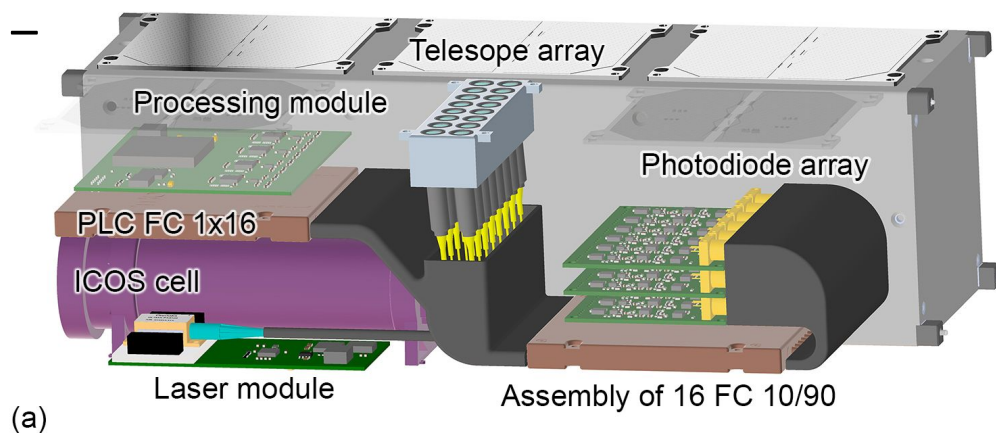
Диапазон высот – 75-140 км

Масса – 4 кг

Потребление – 40 Вт

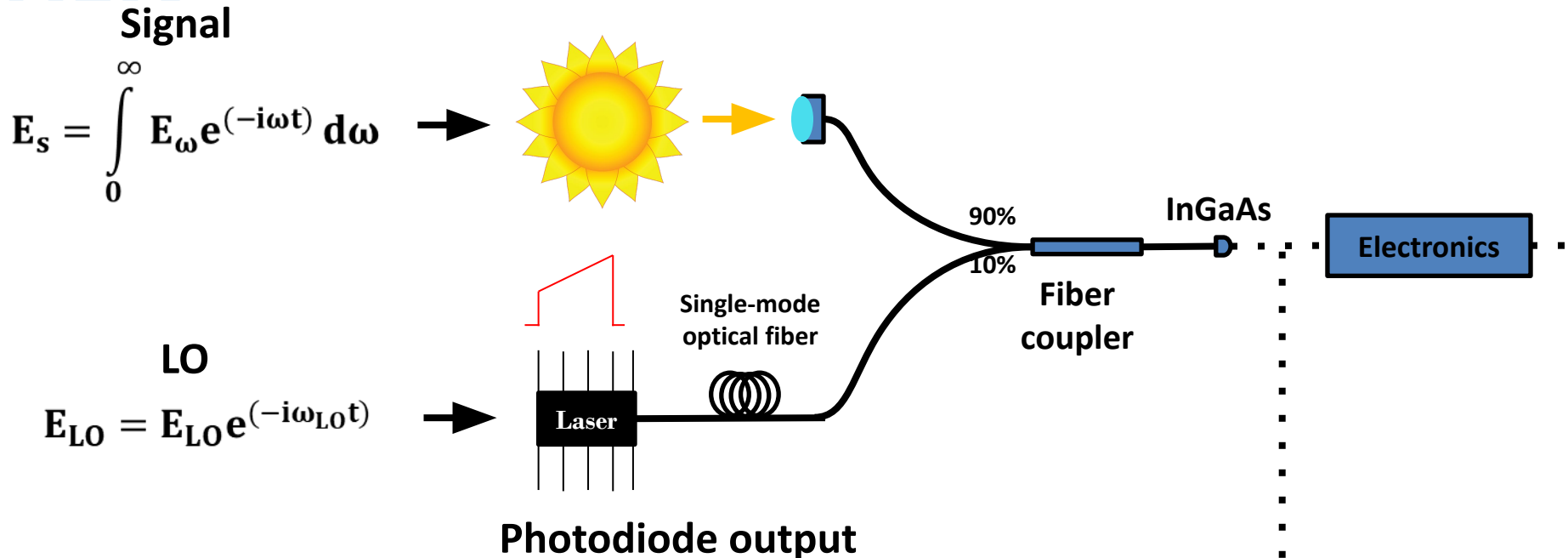
Размеры – 10x10x30 см

Бюджет миссии – 70 млн руб



Heterodyne detection in the

NIR

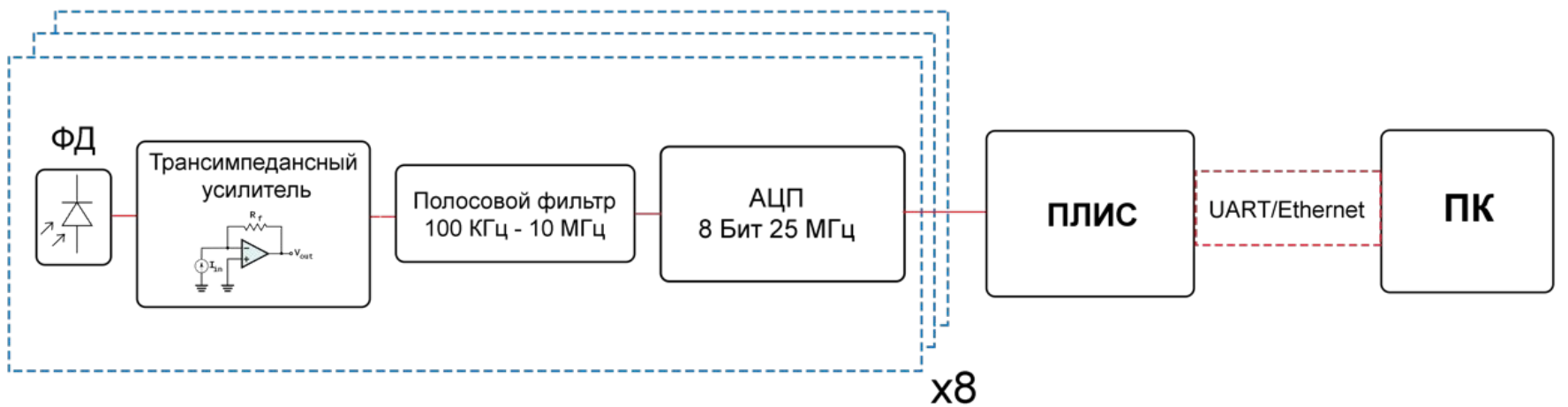
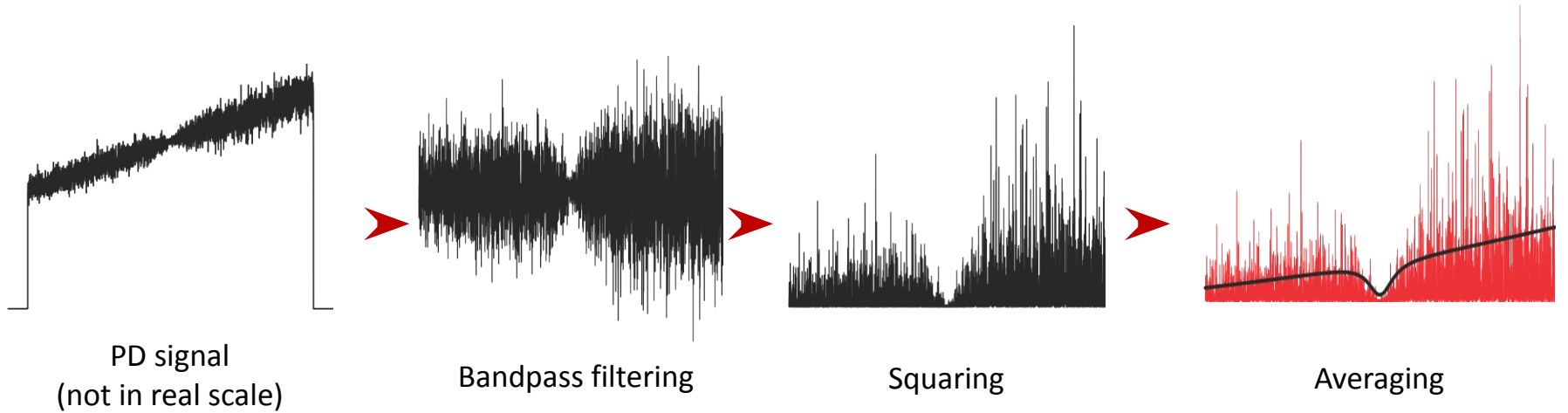


$$i = K |\vec{\mathbf{E}}_{LO} + \vec{\mathbf{E}}_s|^2 = K [|\vec{\mathbf{E}}_{LO}|^2 + 2[\vec{\mathbf{E}}_{LO} \vec{\mathbf{E}}_s^* + \vec{\mathbf{E}}_{LO}^* \vec{\mathbf{E}}_s] + |\vec{\mathbf{E}}_s|^2]$$

Intermediate frequency signal

$$[\vec{\mathbf{E}}_{LO} \vec{\mathbf{E}}_s^* + \vec{\mathbf{E}}_{LO}^* \vec{\mathbf{E}}_s] = 2 \int_0^{\infty} \mathbf{E}_\omega \mathbf{E}_{LO} e^{-i(\omega_{LO} - \omega)t} d\omega + CC$$

Signal processing



Ground-based prototype



(a)

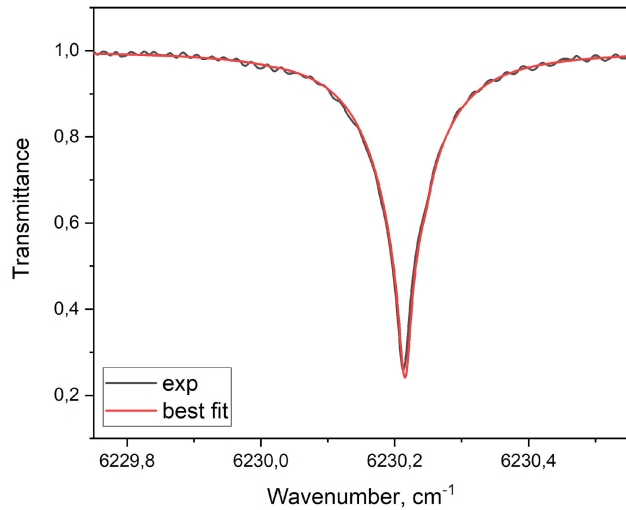


(b)

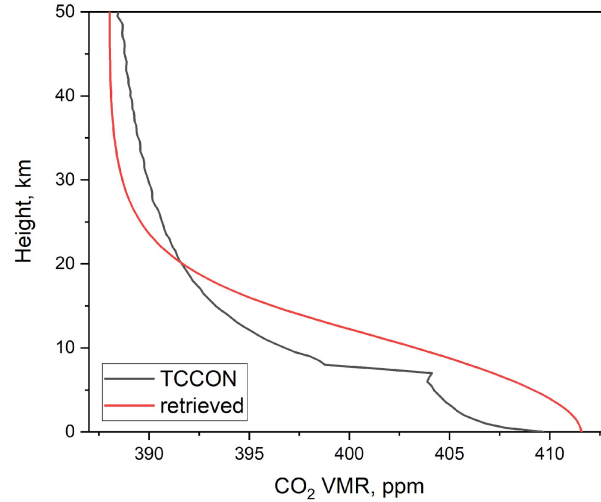
(a) - sun tracking system with multichannel telescope; (b) – MLHS in a natural form during spectra measurements.

Greenhouse gases retrieval

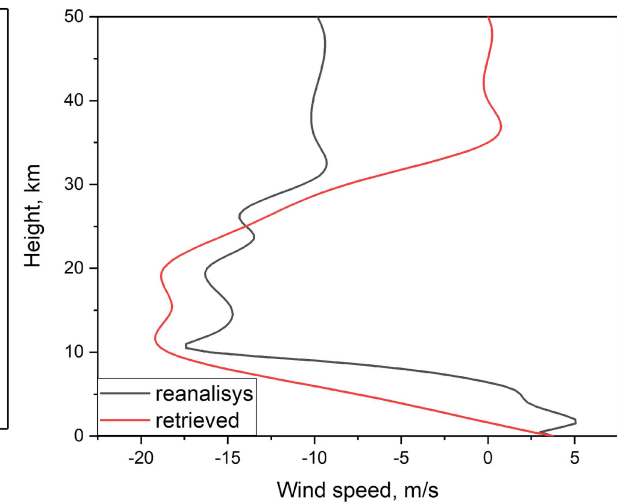
Measured CO₂ absorption line and its fitting**



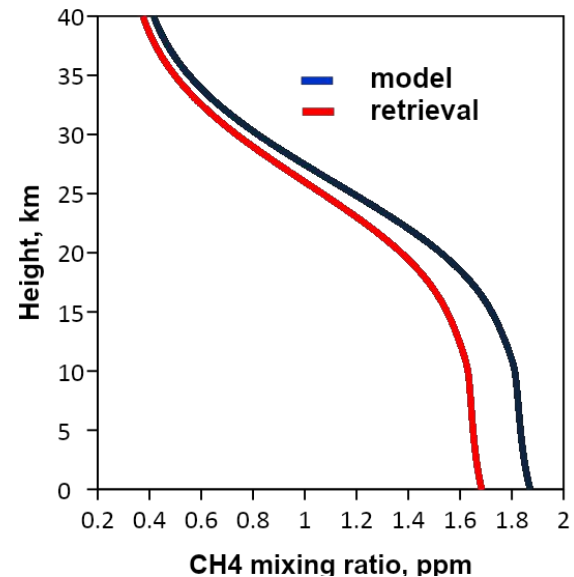
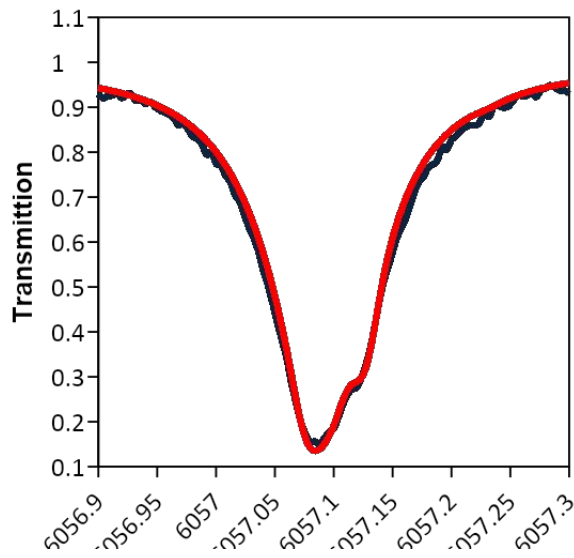
CO₂ concentration profile retrieved from the spectra



Wind profile retrieved from the CO₂ spectra*

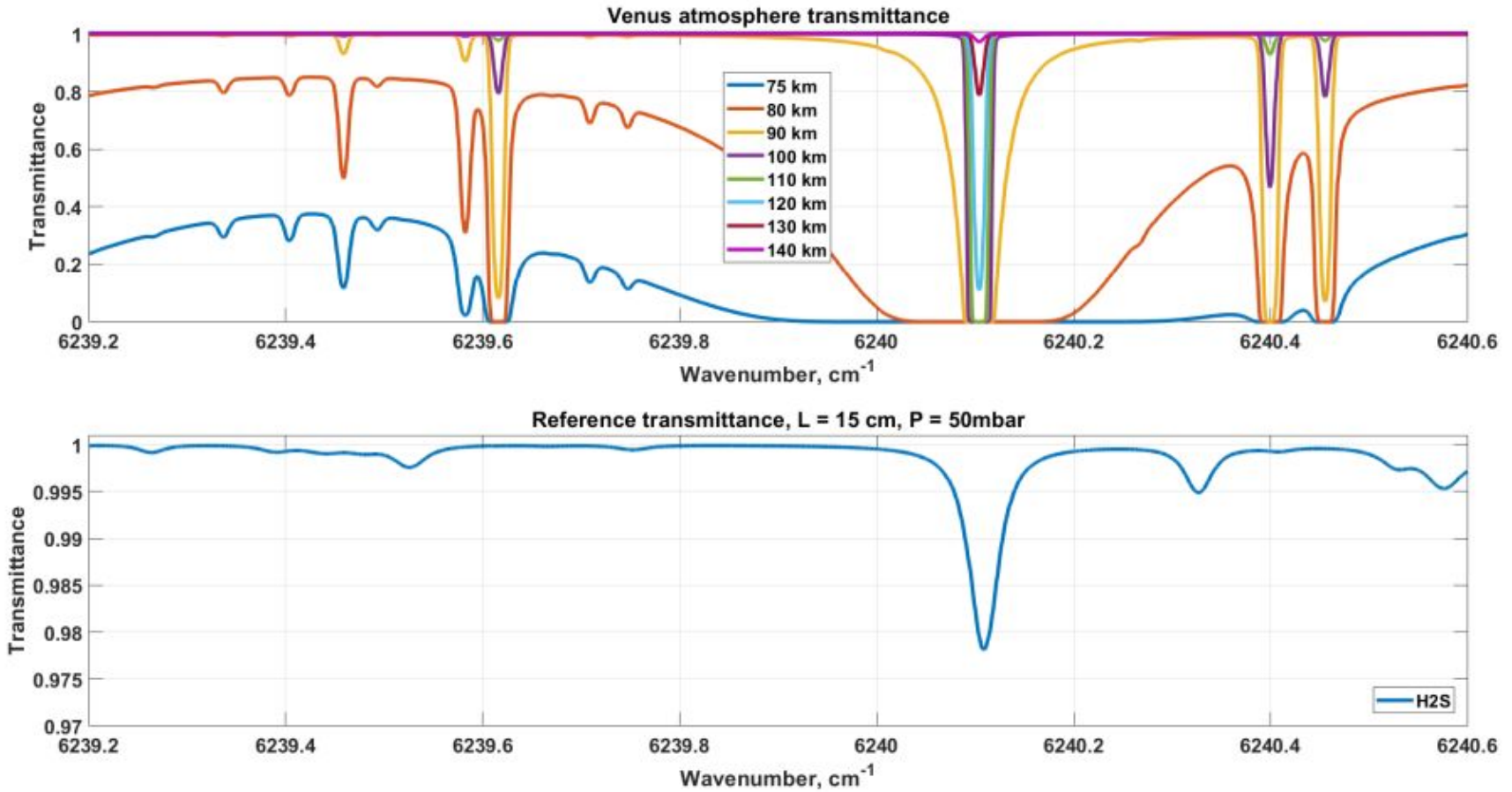


Measured CH₄ absorption line and its fitting**



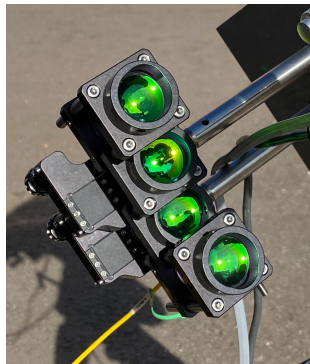
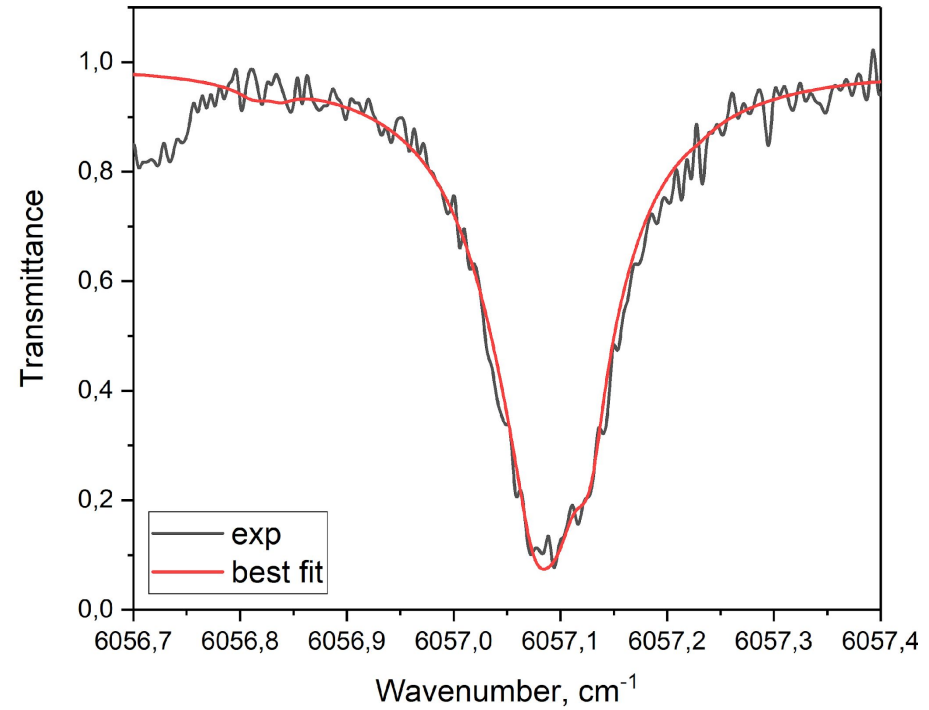
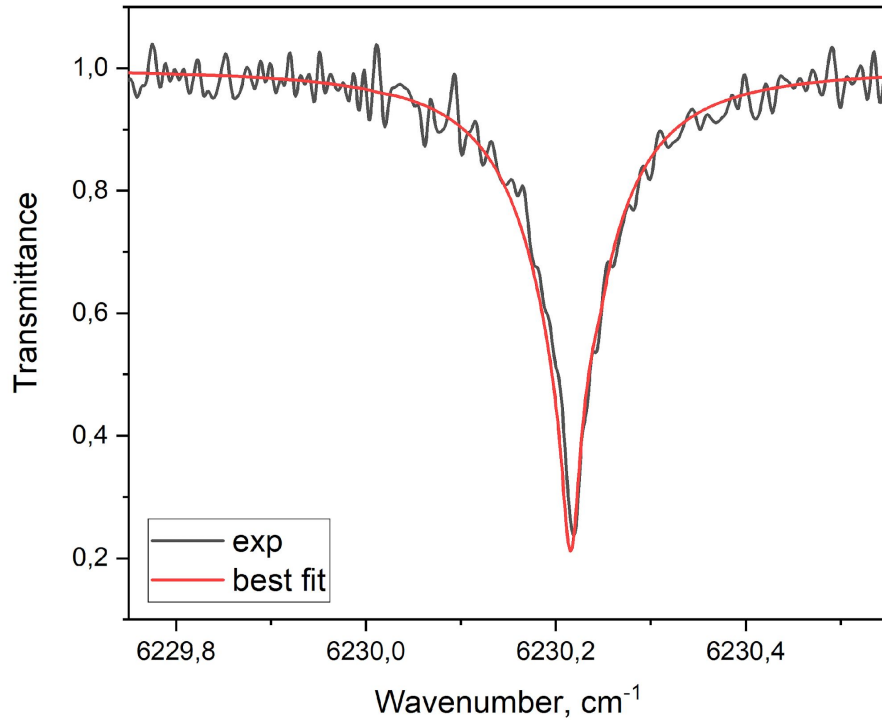
CH₄ concentration profile retrieved from the spectra

Spectral range



Simulation of IVOLGA data on Venus

One second of accumulation



(a)

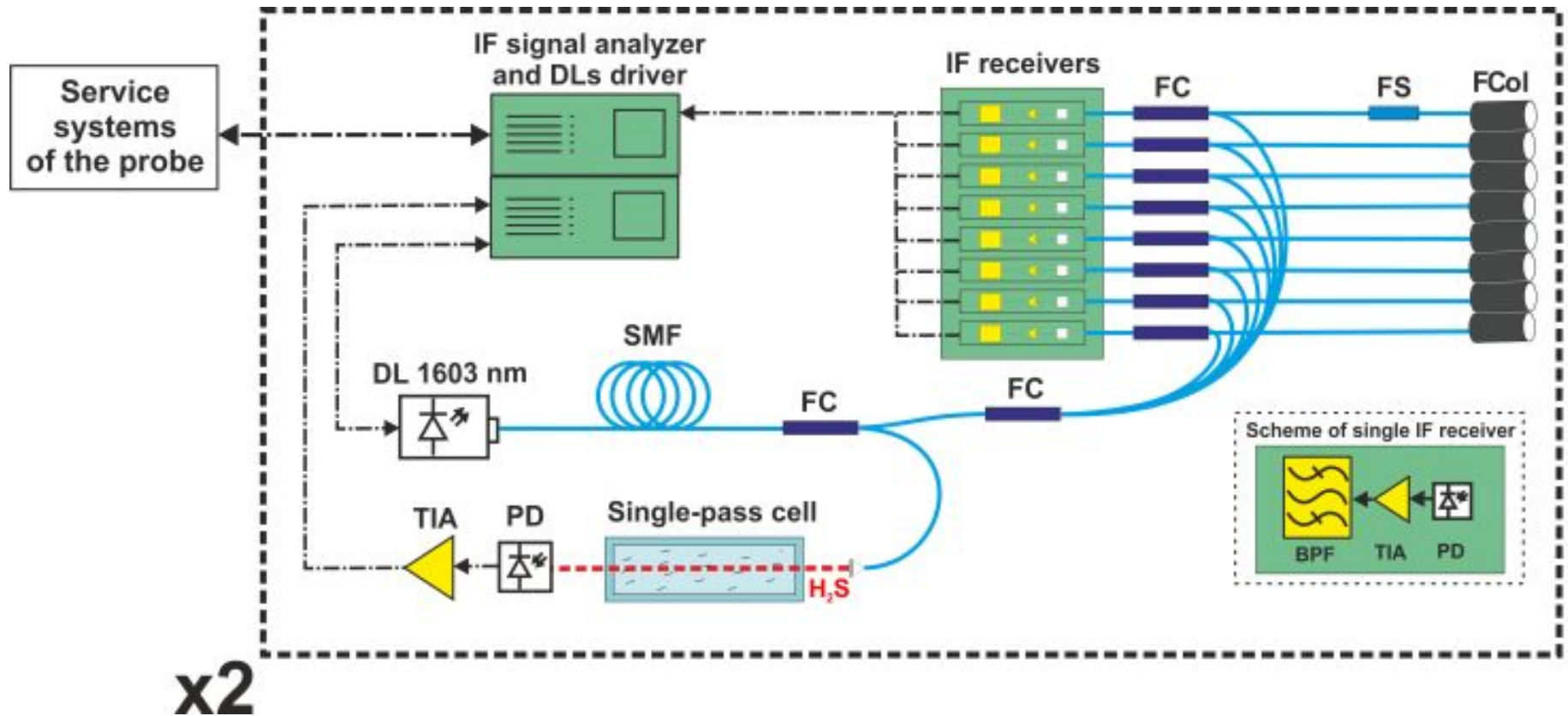
(a) Measured CO_2 line with $\text{SNR} \sim 50$ (black curve) with best fit synthetic spectra (red curve);

(b)

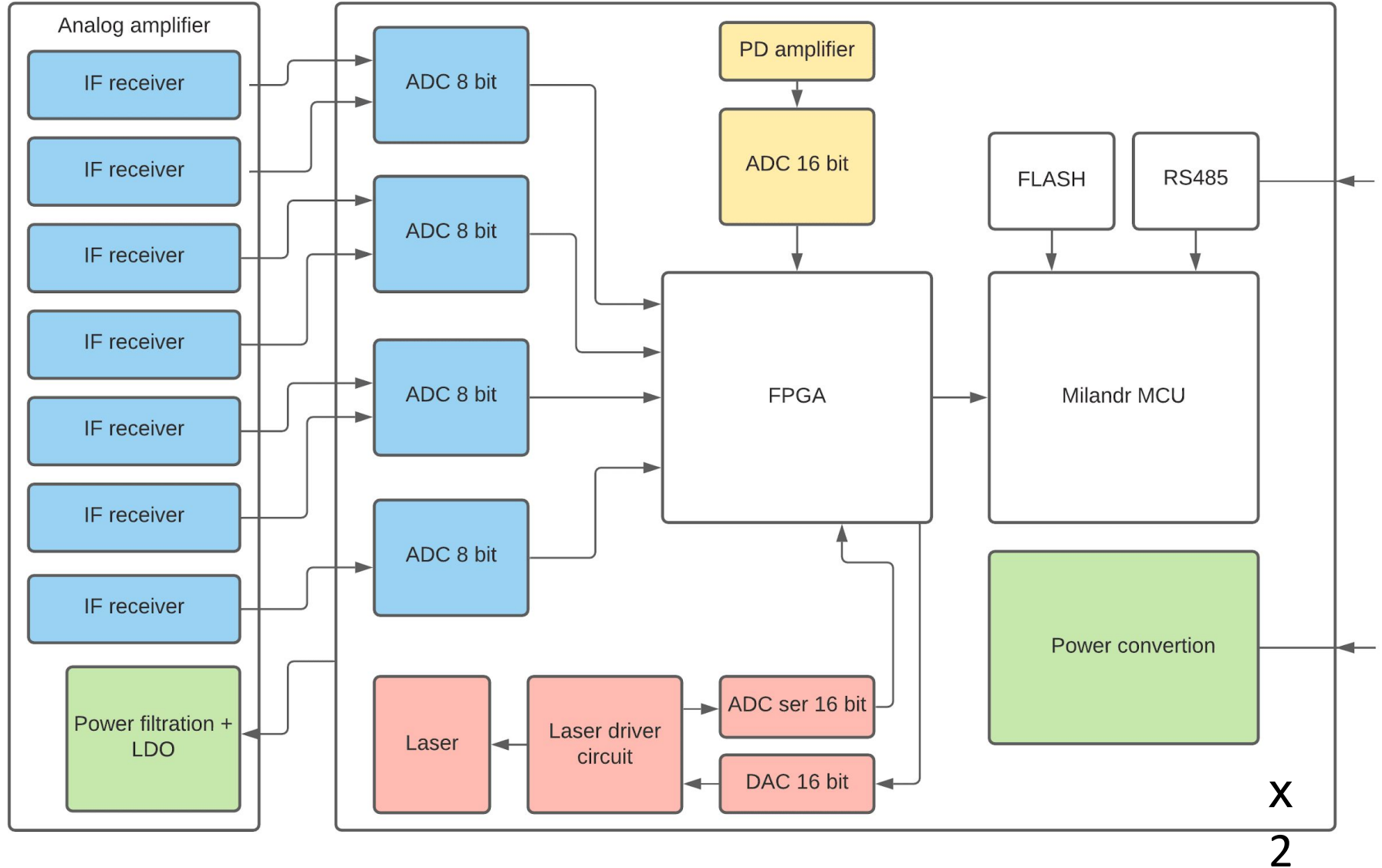
(b) Measured CH_4 line with $\text{SNR} \sim 50$ (black curve) with best fit synthetic spectra (red curve).

SNR of multichannel system: $\text{SNR} \sim \sqrt{N}$ $T_{\text{integration}} \sim \frac{1}{N}$

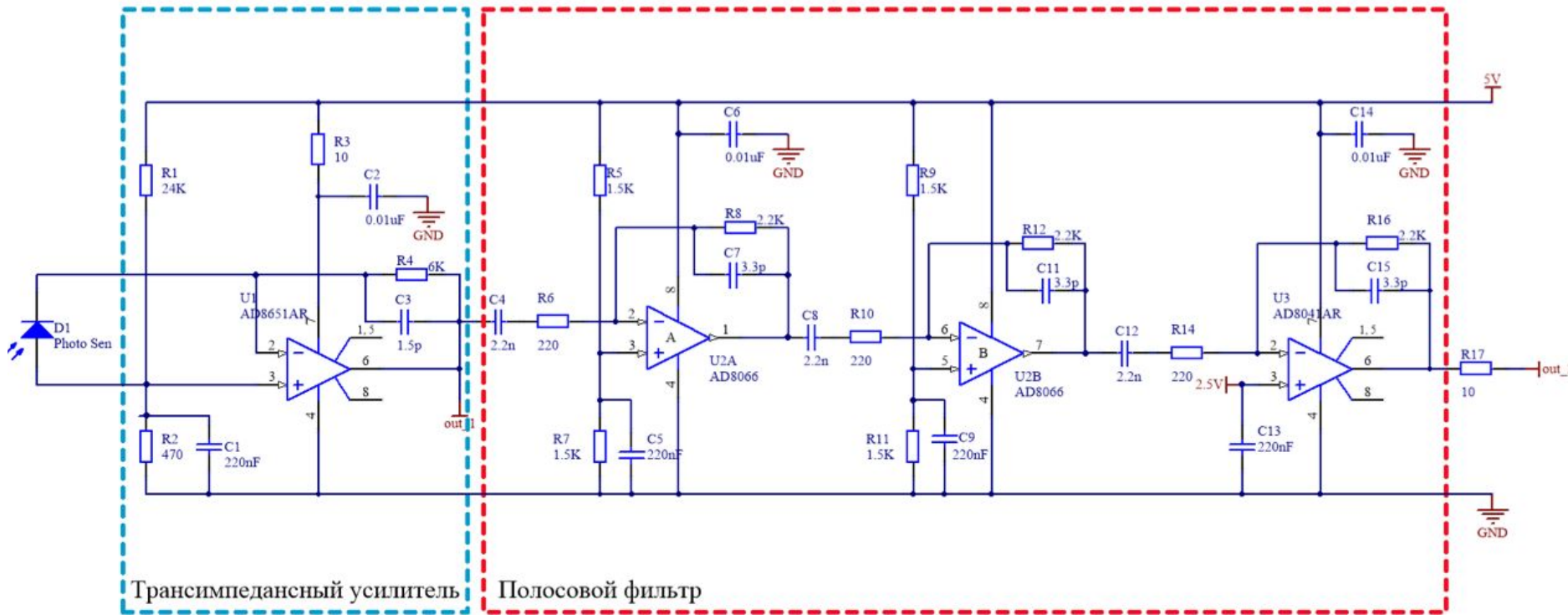
Instrument diagram



IVOLGA electronics diagram



Analog schematic



IC selection

DAC 16 bit par – 1 x AD9747, 23 pin (cmos+lvds)

ADC 16 bit ser – 1 x LTC2323, 5 pin

ADC 16 bit par – 1 x AD9269, 27 pin

ADC 8 bit par – 4 x AD9288, 17 pin

FPGA-MCU link – 20 pin?

Disable pins ?

Total FPGA pin count – 140-160

Power consumption

Power:

Analog amplifier circuit (LDO) – $0.4A \times 6V = 2.4W$

Digital circuit (DC-DC) – 9W?

Laser driver circuit (DC-DC) – $(0.4A - 1.4A) \times 6V = 2.4-9W$

DL only – 0.06A 6V

Analyzer (for now) – 1A 6V

Voltage:

Analog: 5V1, 5V2

Digital: 5V, 3.3V, 2.5V, 1.2V

План

задач

1 этап:

- 1) Проработка отказоустойчивой архитектуры электроники
- 2) Выбор схемы питания (DC-DC преобразователи, LDO для аналоговой части, фильтрация)

2 этап:

- 3) Адаптация ПО ПЛИС (троирование ПО, связь ПЛИС-МК)
- 4) Адаптация ПО МК (Обновление ПО ПЛИС и МК, слежение за потреблением компонент)

Дополнительно:

- 5) Прохождение рад испытаний для тестирования компонент