



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Департамент электронной инженерии
Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова

Разработка электрооптического модулятора из тонкопленочного ниобата лития на изоляторе

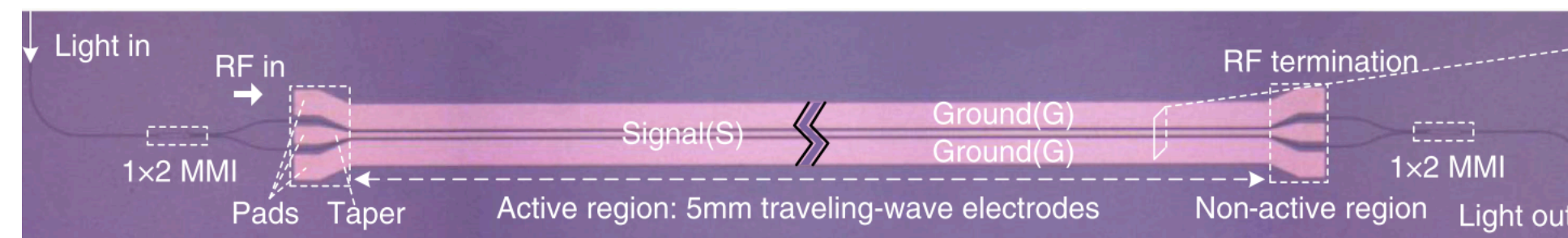
Работу выполнил: Кобцев Д. М.

Нижний Новгород, 2023

- **Интегральные ЭО-модуляторы на основе ниобата лития позволят:**
 - создавать будущие поколения связи;
 - использовать модуляторы для решения задач квантовой оптики;
 - модулировать сигнал как при комнатной так и при криогенных температурах;
 - уменьшить размеры выходного устройства в силу большого контраста сред



Физический размер: 10 см



Физический размер: 5 мм

Характеристики материала:

- 3m кристаллическая структура;
- Высокая плотность оптической моды;
- $n_{LiNbO_3} \approx 2,2$;
- $r_{33} = 30$ пм/В.

InP ~ 1.68 pm/V

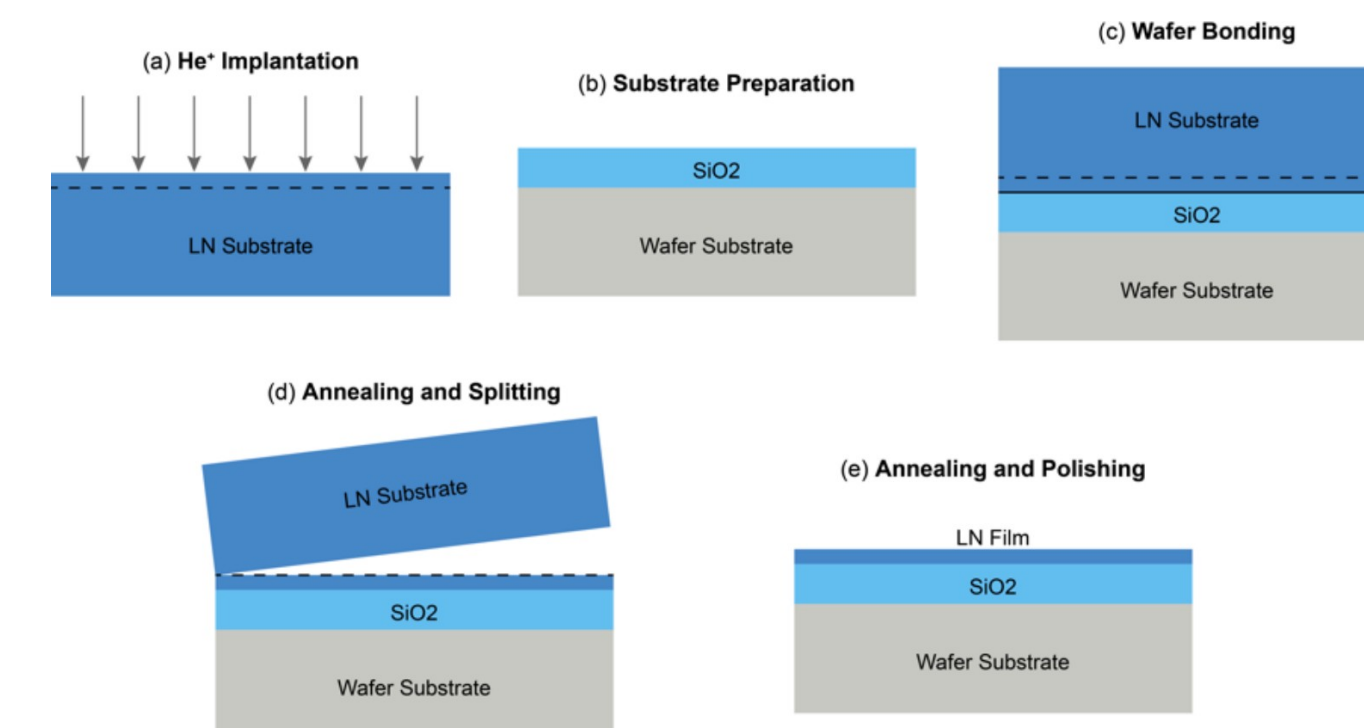
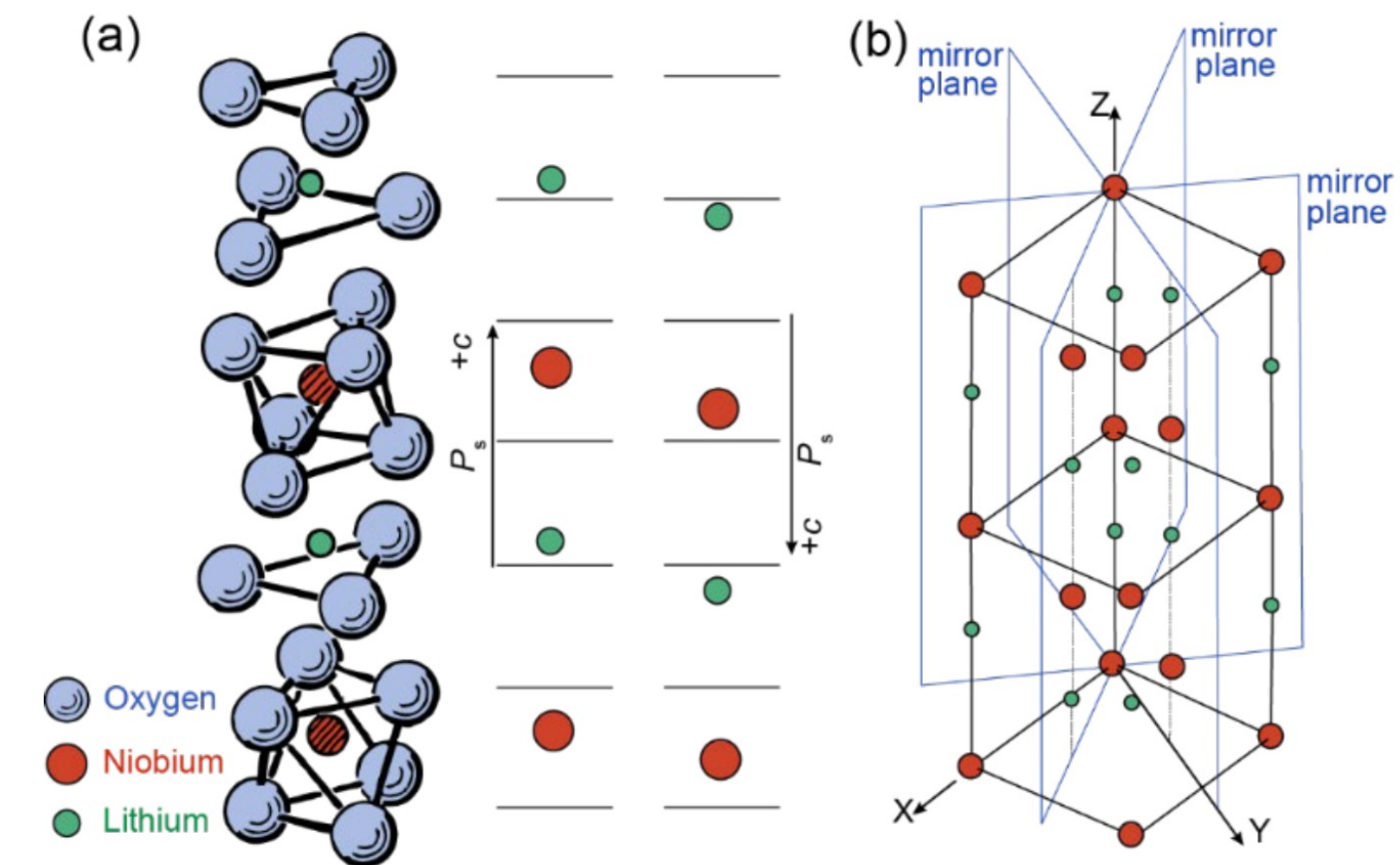
GaAs ~ 1.6 pm/V

LiNbO₃ ~ 30 pm/V

AlN ~ 1 pm/V

Технология изготовления подложек (SmartCut):

- кристалл осаждают ионами Н⁺ или Не⁺, параллельно с этим подготавливается кремниевая подложка;
- кристалл склеивают с подготовленной подложкой и откалывают кристалл;
- термическим отжигом отчищают получившуюся структуру от ионов Н⁺ или Не⁺





Принцип работы ЭО модулятора

Периодическое изменение локального показателя преломления за счет эффекта Покеляса

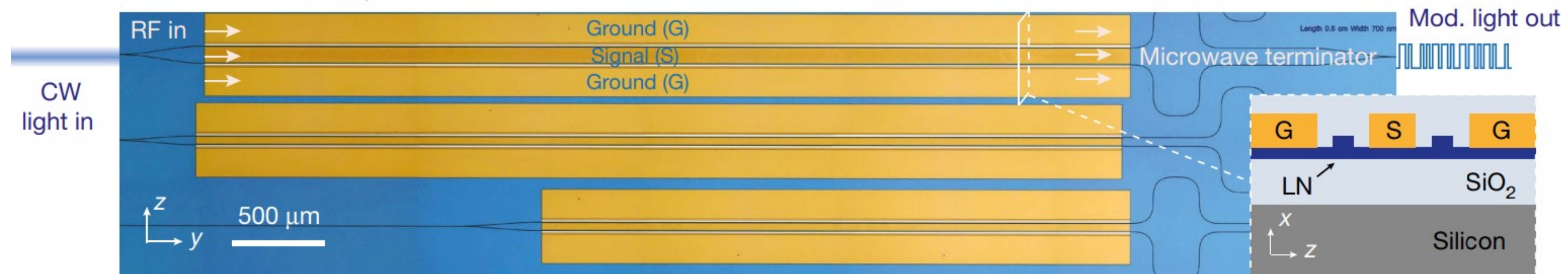
$$\Delta n_{pockets} = \frac{1}{2} r_{ij} n_0^3 E$$

E – напряженность приложенного электрического поля

n_0 – показатель преломления материала модулятора

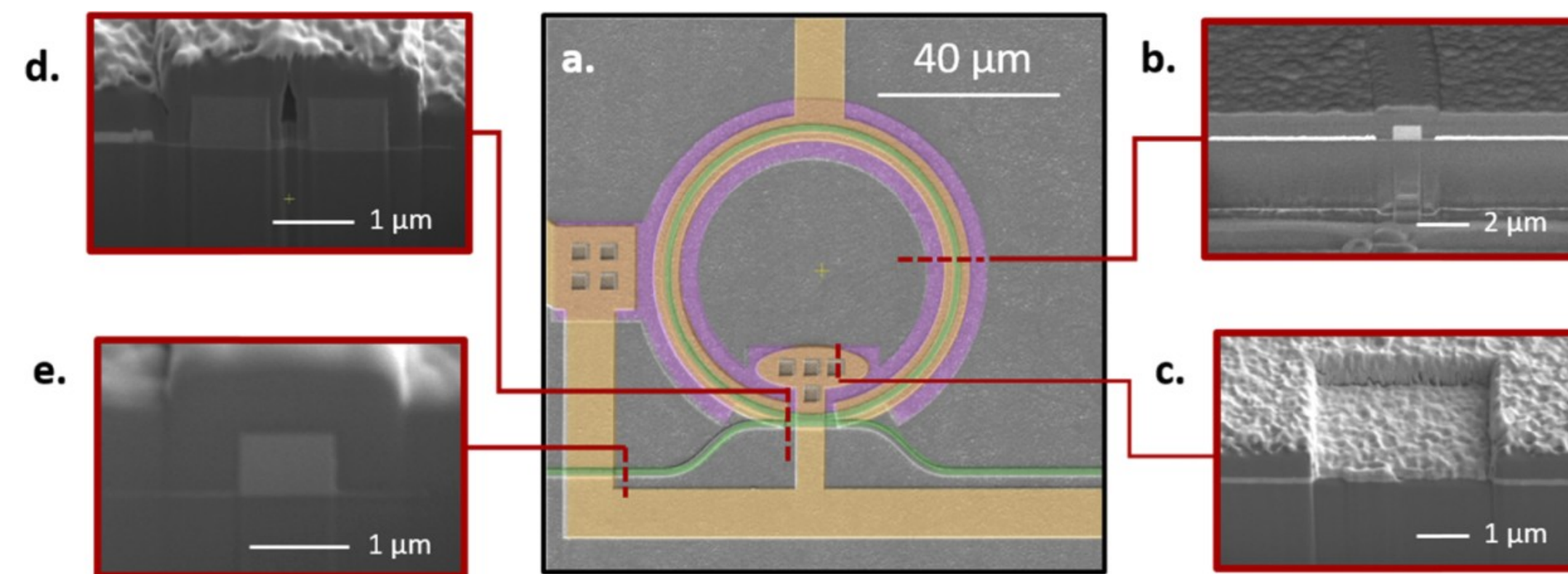
r_{ij} – Максимальный элемент электрооптического тензора

1. Конфигурация с интерферометром Маха-Цендера



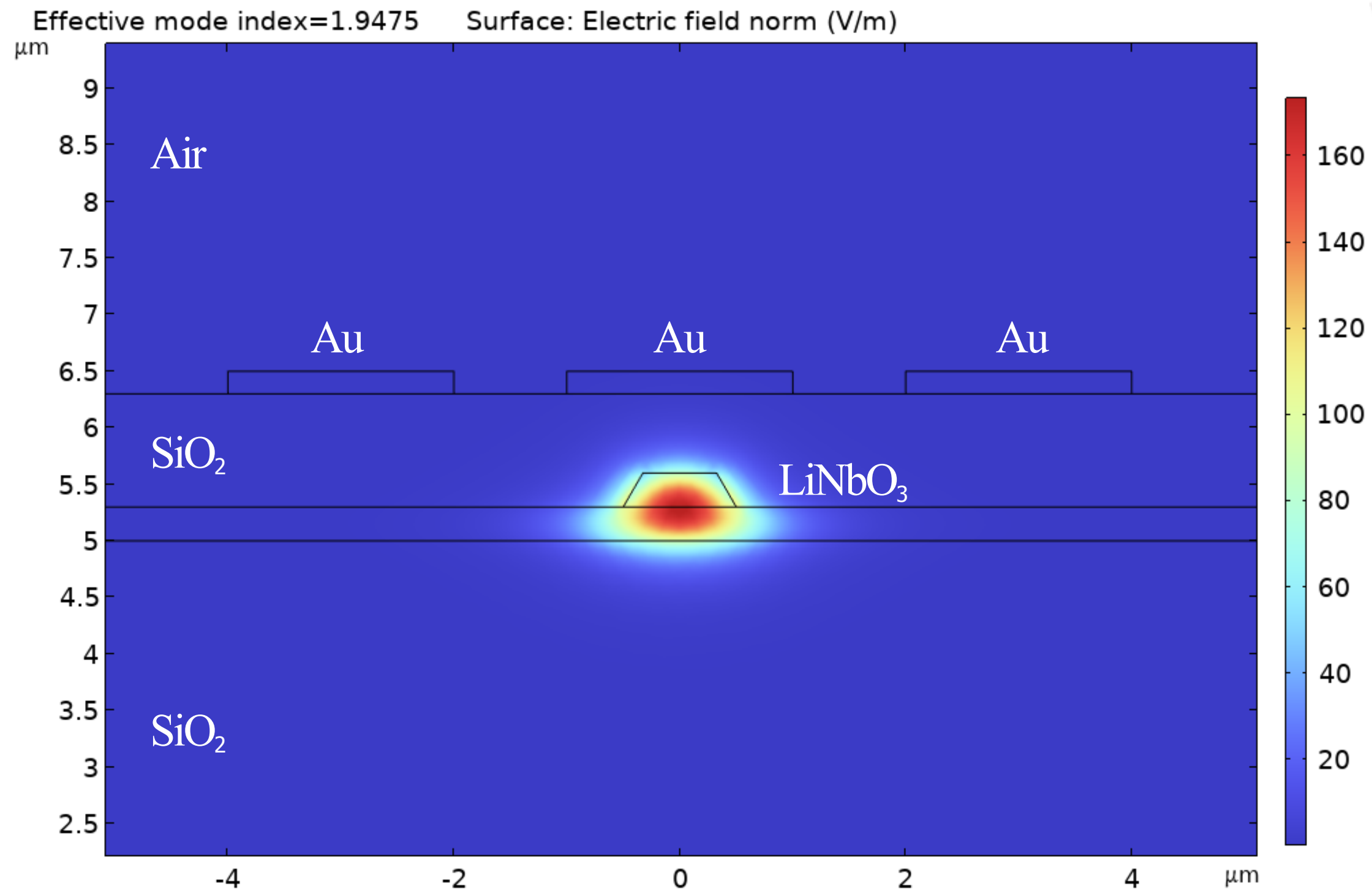
Wang C. et al. *Integrated lithium niobate electro-optic modulators operating at CMOS-compatible voltages* //Nature. – 2018. – T. 562. – №. 7725. – С. 101-104.

2. Конфигурация с кольцевым резонатором

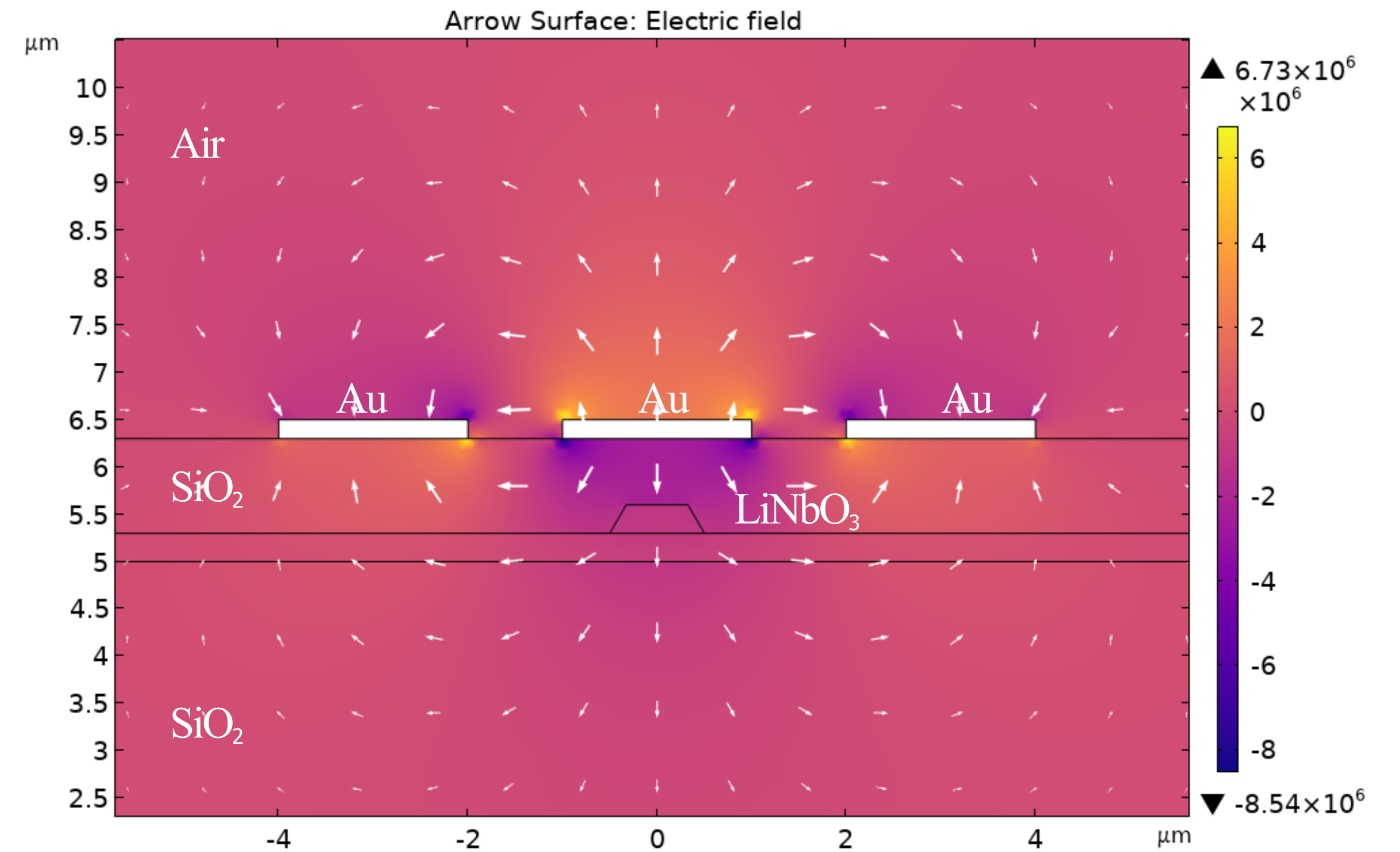


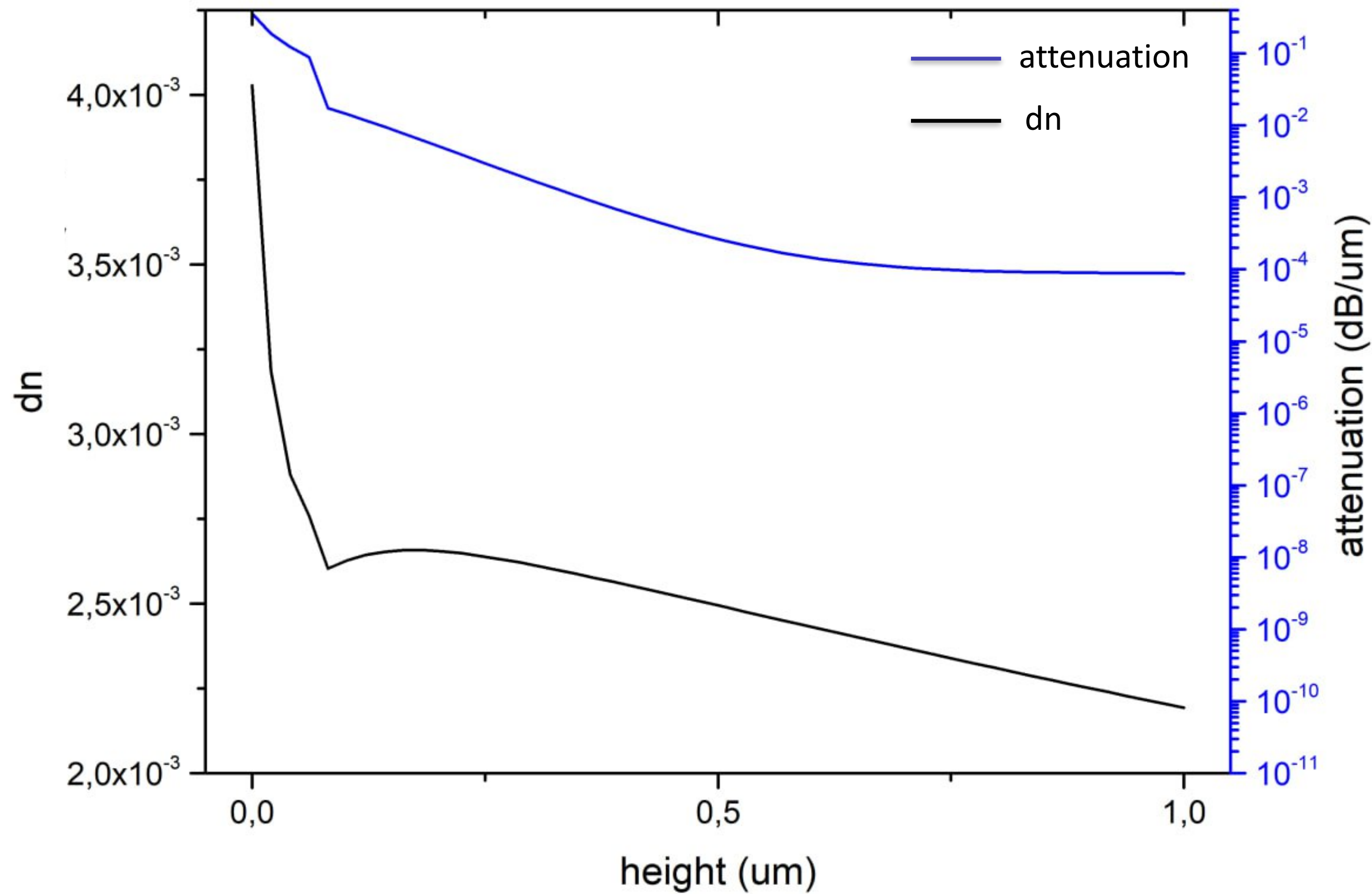
Bahadori M. et al. *Ultra-efficient and fully isotropic monolithic microring modulators in a thin-film lithium niobate photonics platform* //Optics Express. – 2020. – T. 28. – №. 20. – С. 29644-29661.

TE оптическая мода (поперечное сечение)

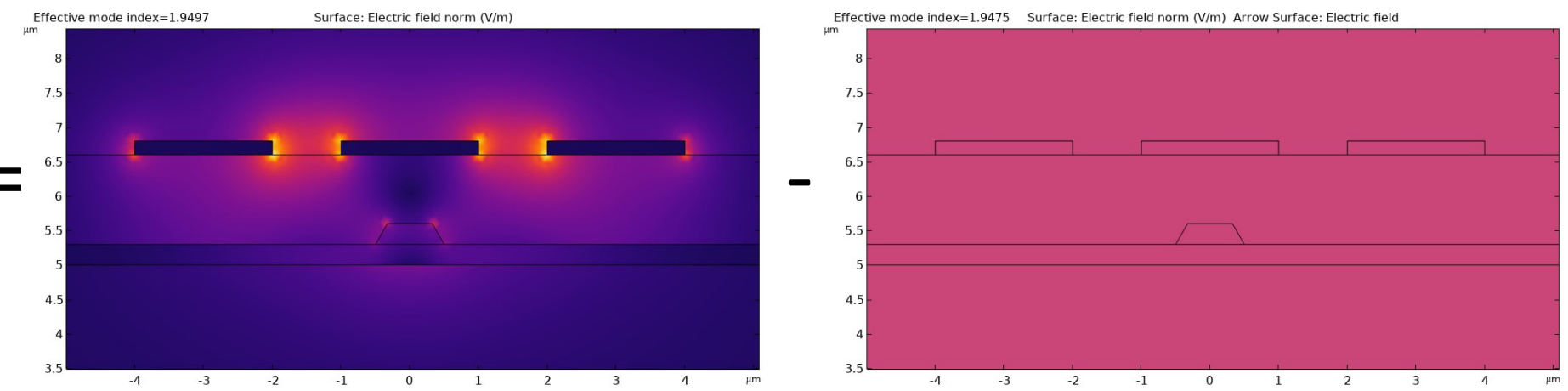


Распределение электрического поля при приложении напряжения в 10 В

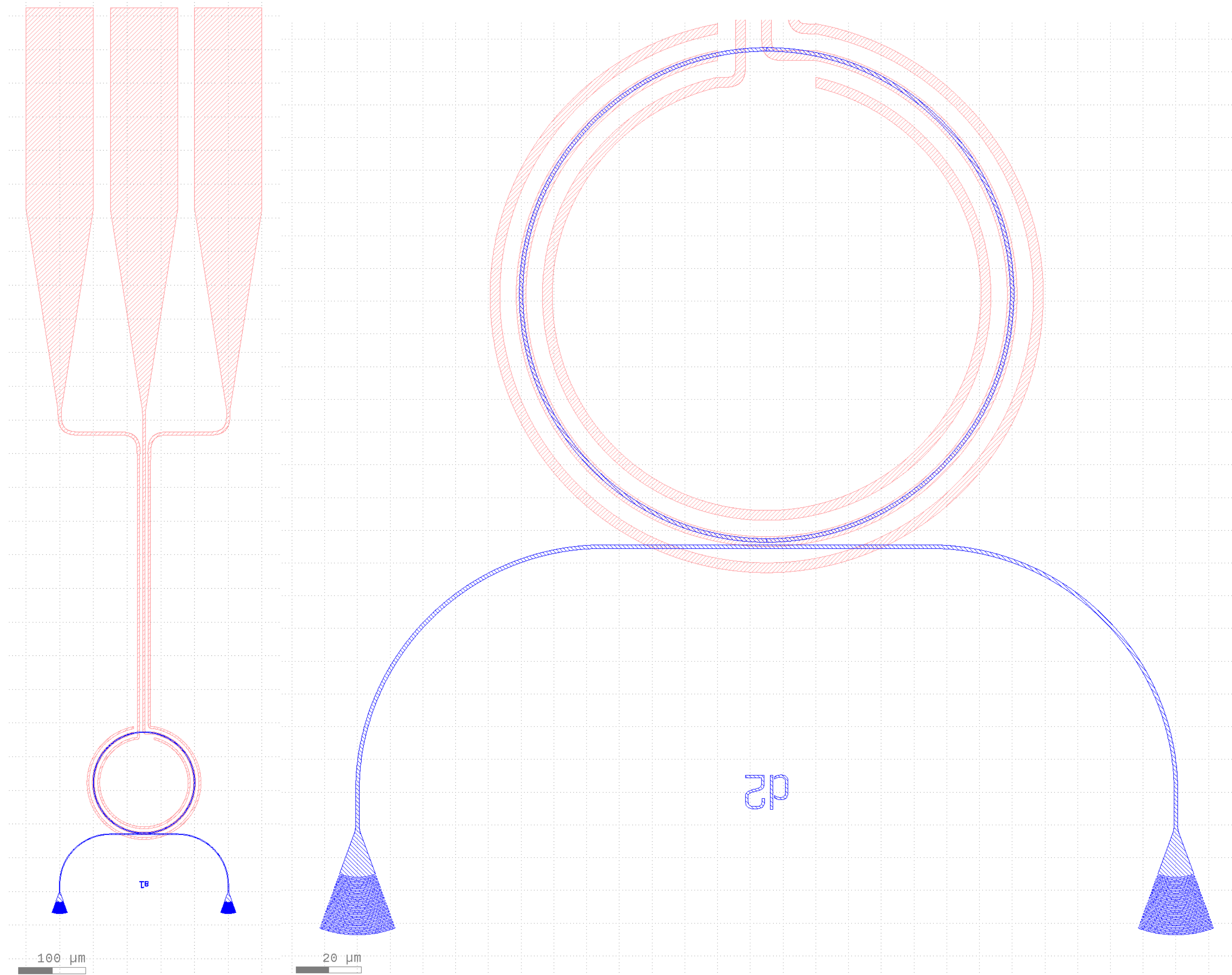


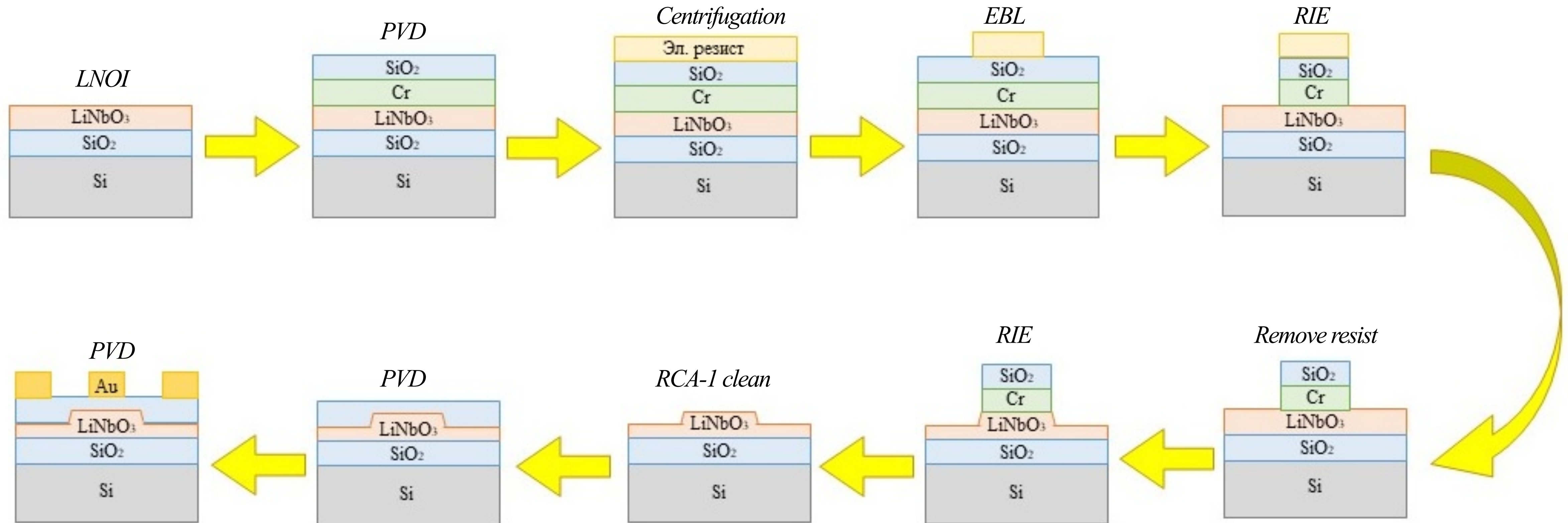


dn =

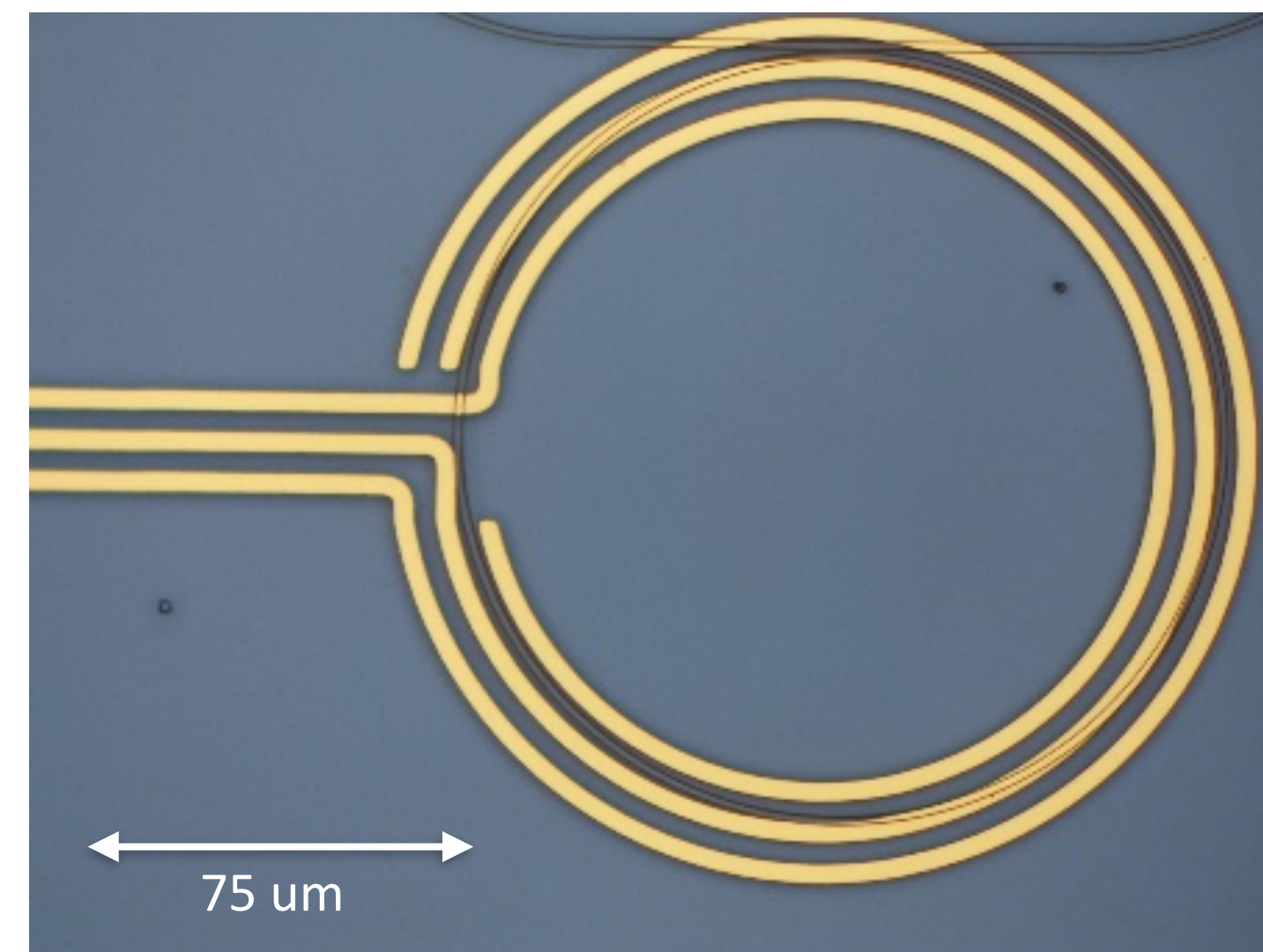
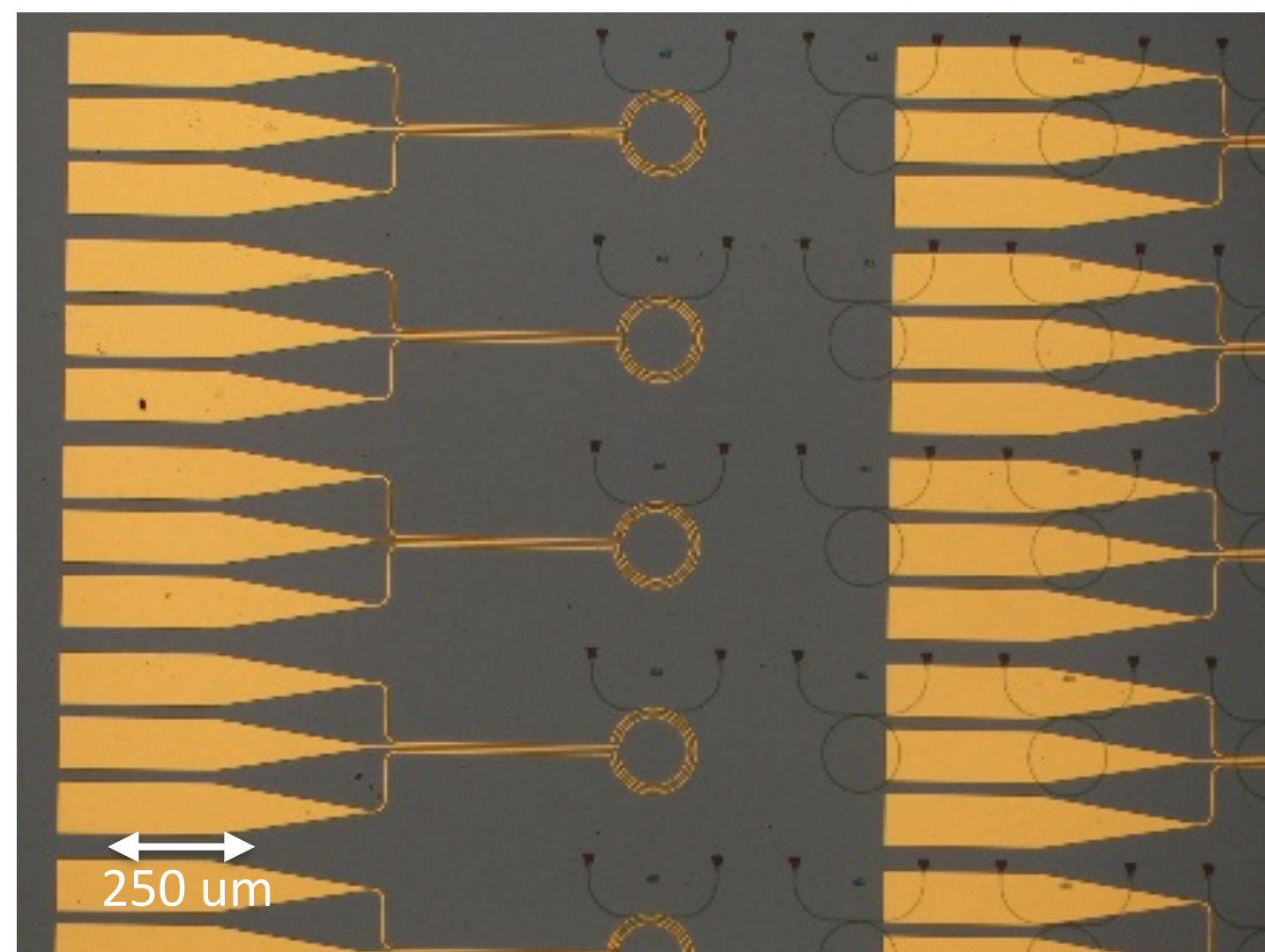
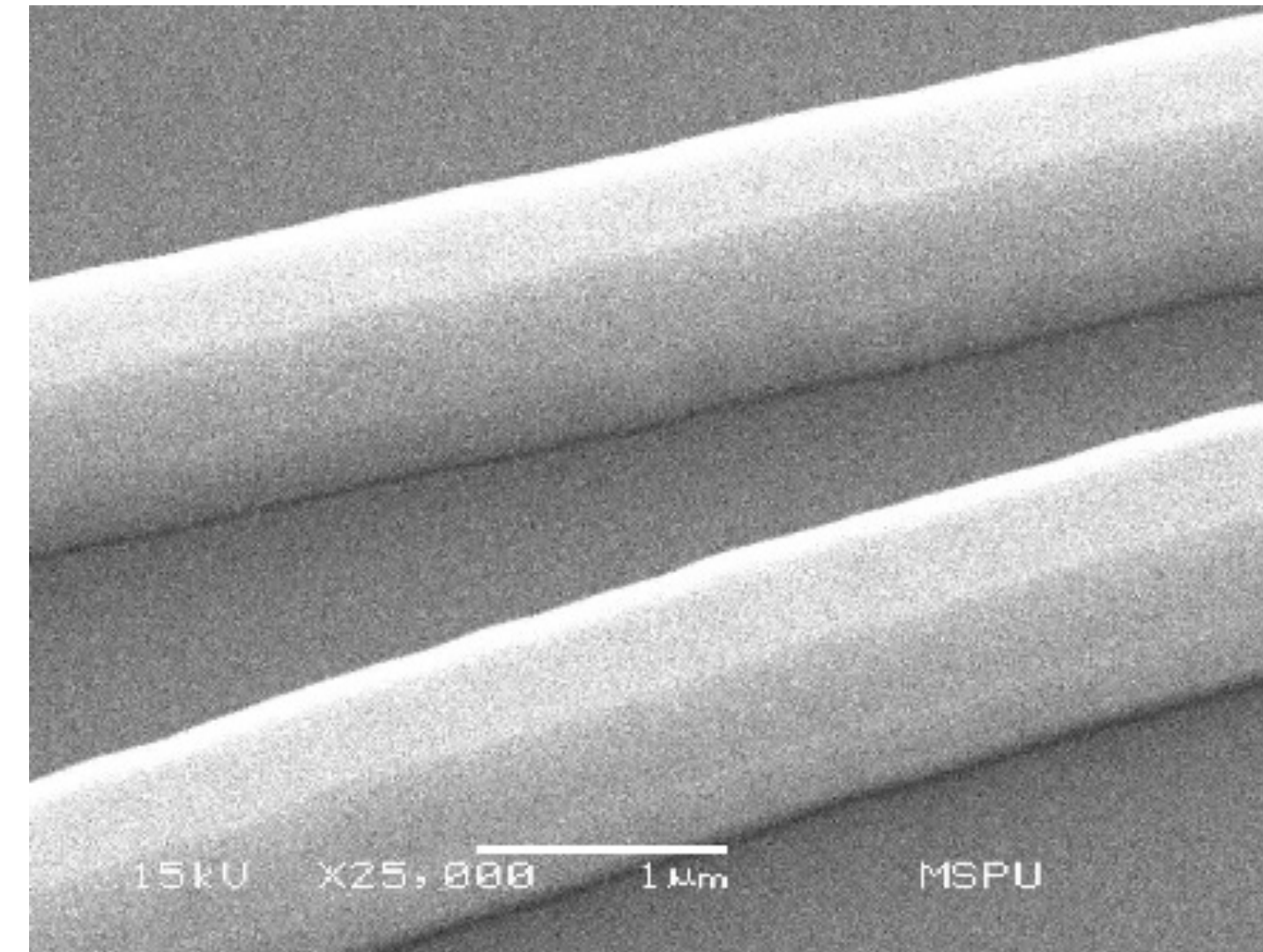
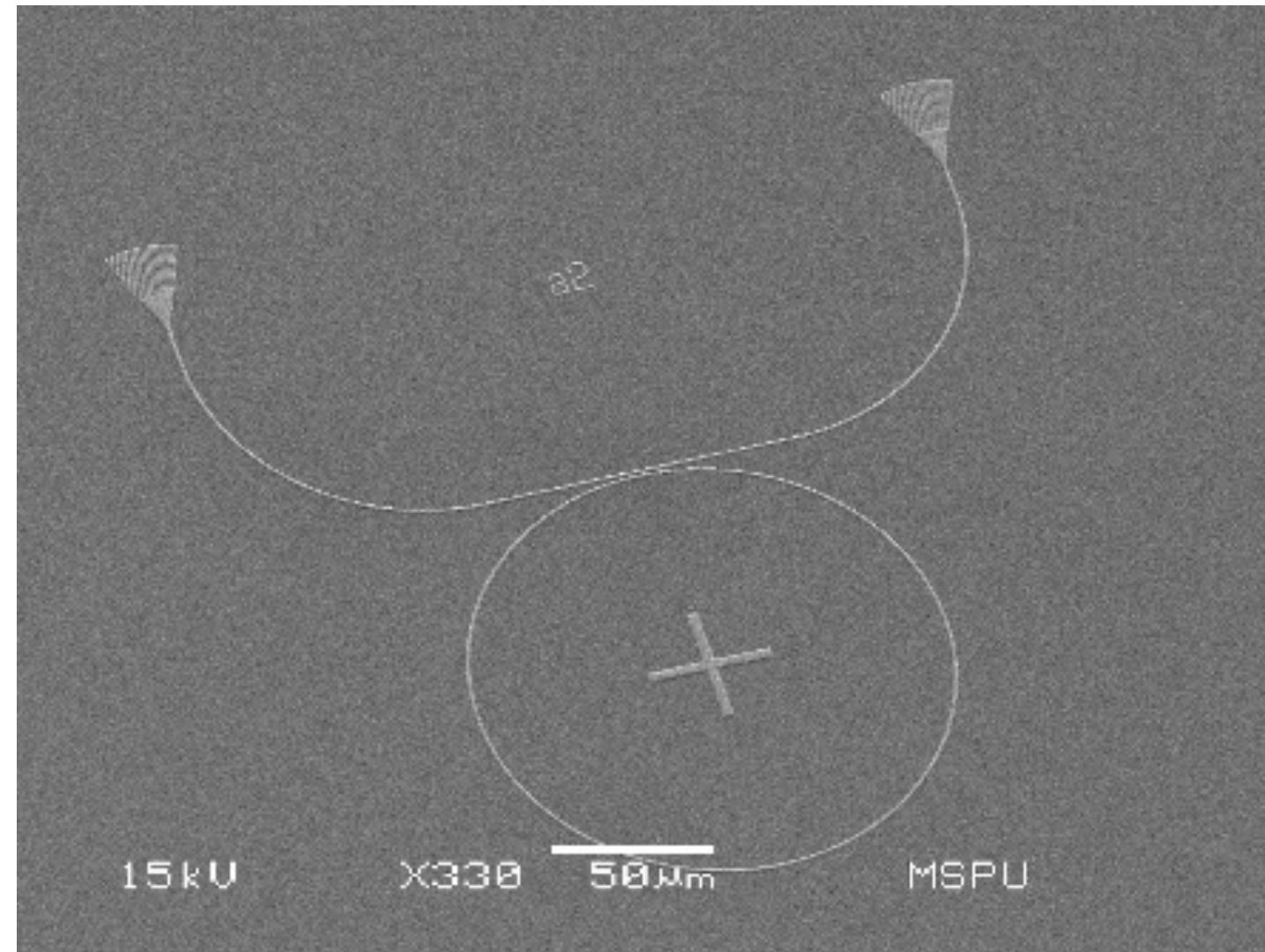


Разработка топологии ЭО-модулятора

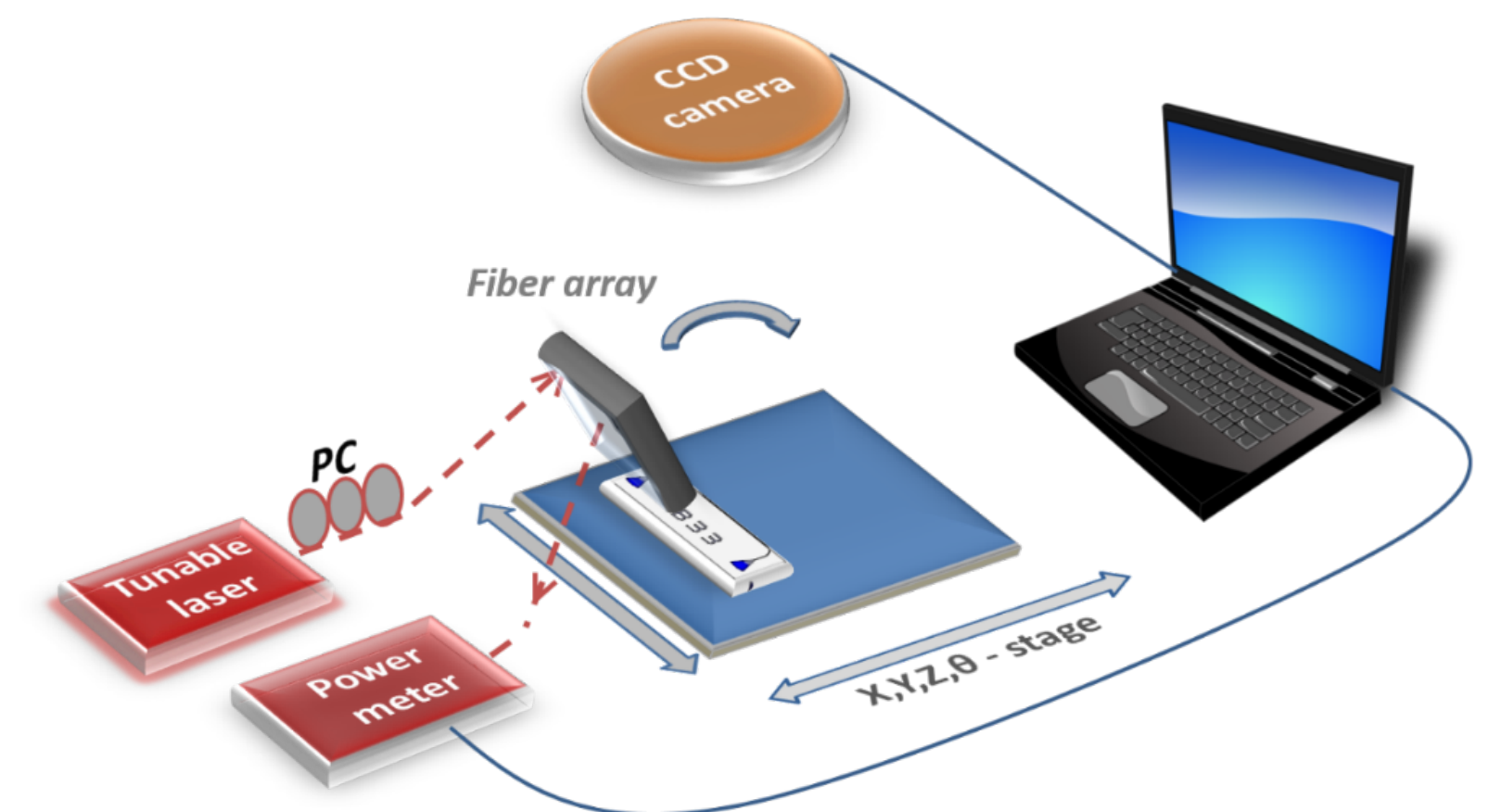
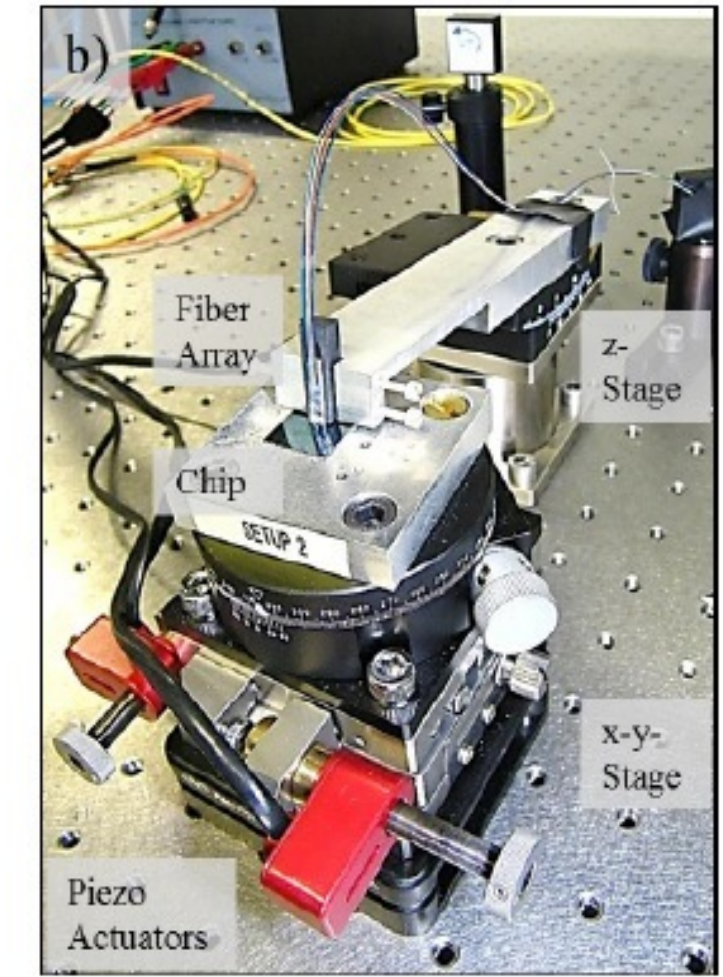
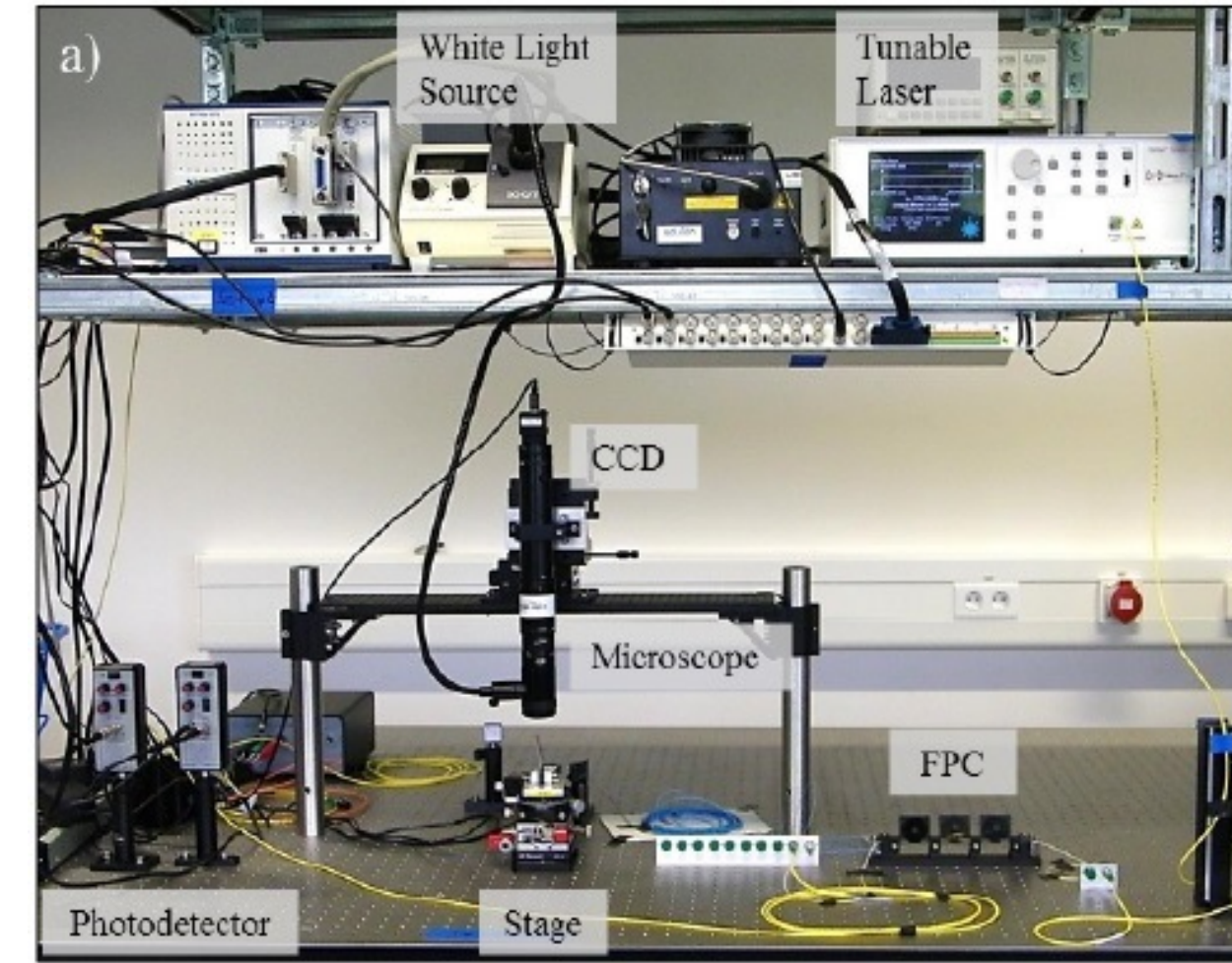
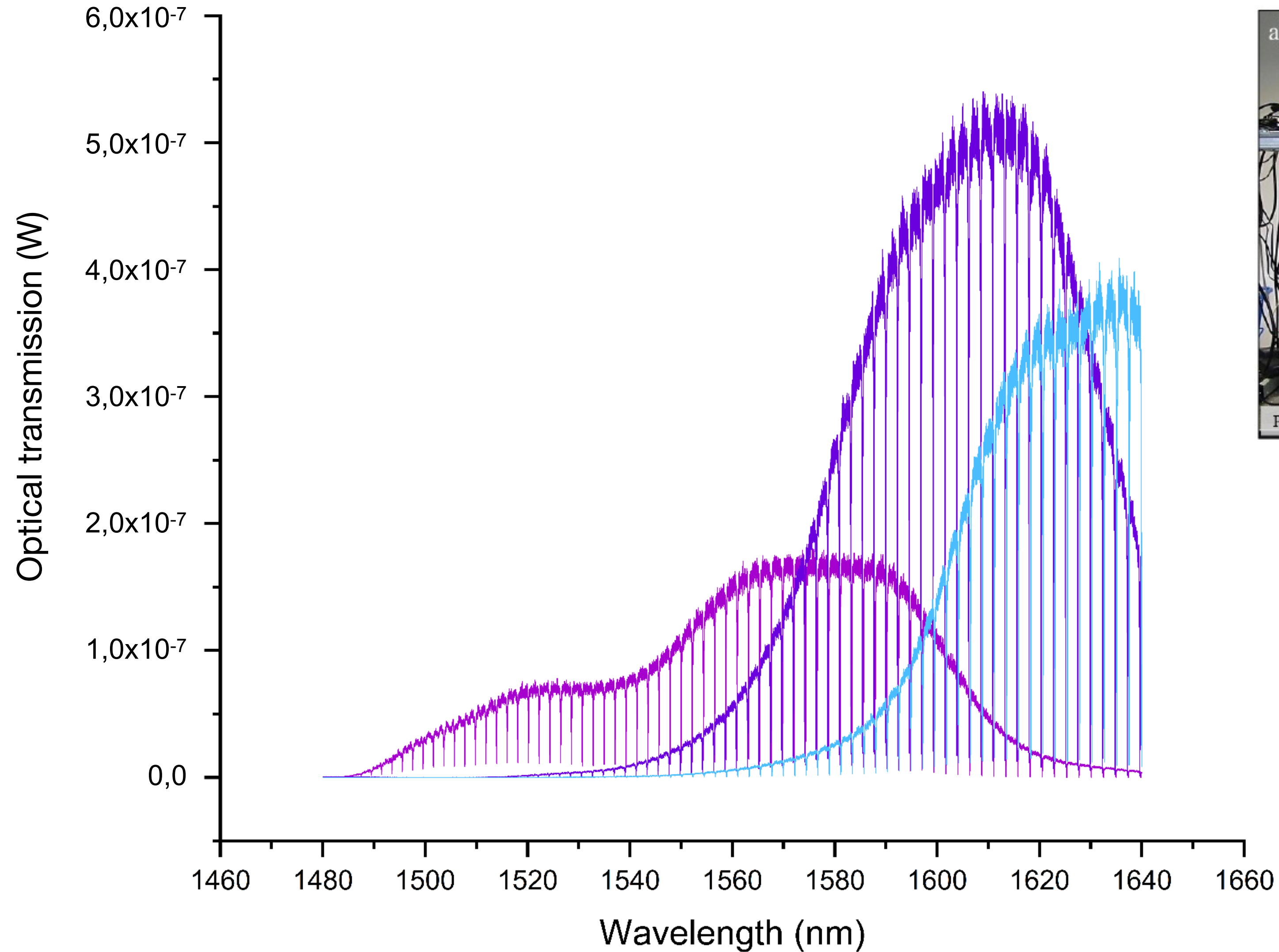




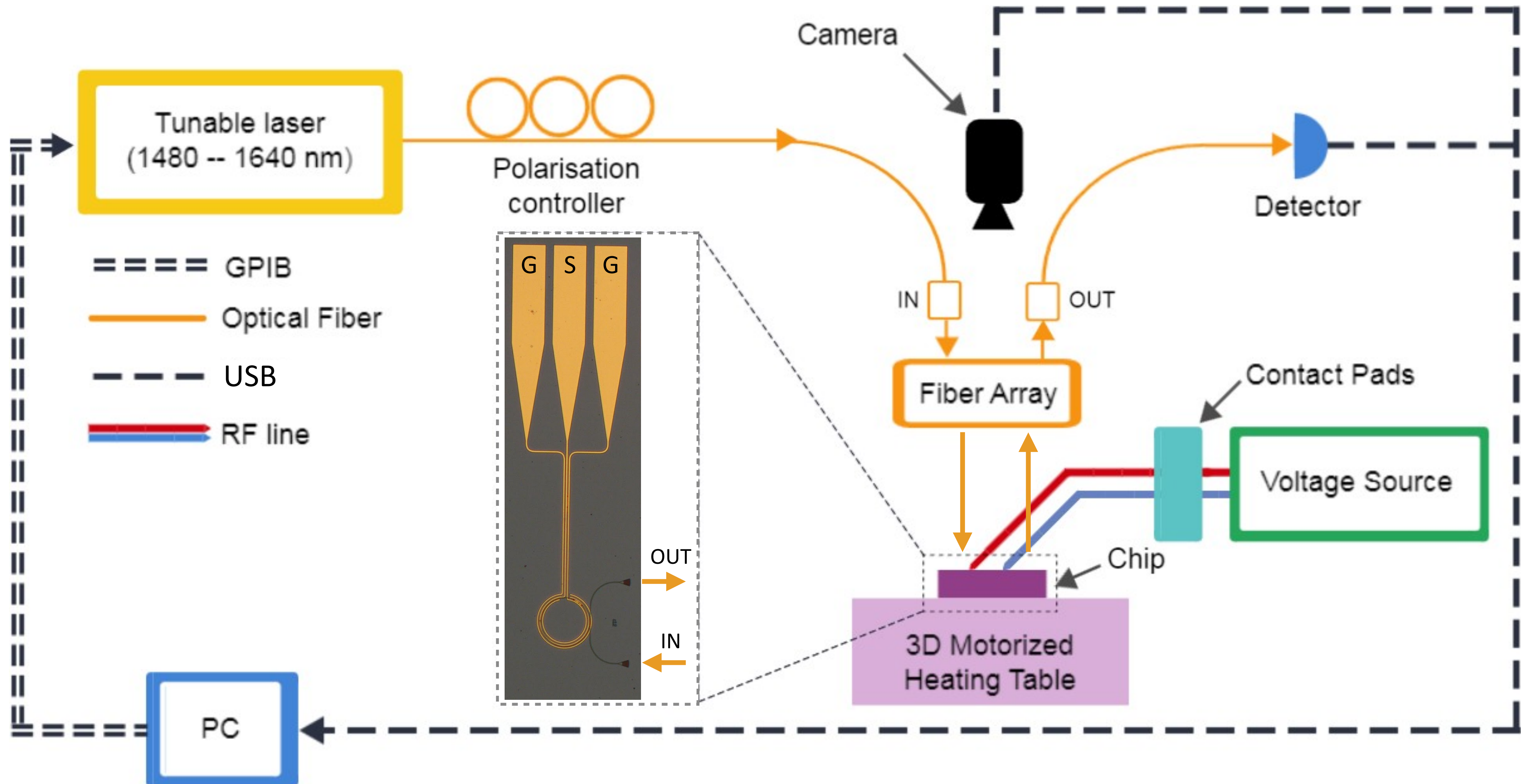
Технологический процесс изготовления



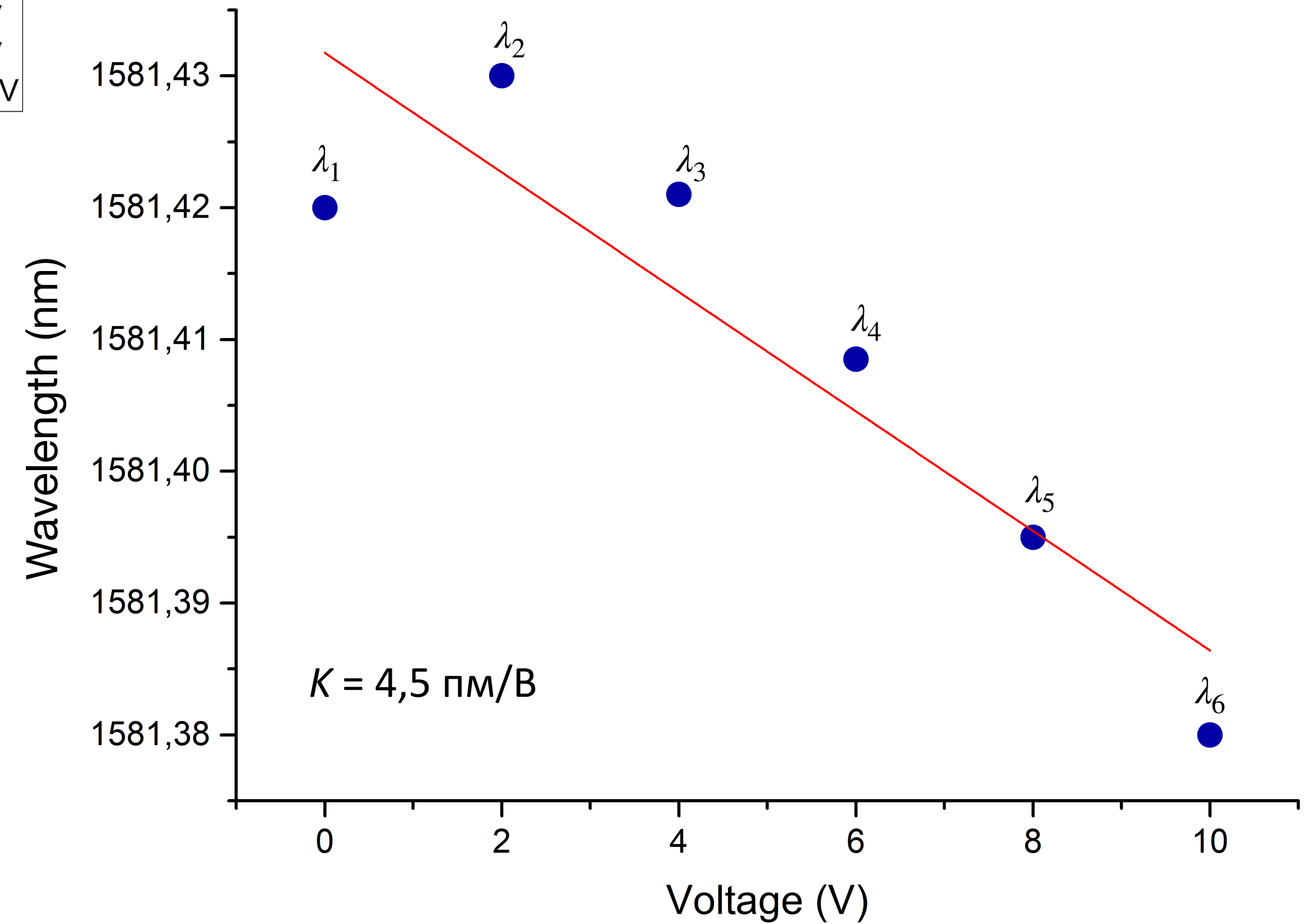
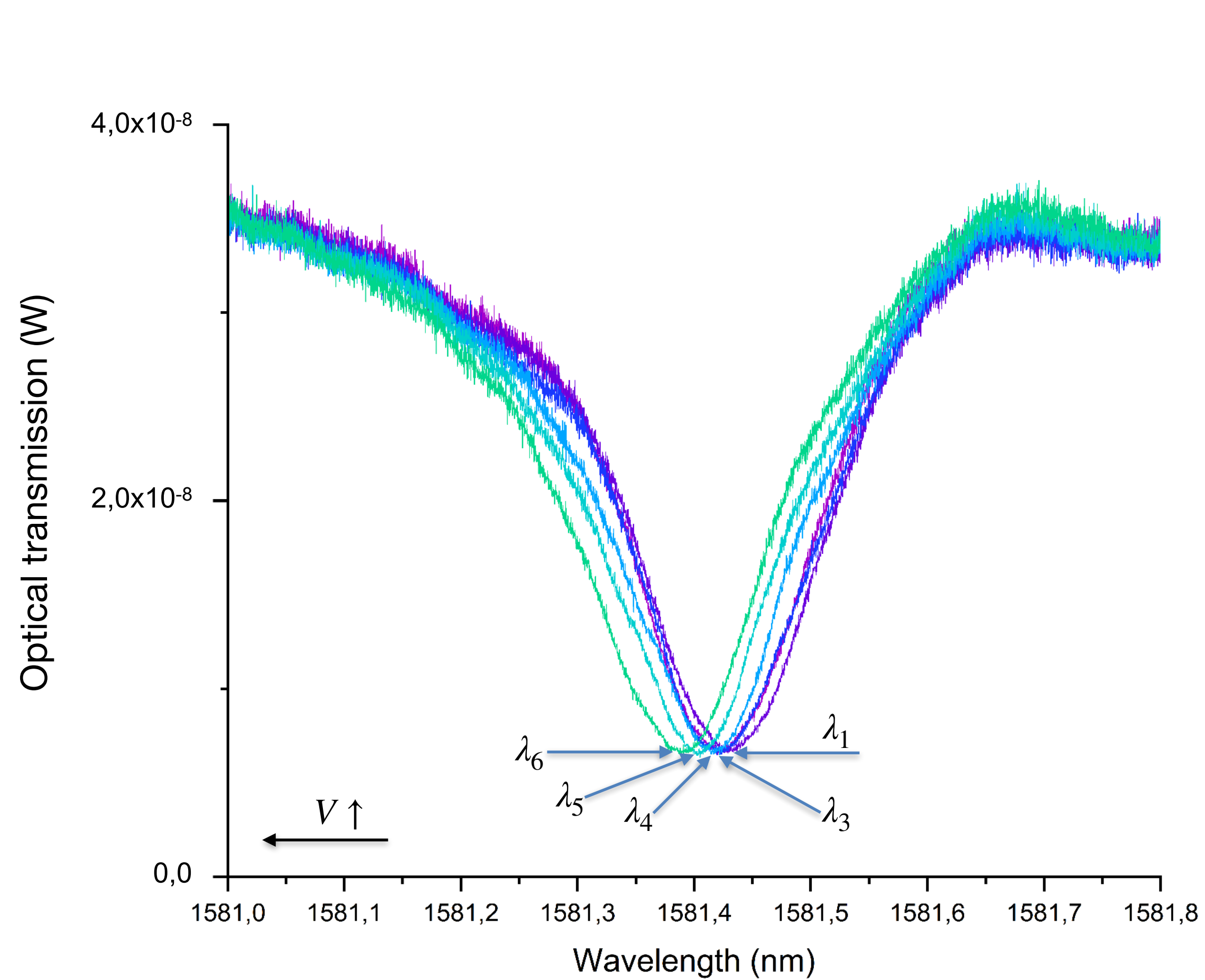
Снятие спектров пропускания структур



Определение смещения длины волны пика от приложенного напряжения

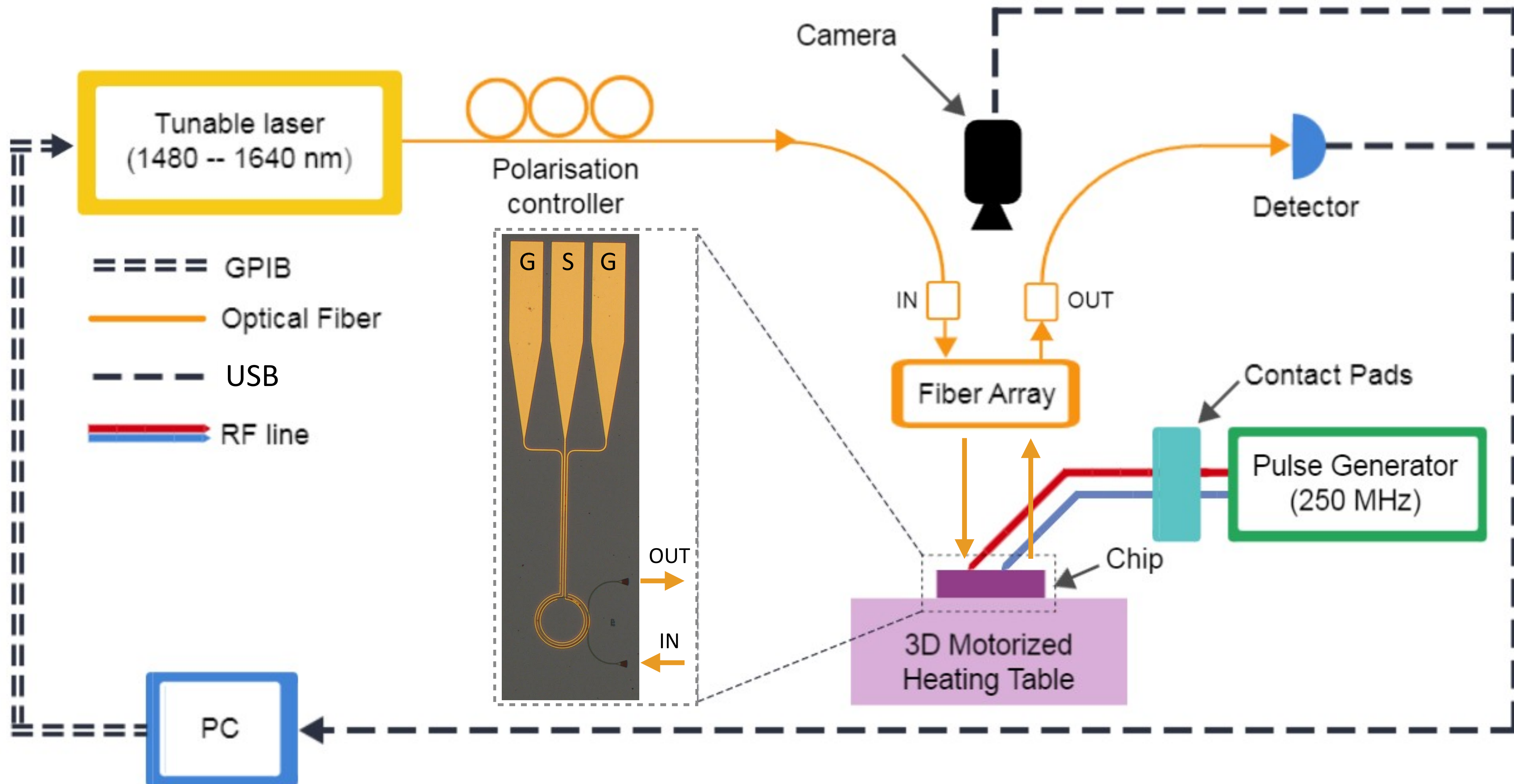


Определение смещения длины волны пика от приложенного напряжения



Величина смещения интерференционного пика составила 4 пм/В

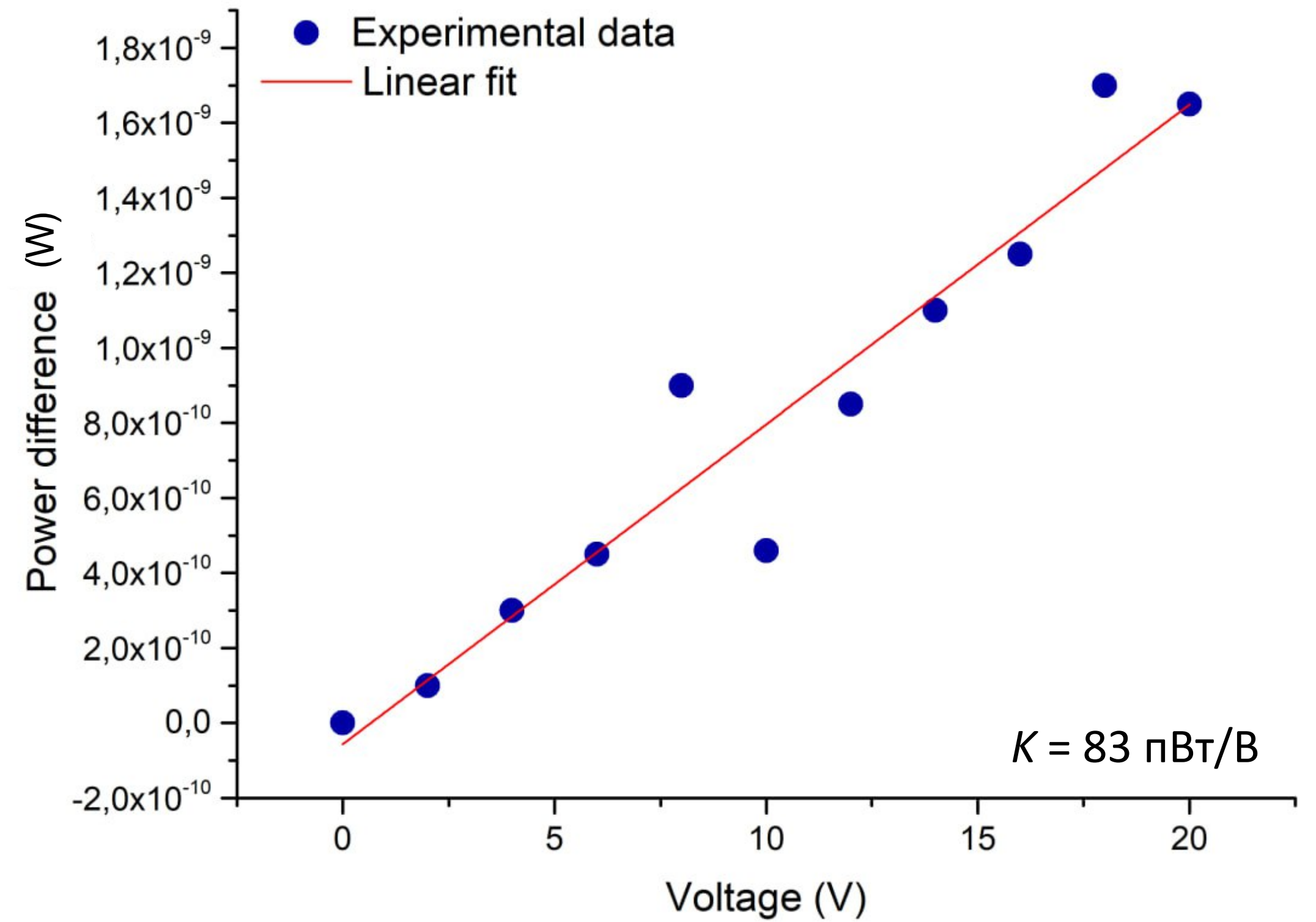
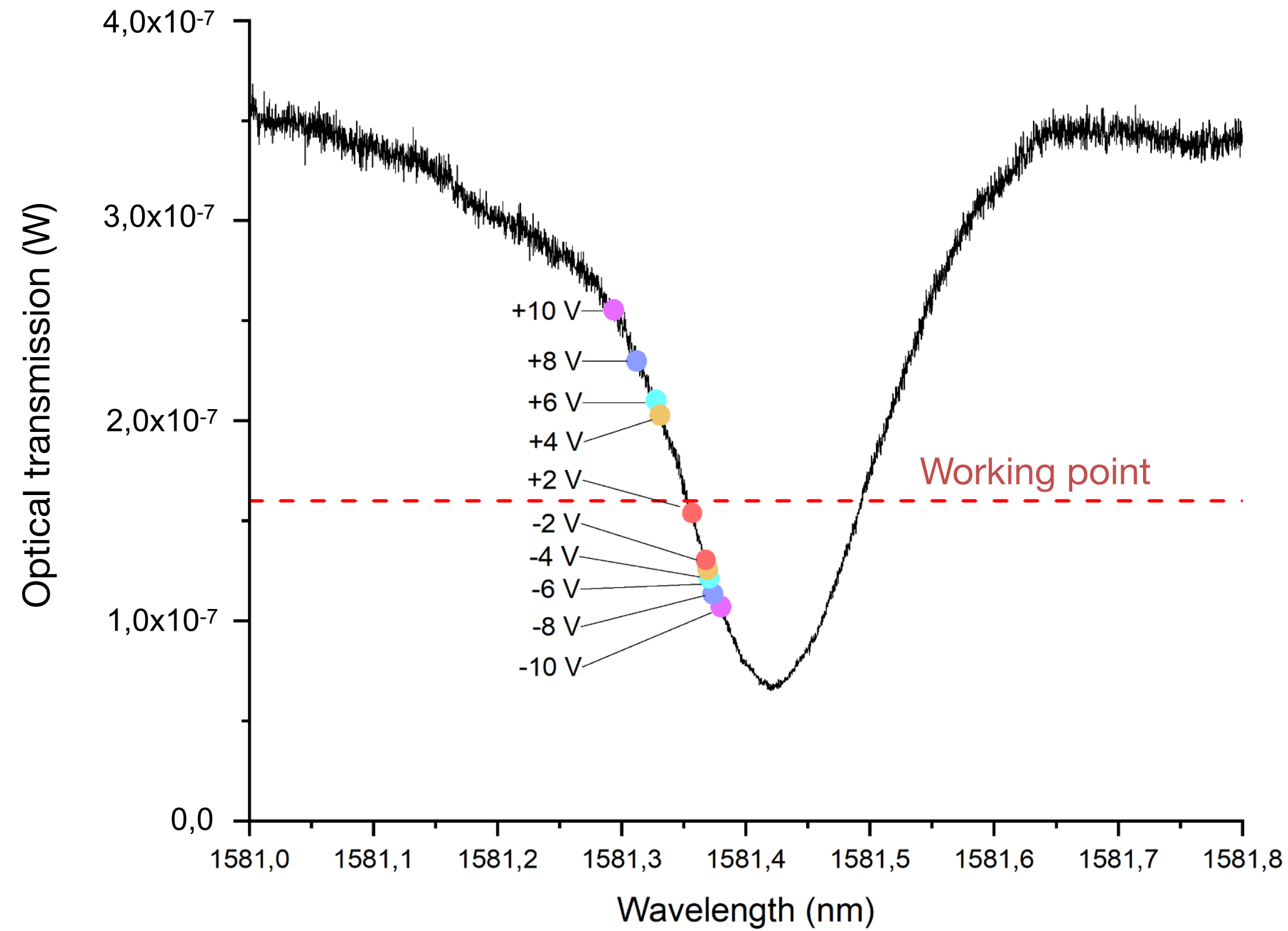
Определение глубины модуляции от приложенного потенциала

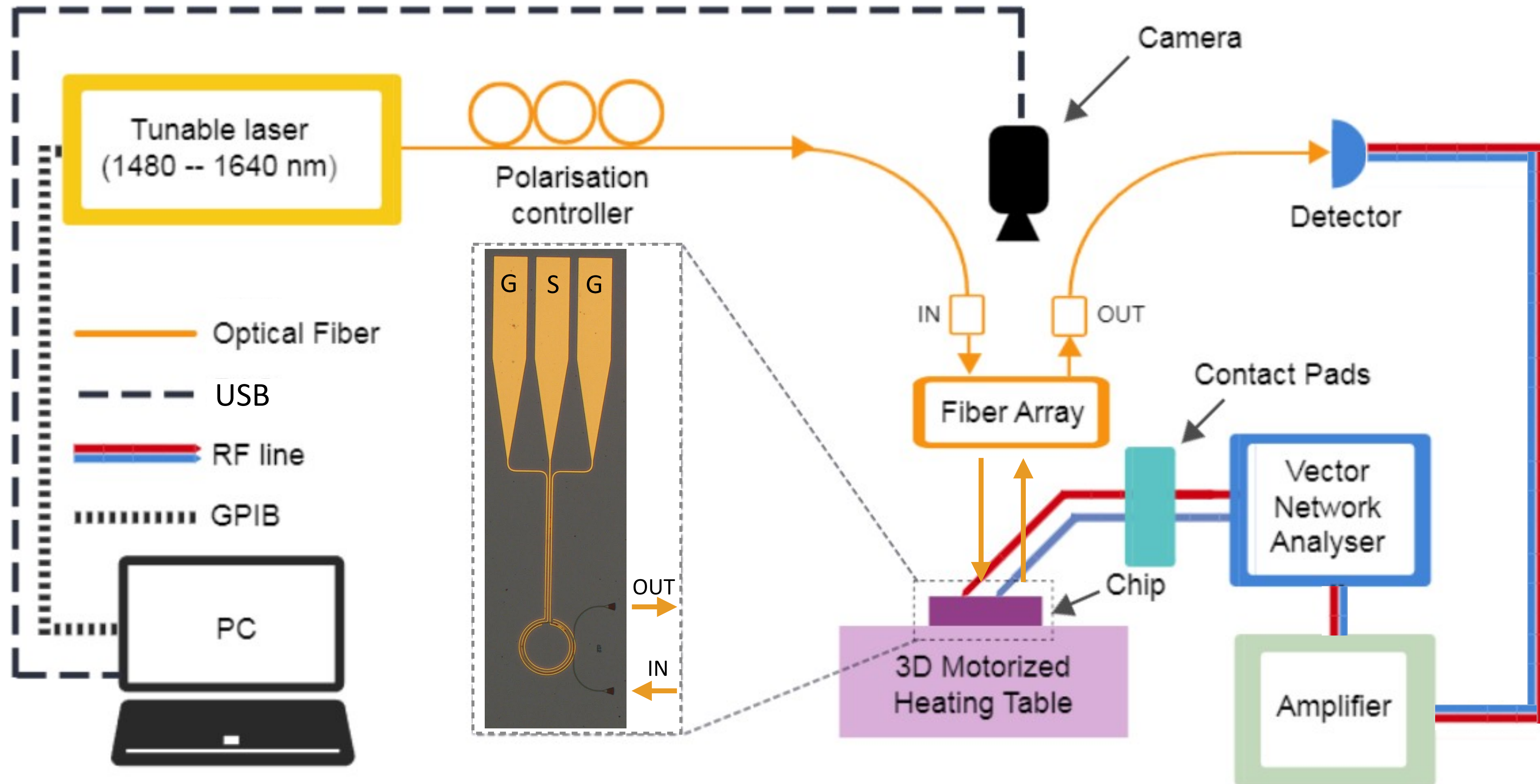




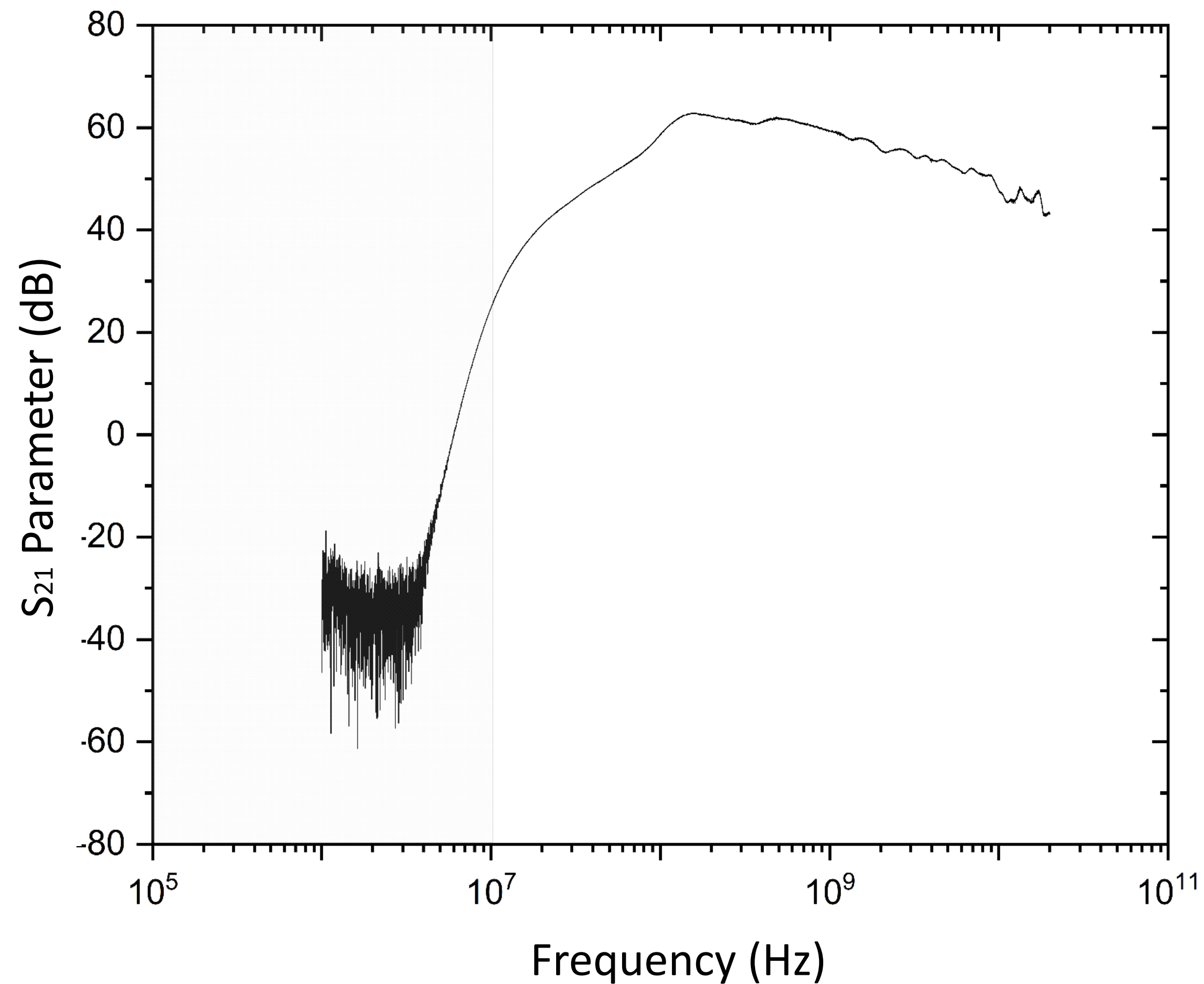
Определение глубины модуляции от приложенного потенциала

ДЭИ МИЭМ НИУ ВШЭ

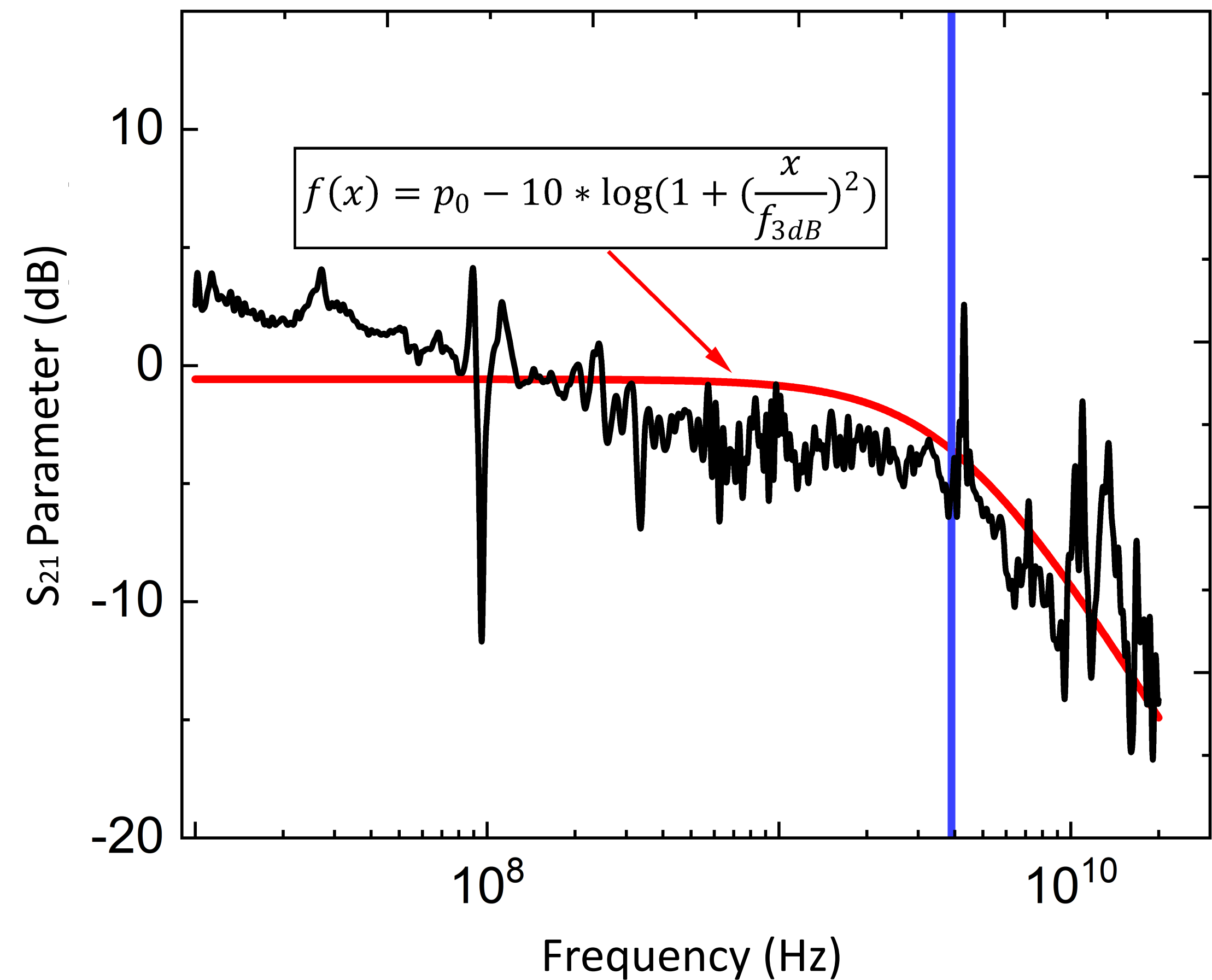




electrical circuit calibration



normalised signal



Полоса пропускания составила 3,9 ГГц



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Адрес: г. Москва, ул. Таллинская 34