



# 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

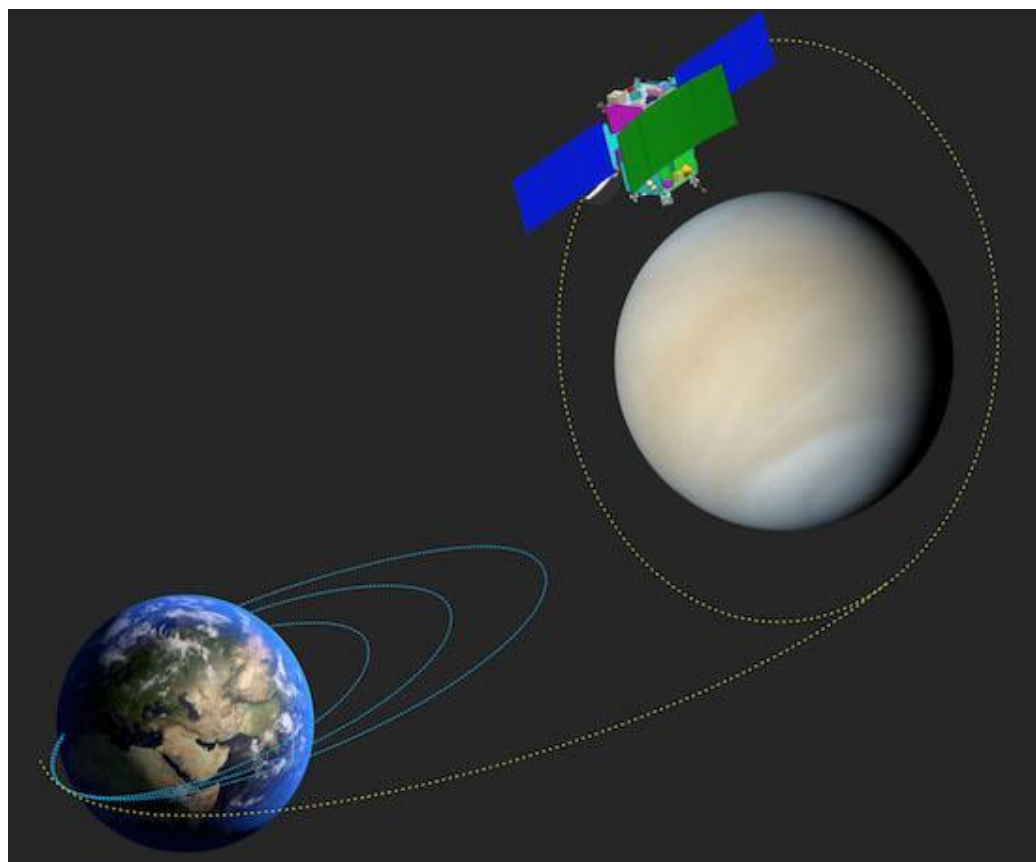
Орбита – Полярная

500x60 000 км → 200x600 км  
(за год)

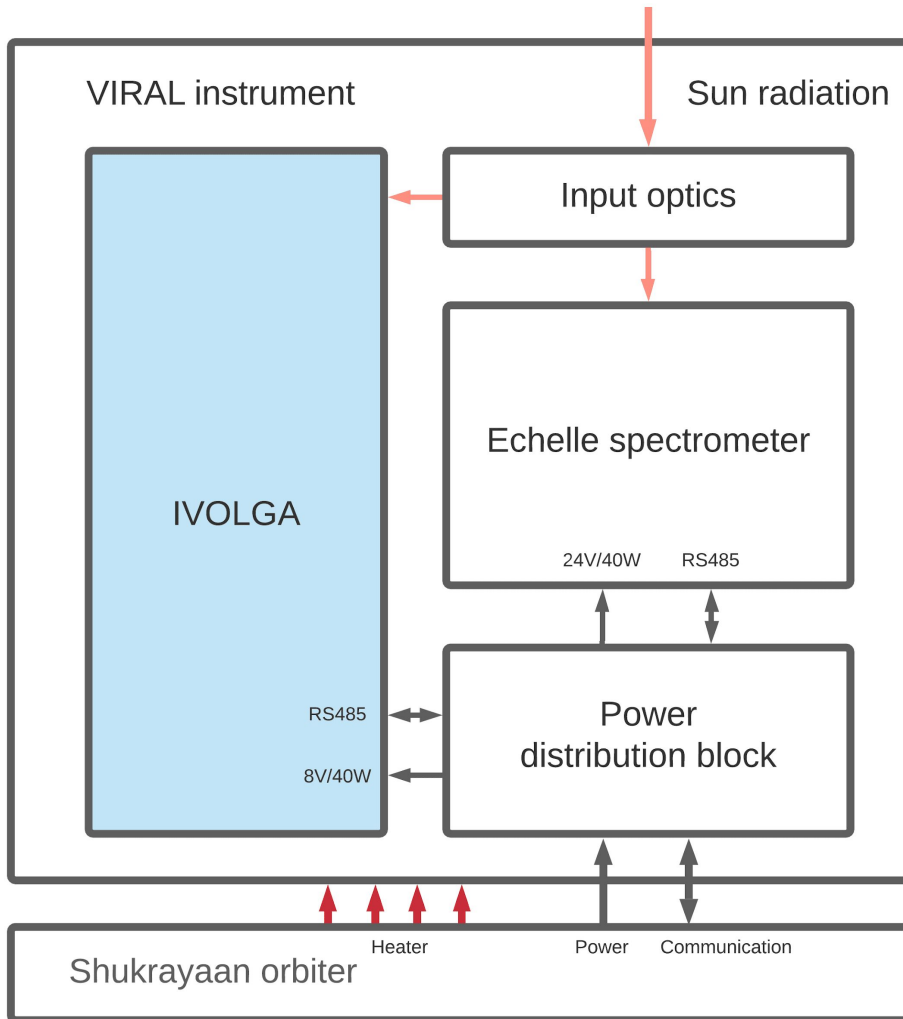
Время полета – 5 месяцев

ТЗ от ISRO

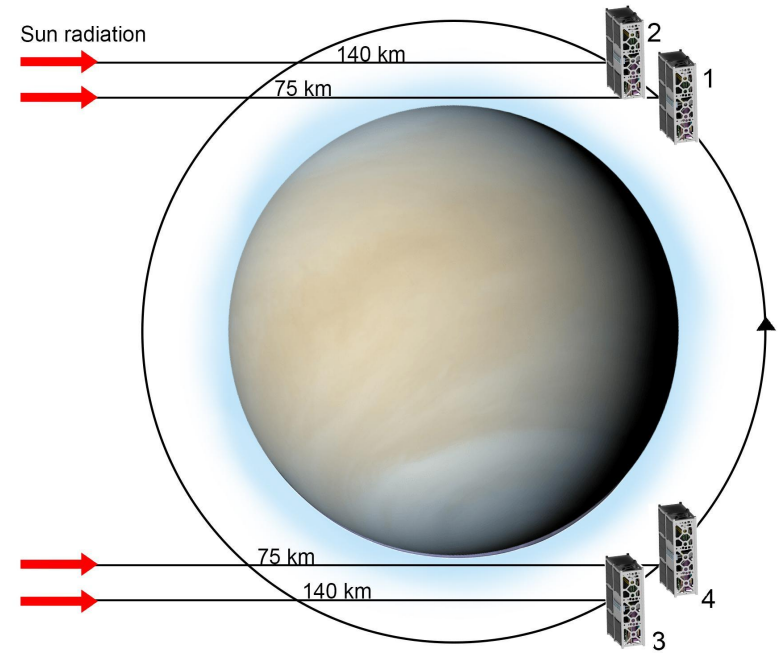
нет



# 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  $\lambda/\delta\lambda - 10^7$

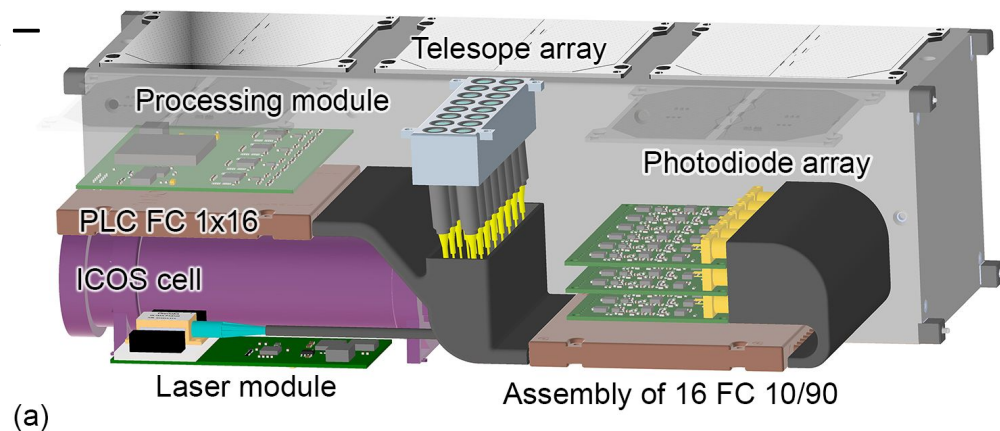
Диапазон высот – 75-140 км

Масса – 4 кг

Потребление – 40 Вт

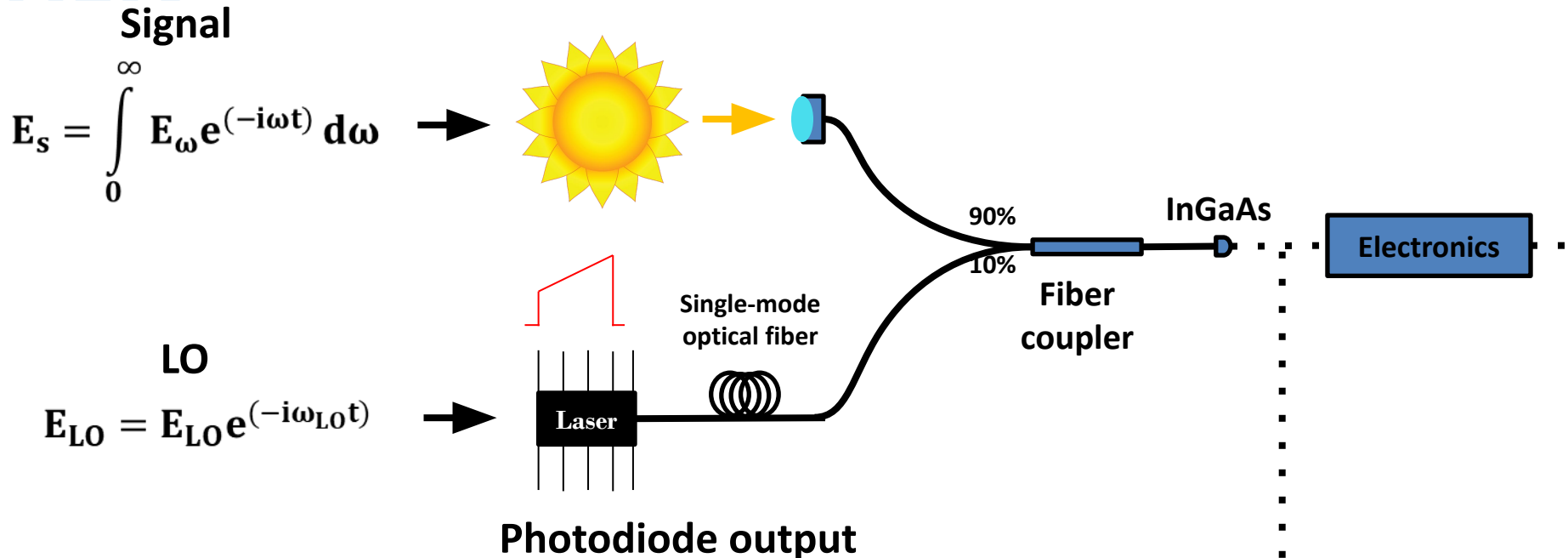
Размеры – 10x10x30 см

Бюджет миссии – 70 млн руб



# Heterodyne detection in the

## NIR

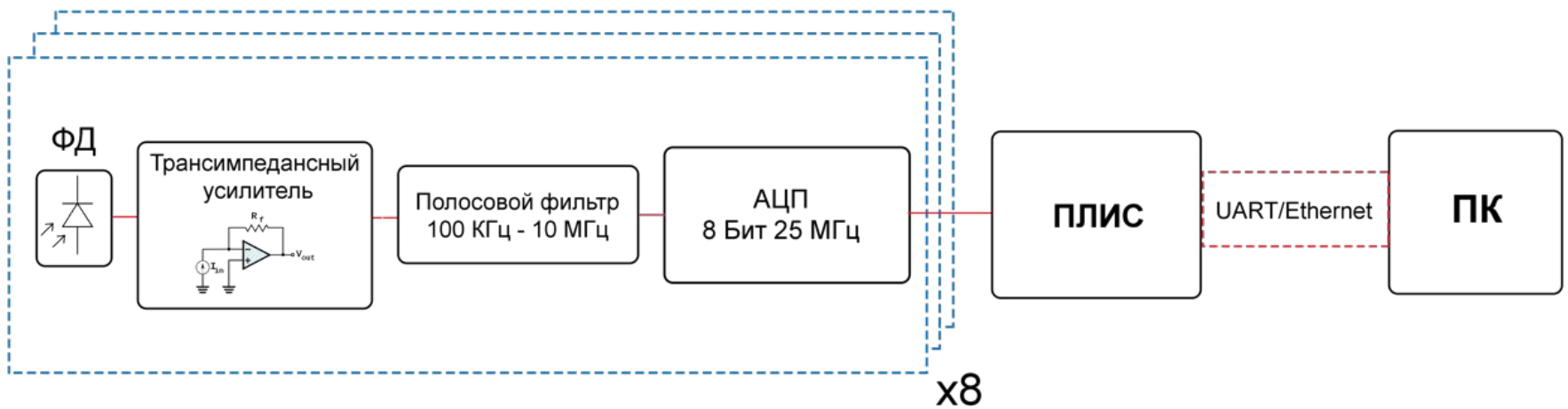
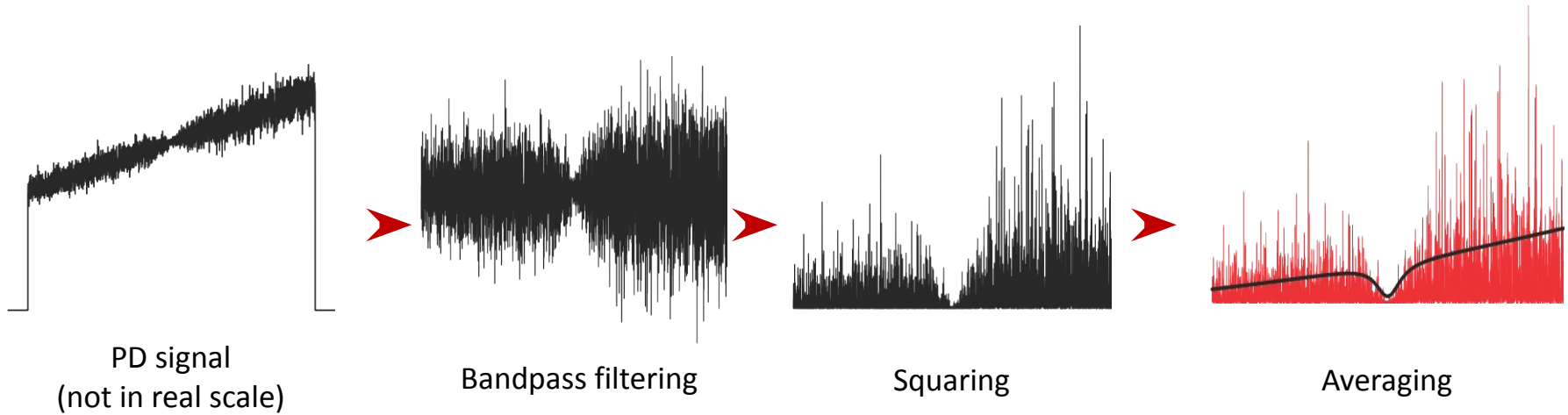


$$i = K |\vec{\mathbf{E}}_{LO} + \vec{\mathbf{E}}_s|^2 = K [|\vec{\mathbf{E}}_{LO}|^2 + 2[\vec{\mathbf{E}}_{LO} \vec{\mathbf{E}}_s^* + \vec{\mathbf{E}}_{LO}^* \vec{\mathbf{E}}_s] + |\vec{\mathbf{E}}_s|^2]$$

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)



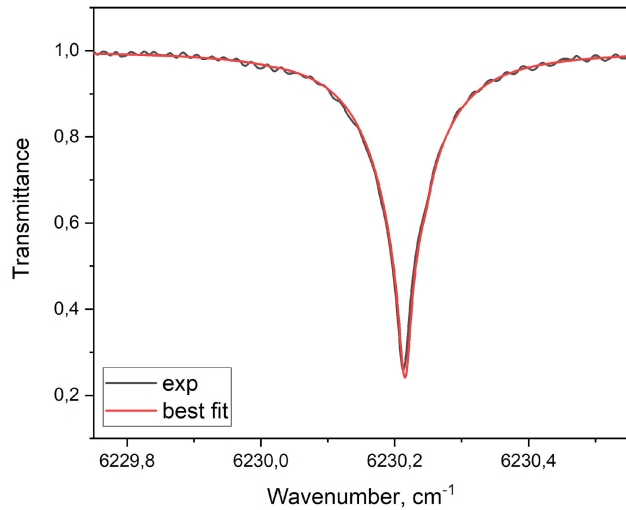
(b)

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

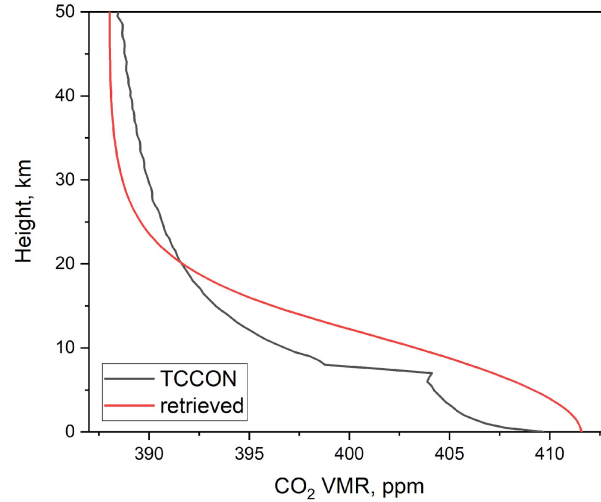


# Greenhouse gases retrieval

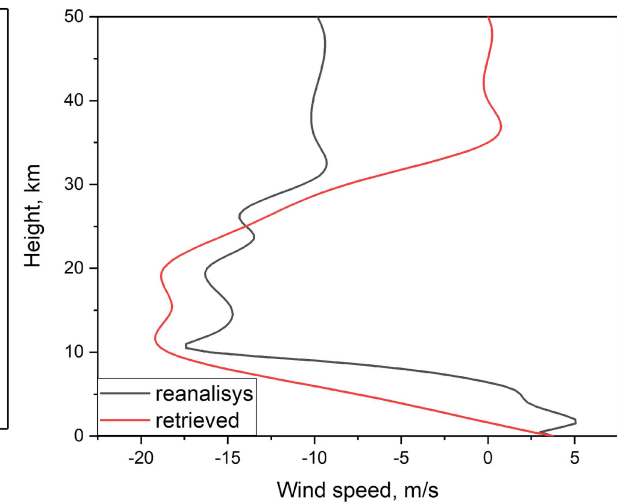
Measured CO<sub>2</sub> absorption line and its fitting\*\*



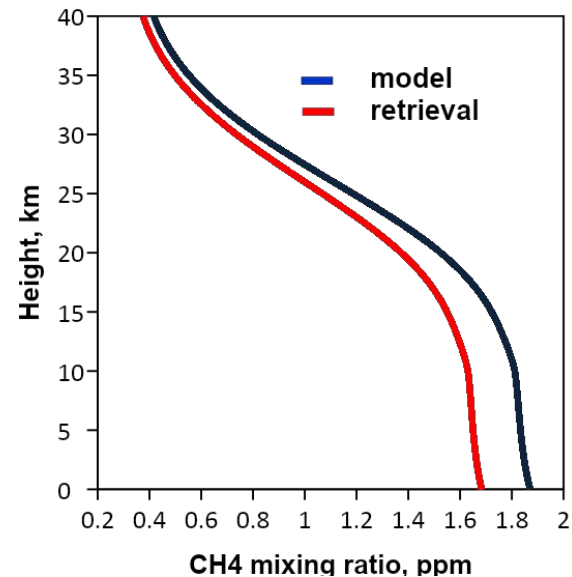
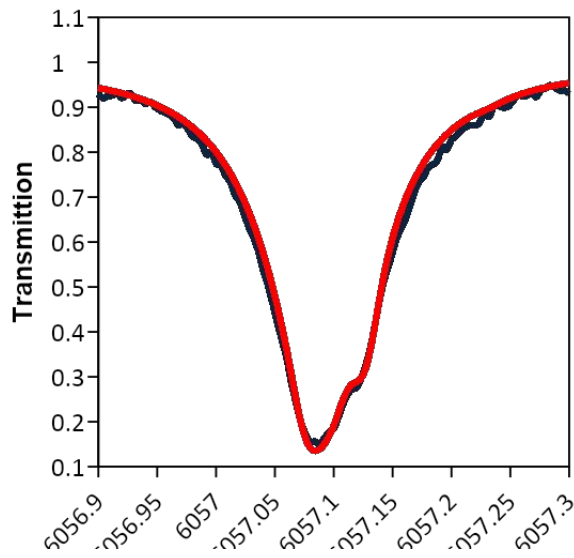
CO<sub>2</sub> concentration profile retrieved from the spectra



Wind profile retrieved from the CO<sub>2</sub> spectra\*

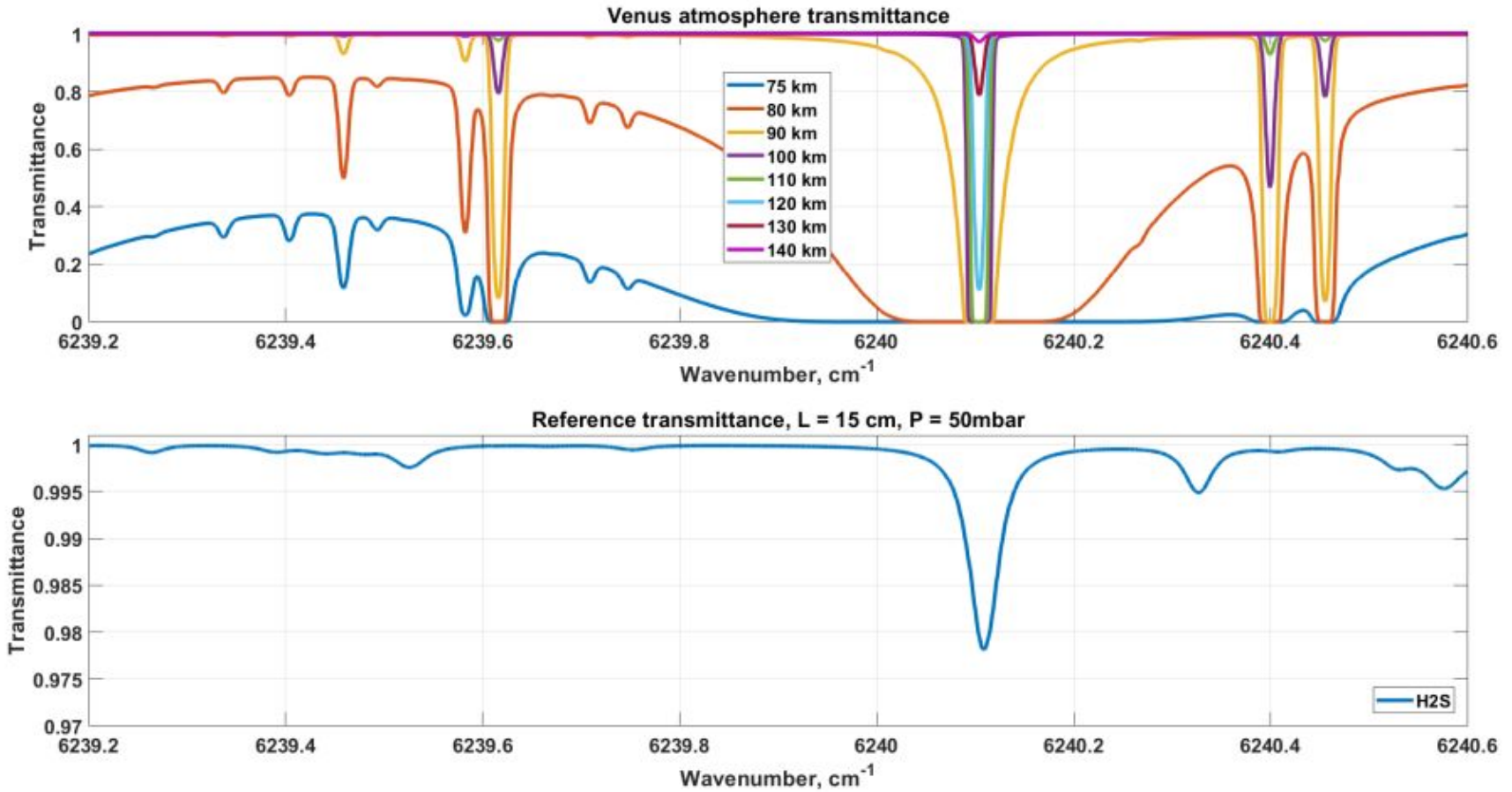


Measured CH<sub>4</sub> absorption line and its fitting\*\*



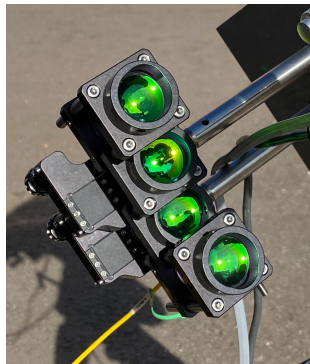
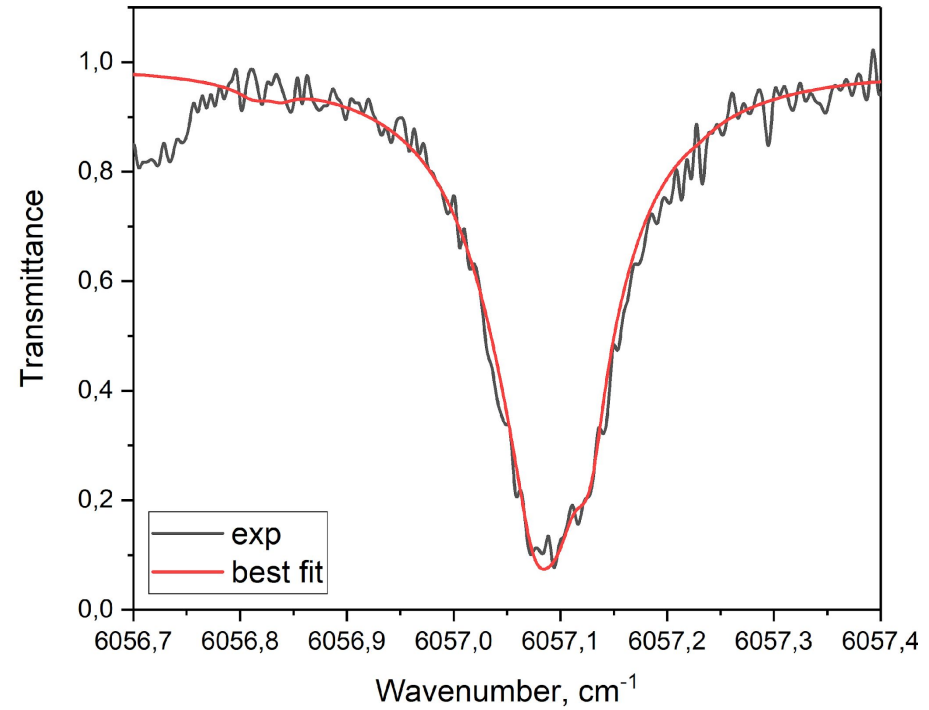
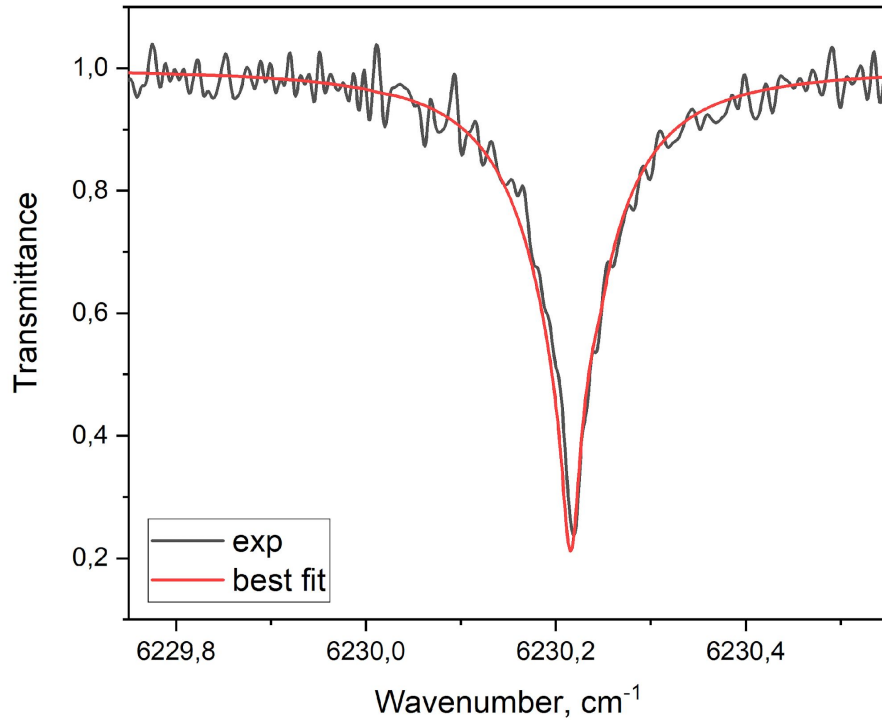
CH<sub>4</sub> concentration profile retrieved from the spectra

# Spectral range



Simulation of IVOLGA data on Venus

# One second of accumulation



(a)

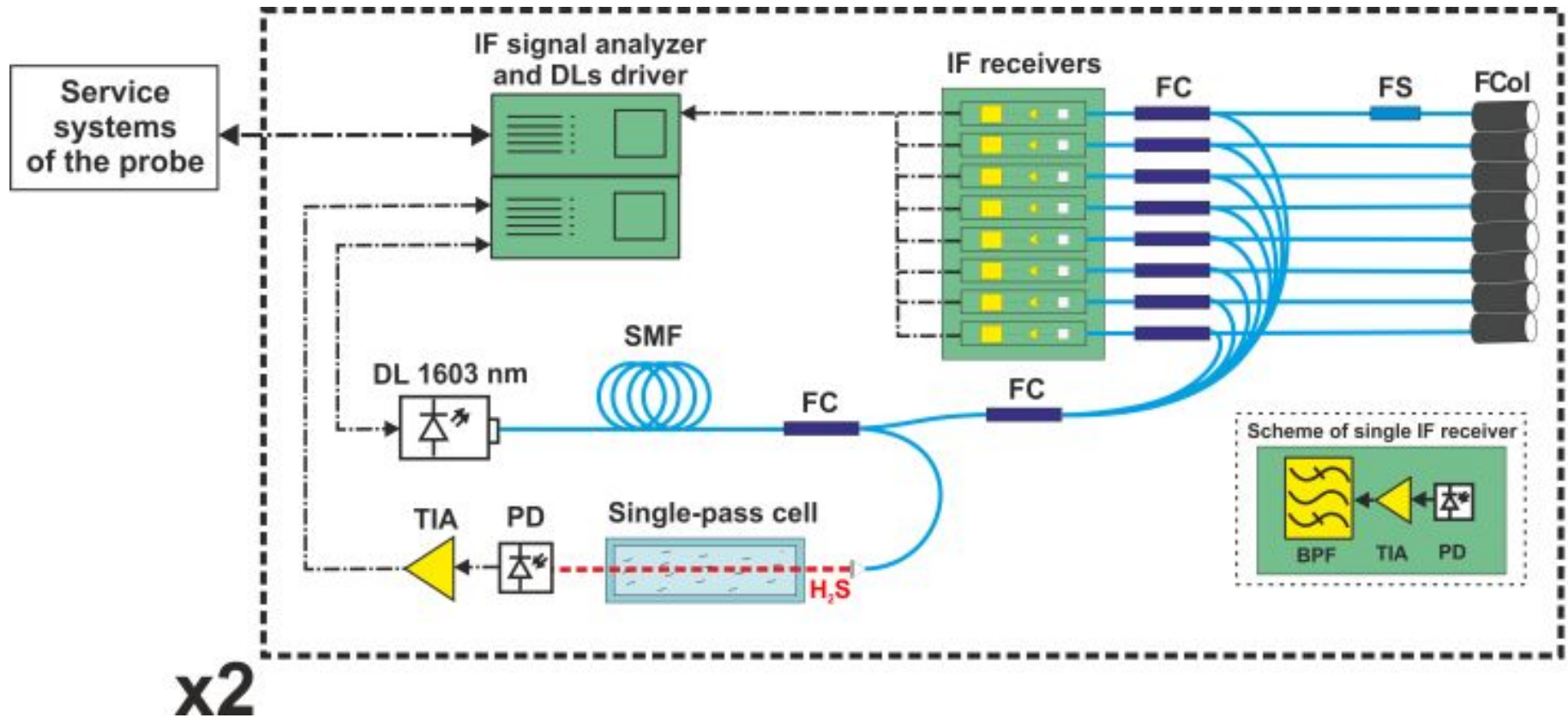
(a) Measured  $\text{CO}_2$  line with  $\text{SNR} \sim 50$  (black curve) with best fit synthetic spectra (red curve);

(b)

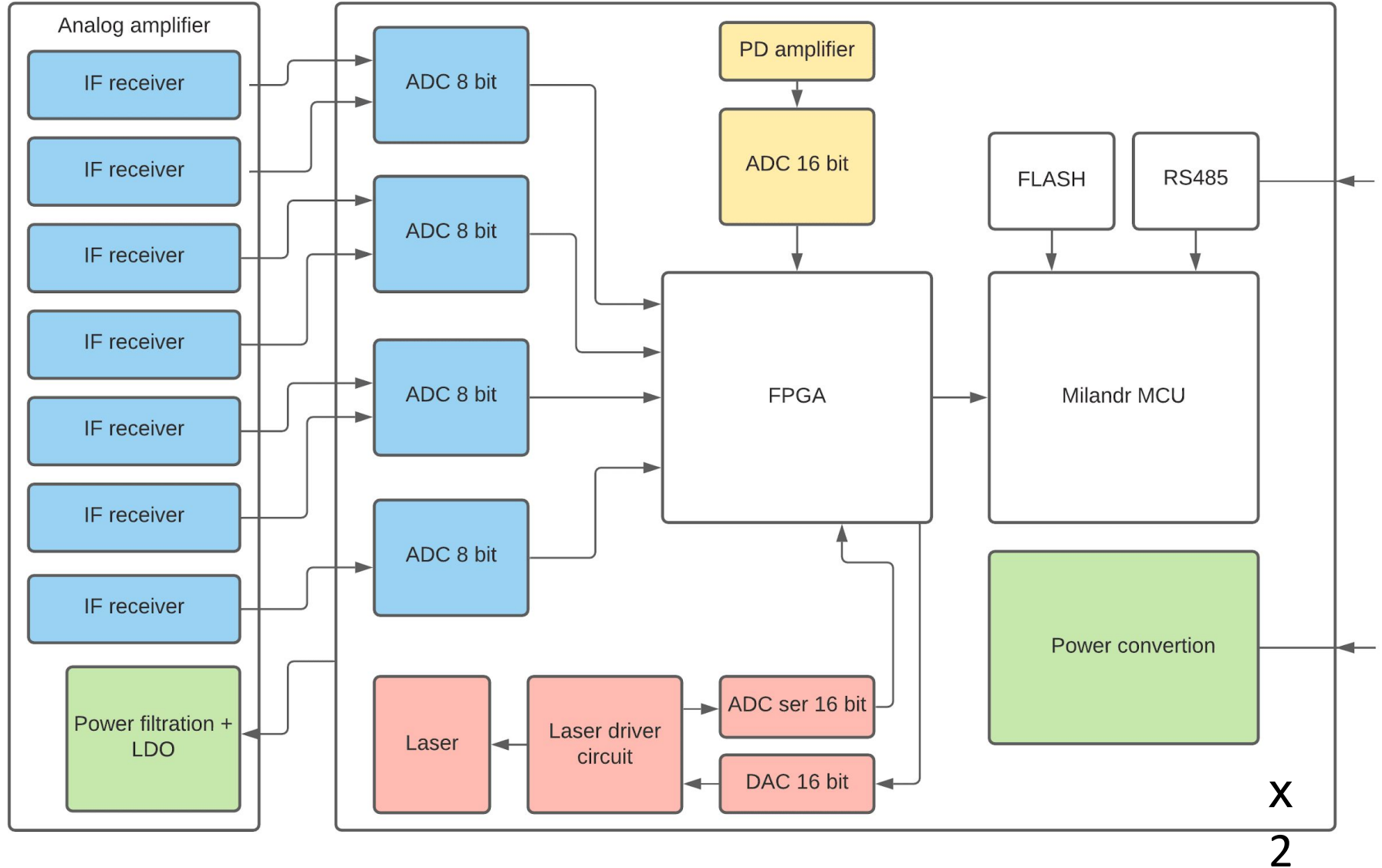
(b) Measured  $\text{CH}_4$  line with  $\text{SNR} \sim 50$  (black curve) with best fit synthetic spectra (red curve).

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

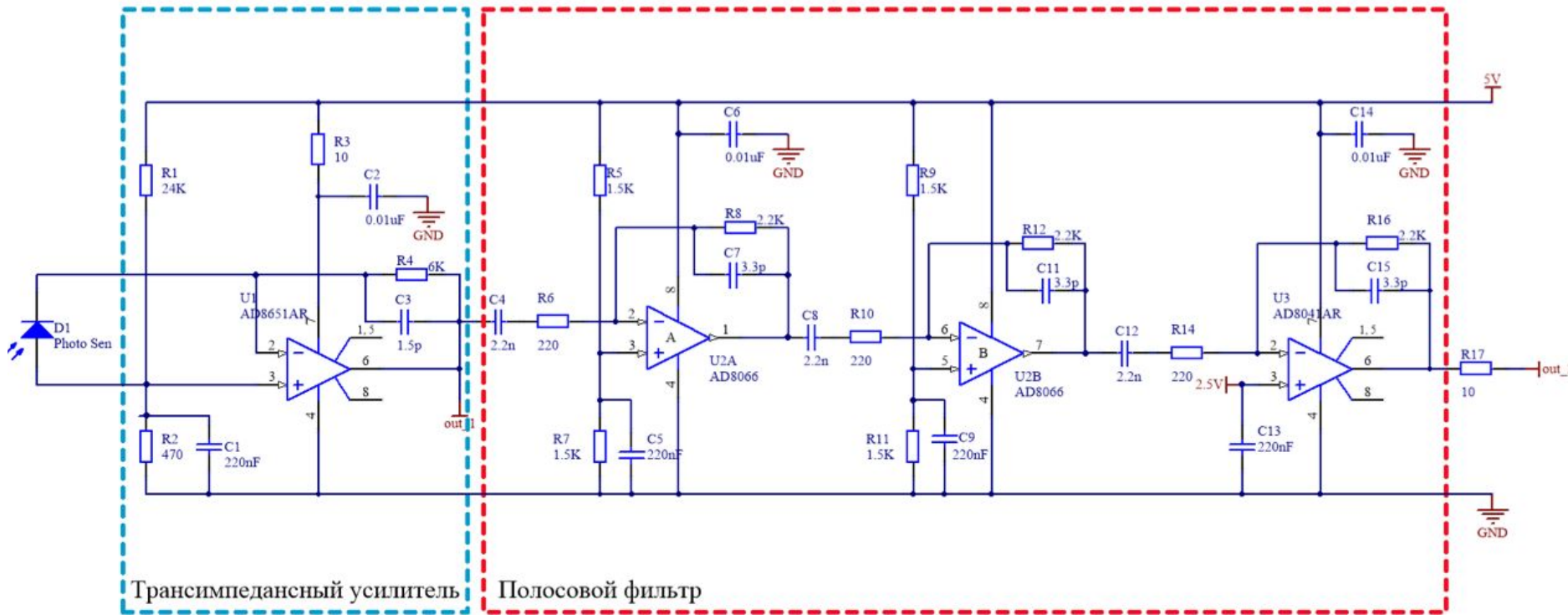
# Instrument diagram



# 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