

“Исследование потерь в оптоволокне для детектора ВВС”

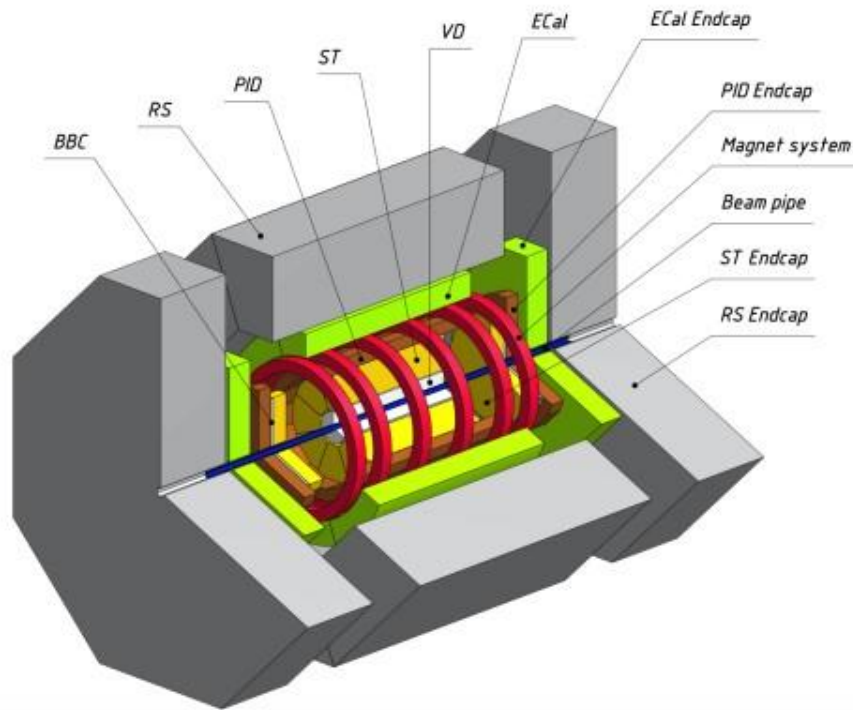
Научный руководитель:

Доцент П.Е.Тетерин

Выполнил: А.Д. Манаконов

Основные задачи и устройство эксперимента SPD

- Задачи эксперимента: изучить неполяризованные и поляризованные глюоны используя различные способы, а так же полный момент глюона и изучении спиновой структуры протона и дейтерона.



BBC – луч-луч счетчик

RS – мюонная система детектирования

PID -Система учета времени полета

ST- Система слежения на основе тонкой трубки

VD – детектор амплитуд

Ecal -пробоотборным электромагнитным калориметром

Ecal Endcap –торцевая крышка Ecal

PID Endcap - торцевая крышка PID

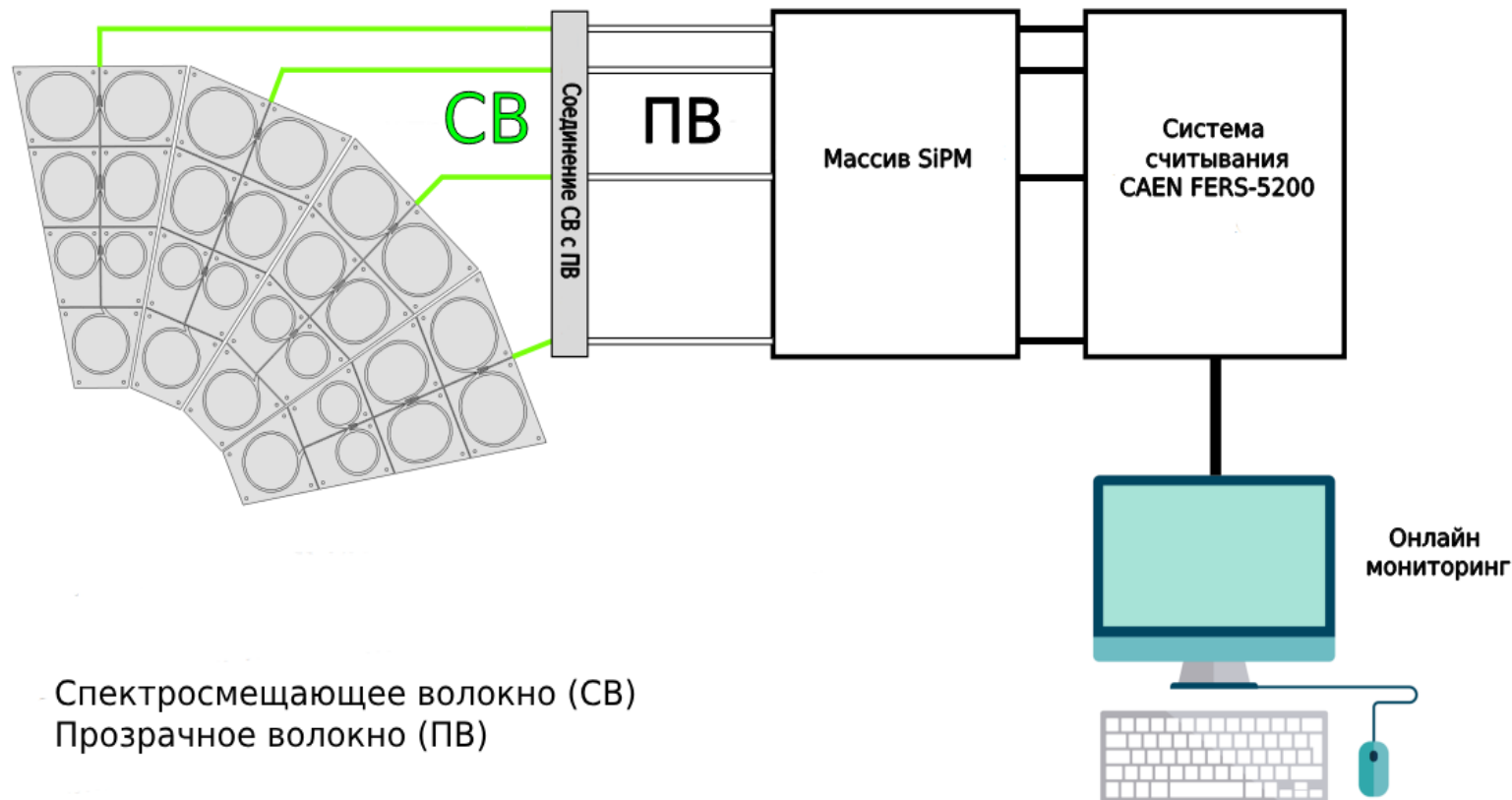
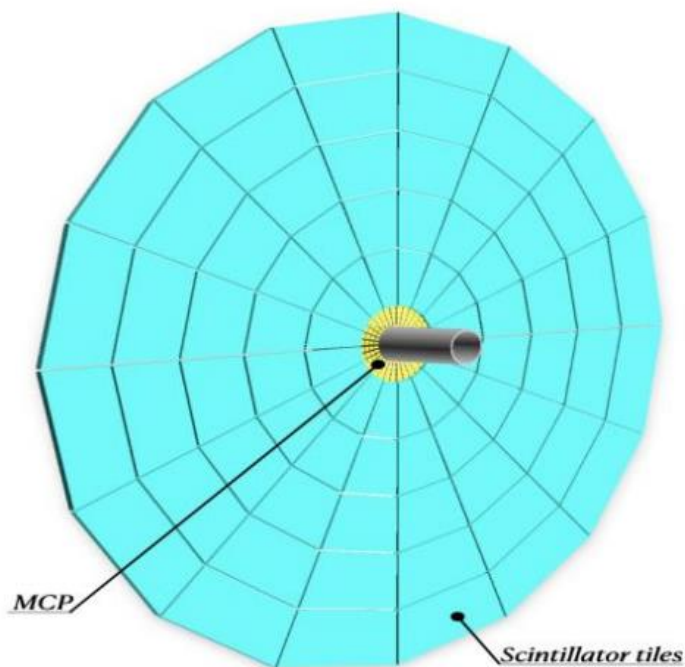
Magnet system –магнитная система

ST ENDcap – торцевая крышка системы слежения на основе тонкой трубки

Основной целью локальной поляриметрии в SPD: постоянный контроль поляризации луча

Один из способов управления протонным пучком - это измерение азимутальной асимметрии инклюзивного образования заряженных частиц при столкновении поперечно поляризованных протонных пучков.

ВВС



Спектросмещающее волокно (СВ)
Прозрачное волокно (ПВ)

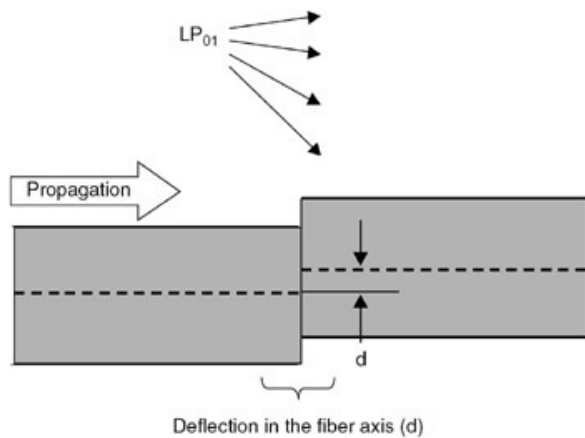
- 2 ВВС планируется установить перед TOF системой установки SPD симметрично относительно точки взаимодействия.
- Детектор будет состоять из внутренней MCP и внешней части из быстрых сцинтилляционных элементов.

Основные задачи ВВС:

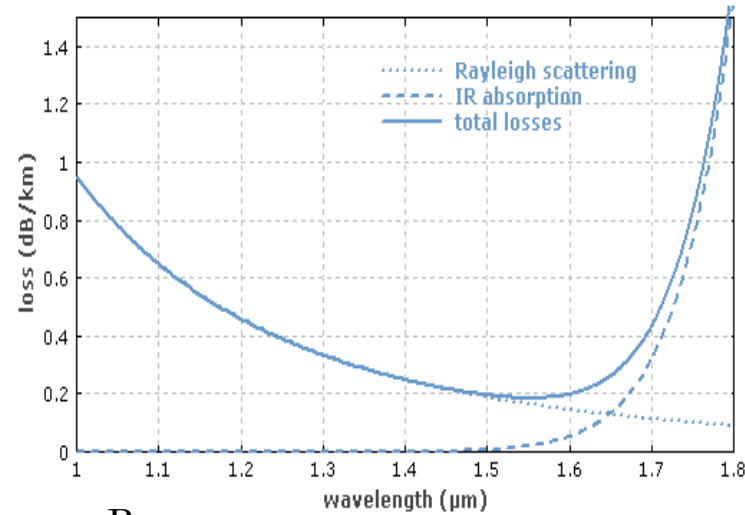
- Локальная поляриметрия в SPD, основанная на измерениях азимутальных асимметрий поляризованных протонных пучков;
- Мониторинг столкновений пучков;

Потери в оптоволокне при его изгибе

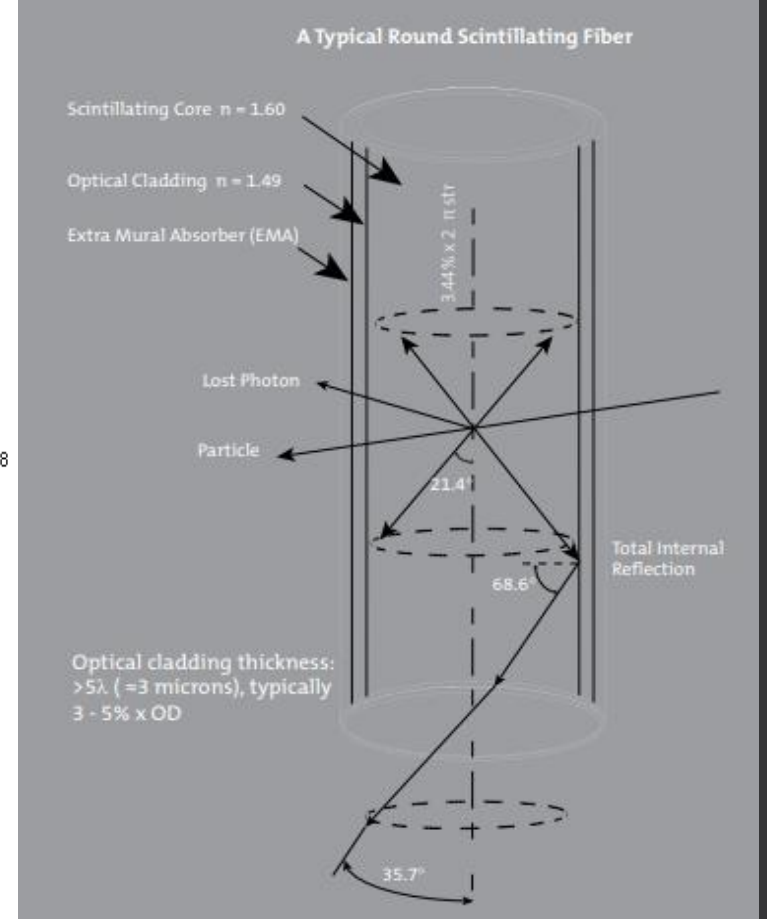
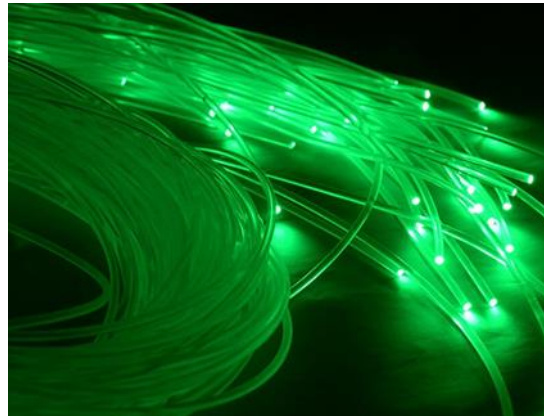
- Виды потерь:
- Внутреннее поглощение материала
- Рэлеевское рассеяние (линейное рассеяние)
- Потеря макроизгиба
- Потеря микроизгиба



Потери в оптоволокне при микроизгибе

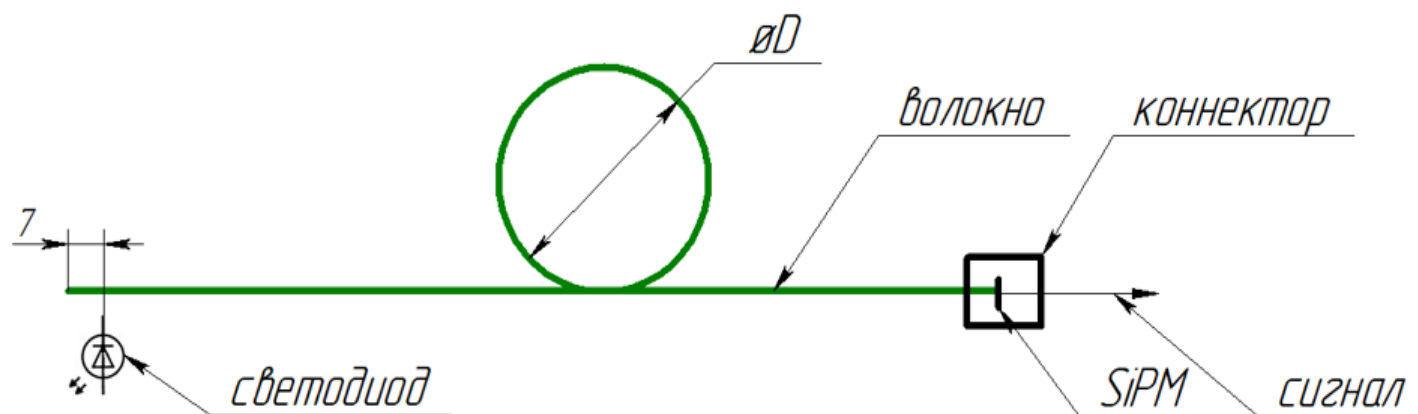


Внутренние потери волокна из аморфного стекла

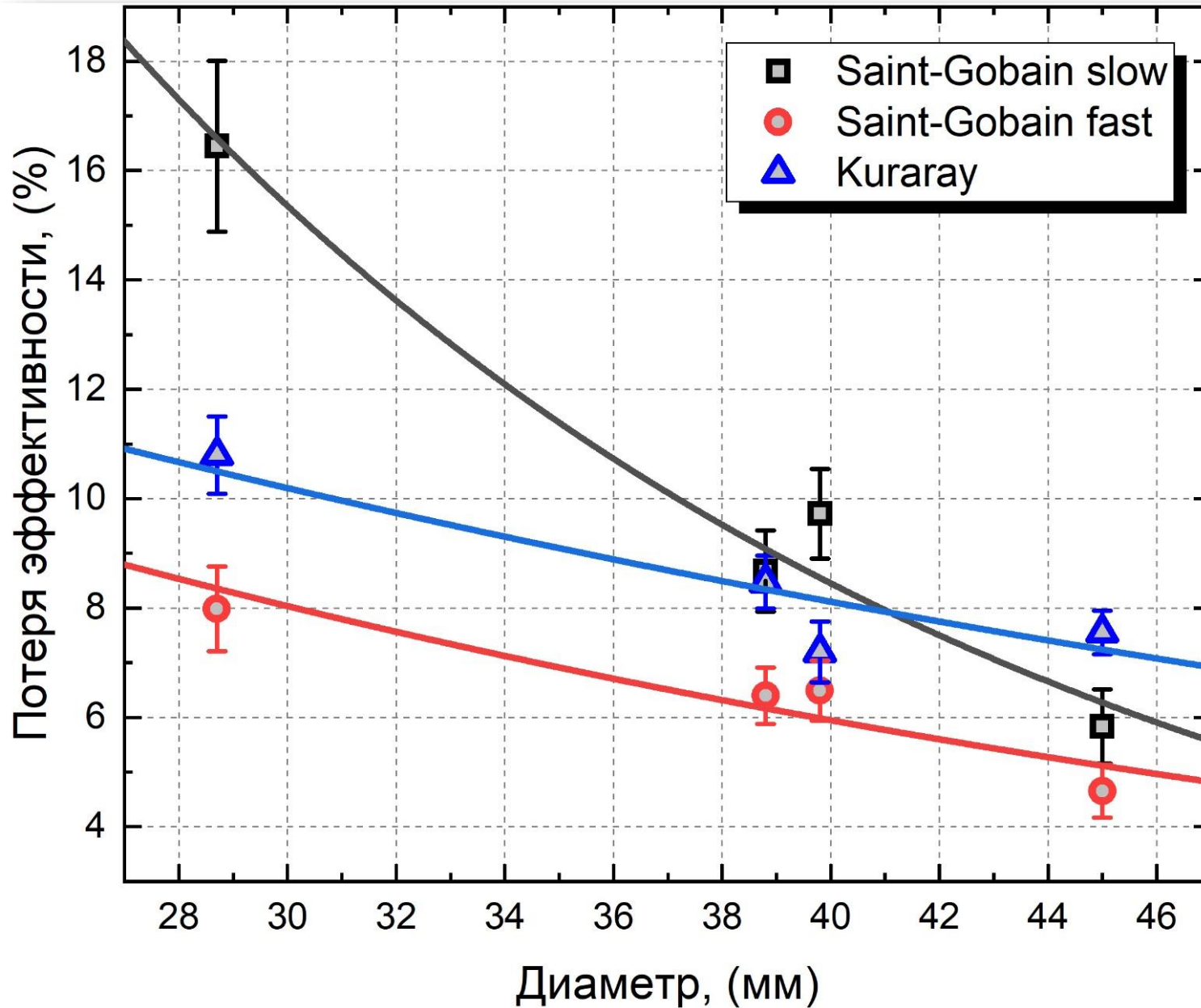


Процесс внутри волокна

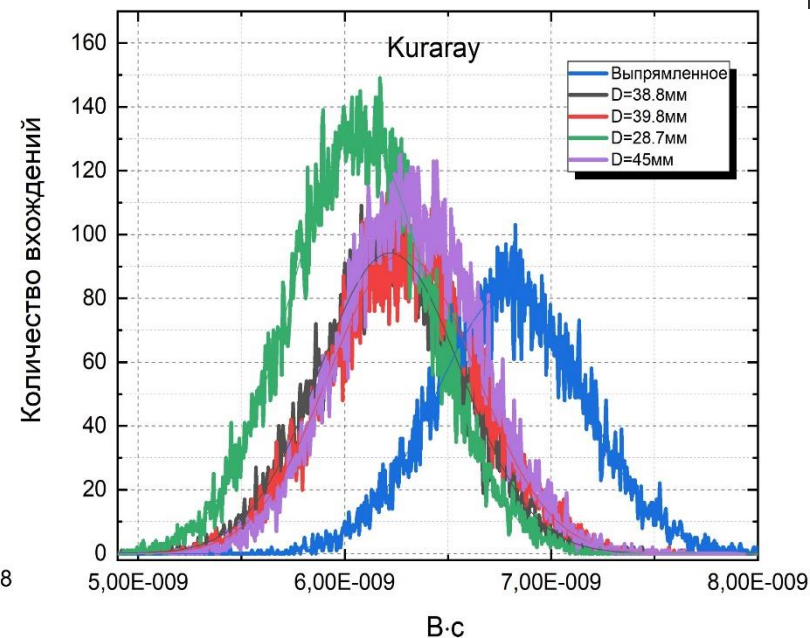
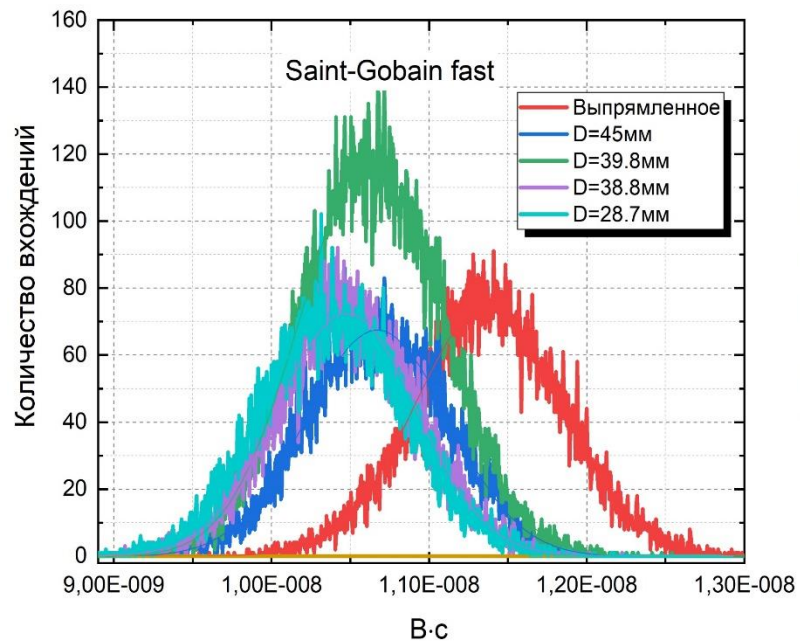
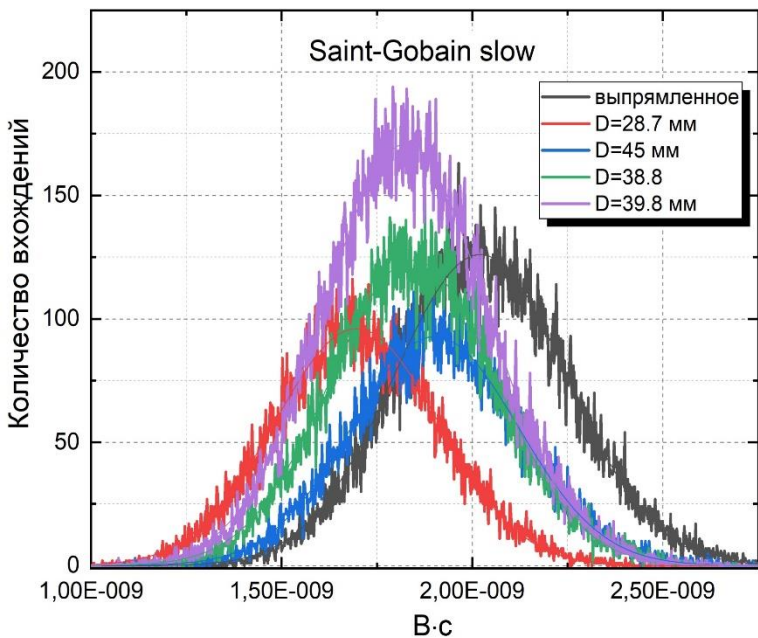
Схема измерений



Результаты измерений



Методика измерений



$$\eta_f = \left(1 - \frac{x_n}{x_0}\right) \times 100\%$$

η_f - потери эффективности от скручивания

x_n - мода распределения скрученного волокна

x_0 - мода распределения выпрямленного волокна

Δx - погрешность моды распределения (найдена из среднего отклонении мат ожидания распределения)

$\Delta \eta_f$ - погрешность потерь (найдена по погрешности косвенных измерений)

Эффективность прозрачного волокна марки Kuraray

- Для спектра испускания спектросмещающего волокна Kuraray Y-11, найдено среднее значение ($\lambda = 503 \text{ нм}$).
- Для этой длины волны были найдены удельные потери в прозрачном волокне Kuraray (α).
- Построен график зависимости эффективности Kuraray Clear (η) от длины выпрямленного волокна (x).
- $\eta(\%) = e^{-\alpha \cdot x} \cdot 100(\%)$.
- Найдена относительная длина волокна, на которой интенсивность света падает в e раз ($L_{\text{отн}} = 14.02 \text{ м}$)

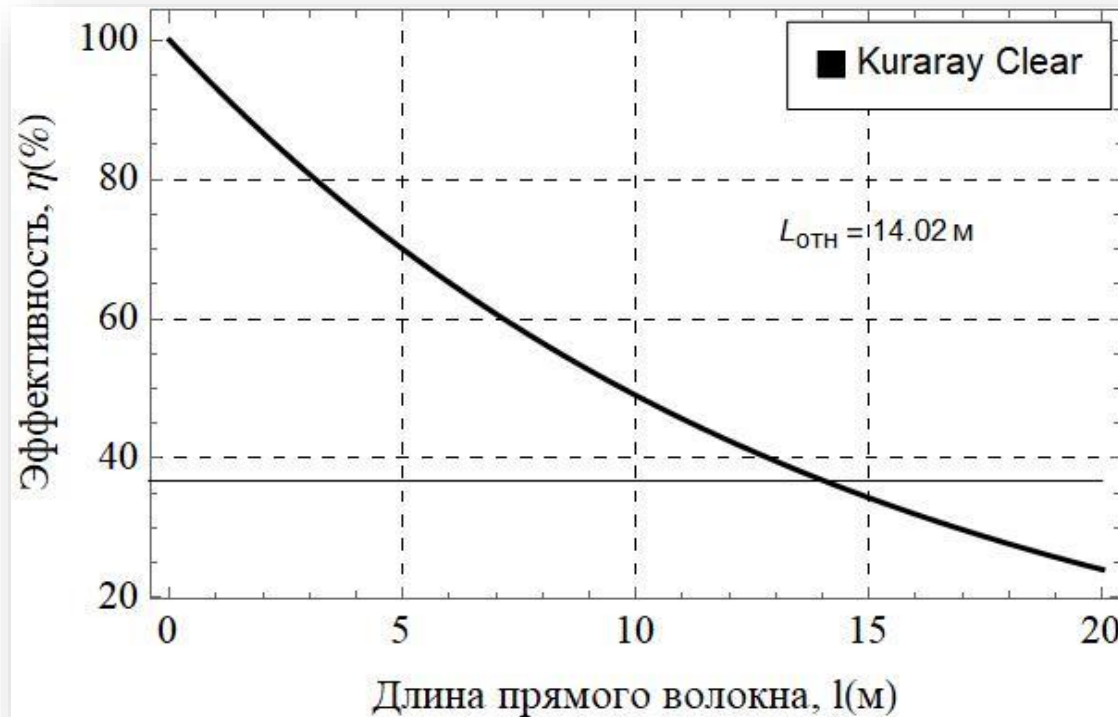
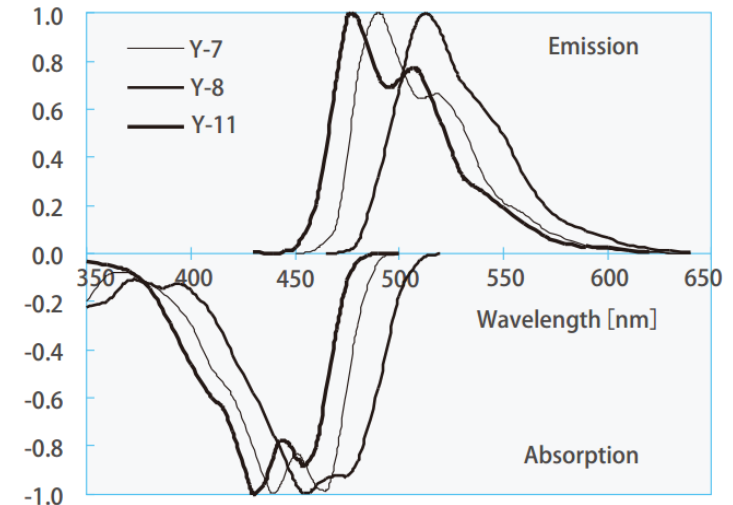


График эффективности прямого прозрачного волокна Kuraray Clear от длины

Y-7, Y-8, Y-11



Спектры испускания и поглощения волокон марки Kuraray (Y-11, Y-7, Y-11)

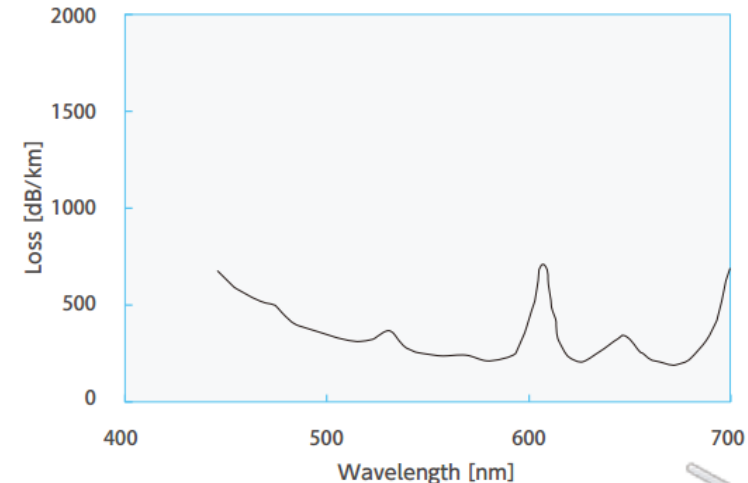
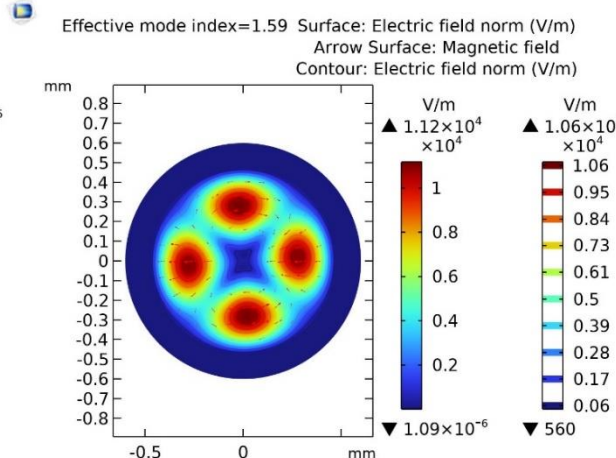
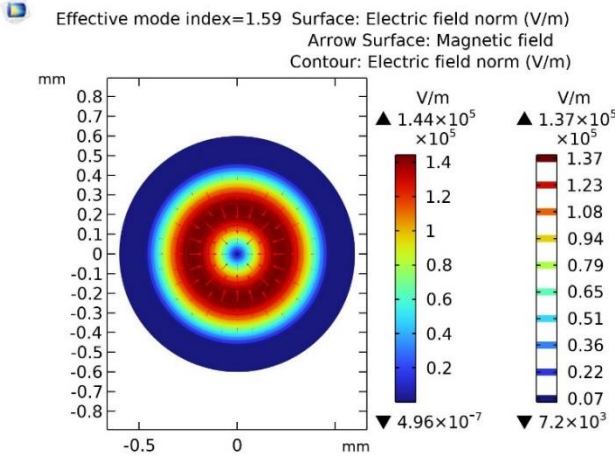
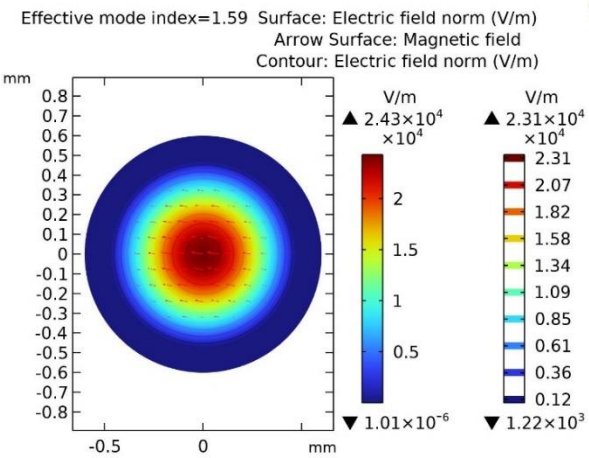
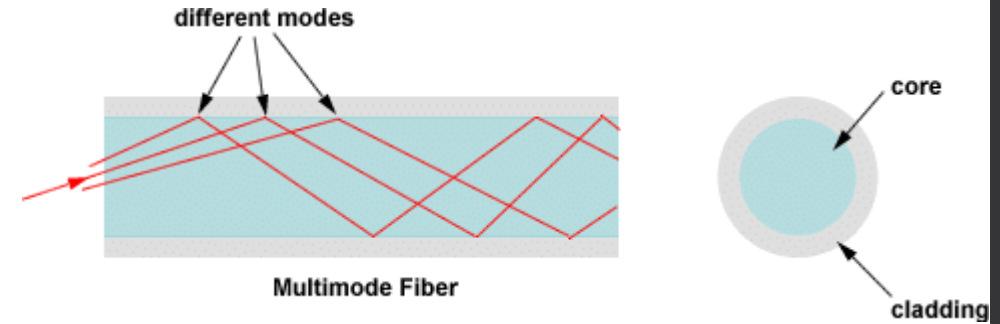


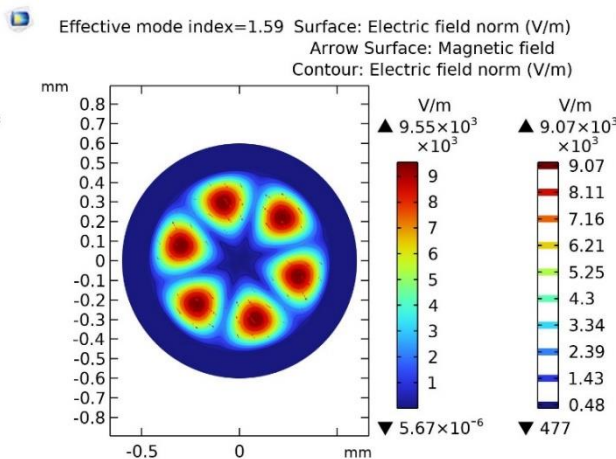
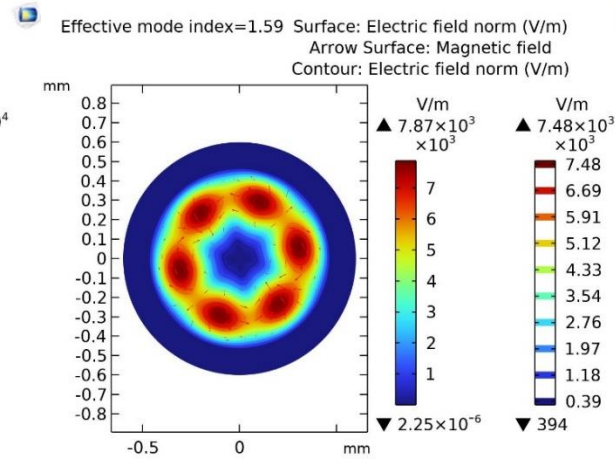
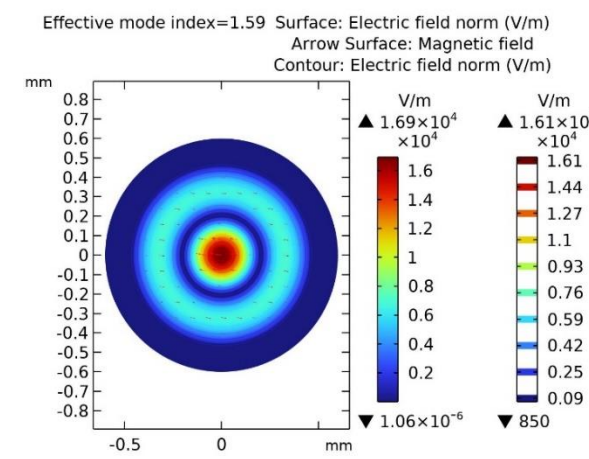
График удельных потерь для прозрачного волокна Kuraray Clear

Моды спектросмещающего волокна Kuraray

- $n_{core}=1.59$ $V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_{core}^2 - n_{clad}^2} \approx 3041$ (волноводный параметр)
- $n_{clad}=1.49$ $M = \frac{V^2}{2} \approx 4.6 \cdot 10^6$ (кол-во мод)
- a – радиус сердцевины волокна, $a=0.48$ мм



Мода — стабильное состояние электромагнитного поля внутри оптоволокна.



Моделирование потерь лучей света в оптоволоконне марки Kuraray в среде COMSOL

Этапы:

- Для геометрии спектросмещающего волокна марки Kuraray была создана 3D модель
- Сферический источник помещался внутрь волокна, испускал 1000 первичных лучей, вторичных 0
- Вокруг геометрии была задана сфера-счётчик вылетевших лучей при скручивании (N_{nout})
- Над источником был задан цилиндр-счётчик вылетевших лучей из волокна за счёт геометрии источника (N_{noise})
- Моделировалось скручивание радиуса R от 10 мм до 30 мм с шагом 5 мм
- Построена зависимость потерь света от R: $\eta(\%) = \frac{N_{out}}{1000 - N_{noise}} \cdot 100\%$

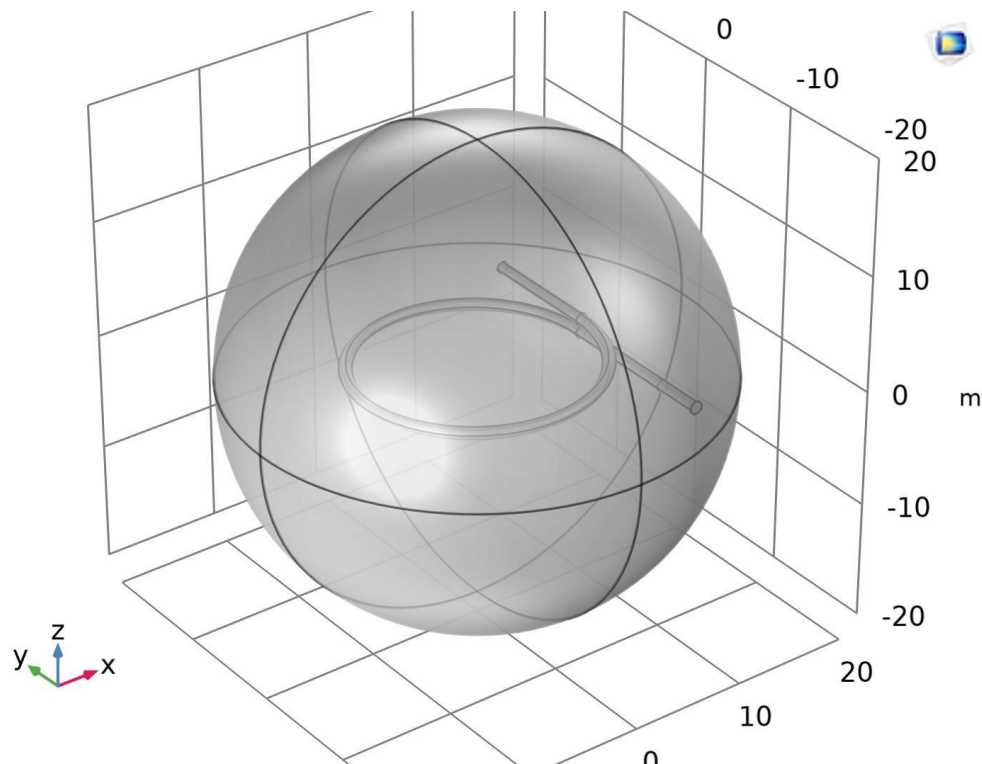


Схема моделирование волокна

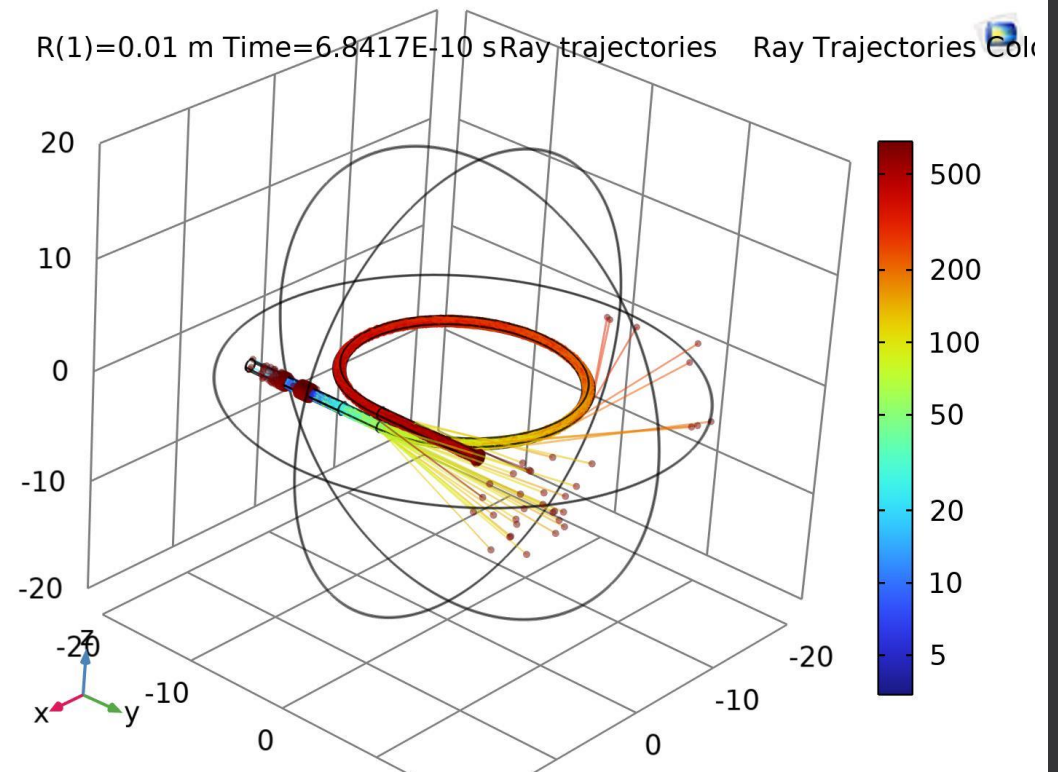
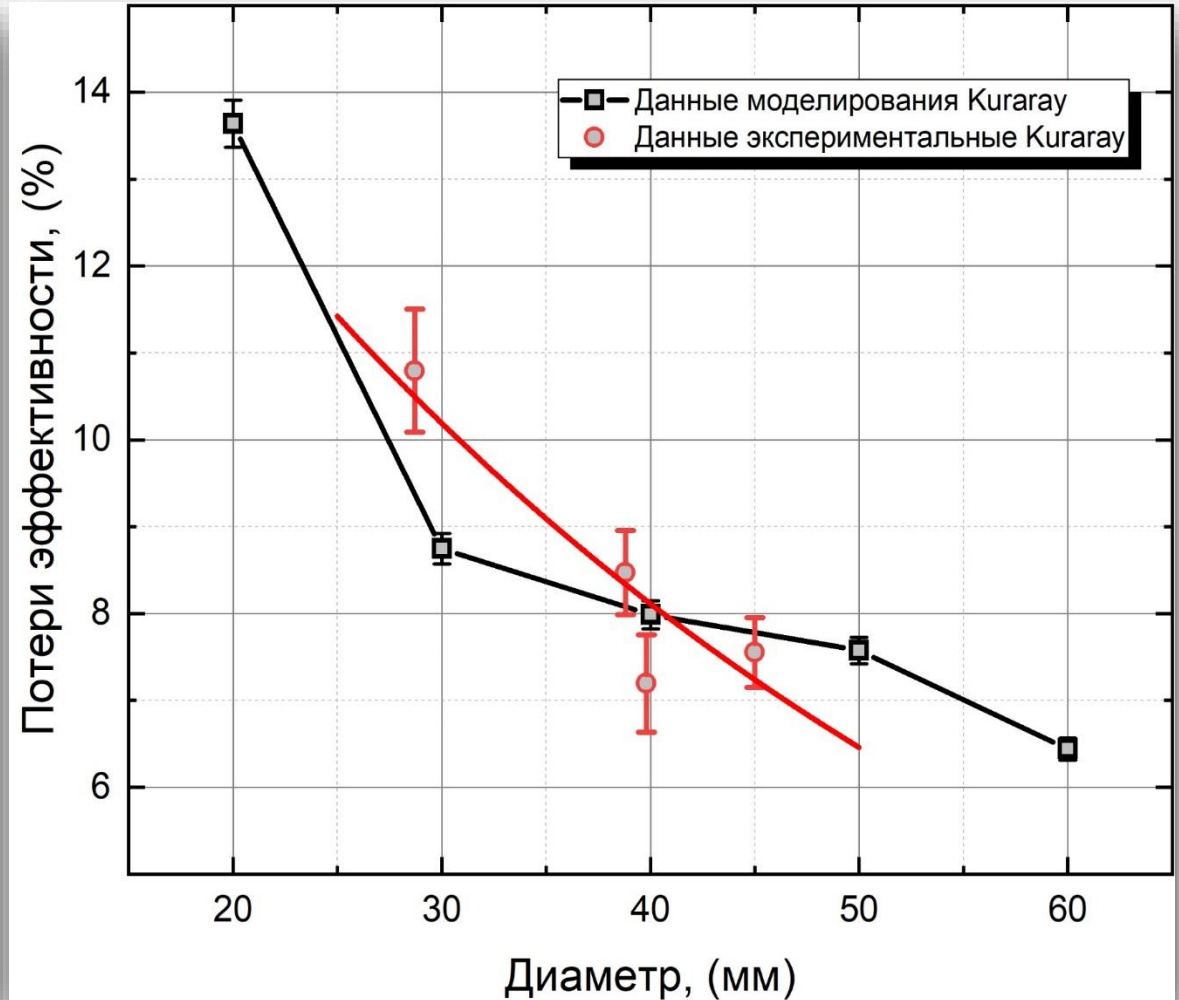
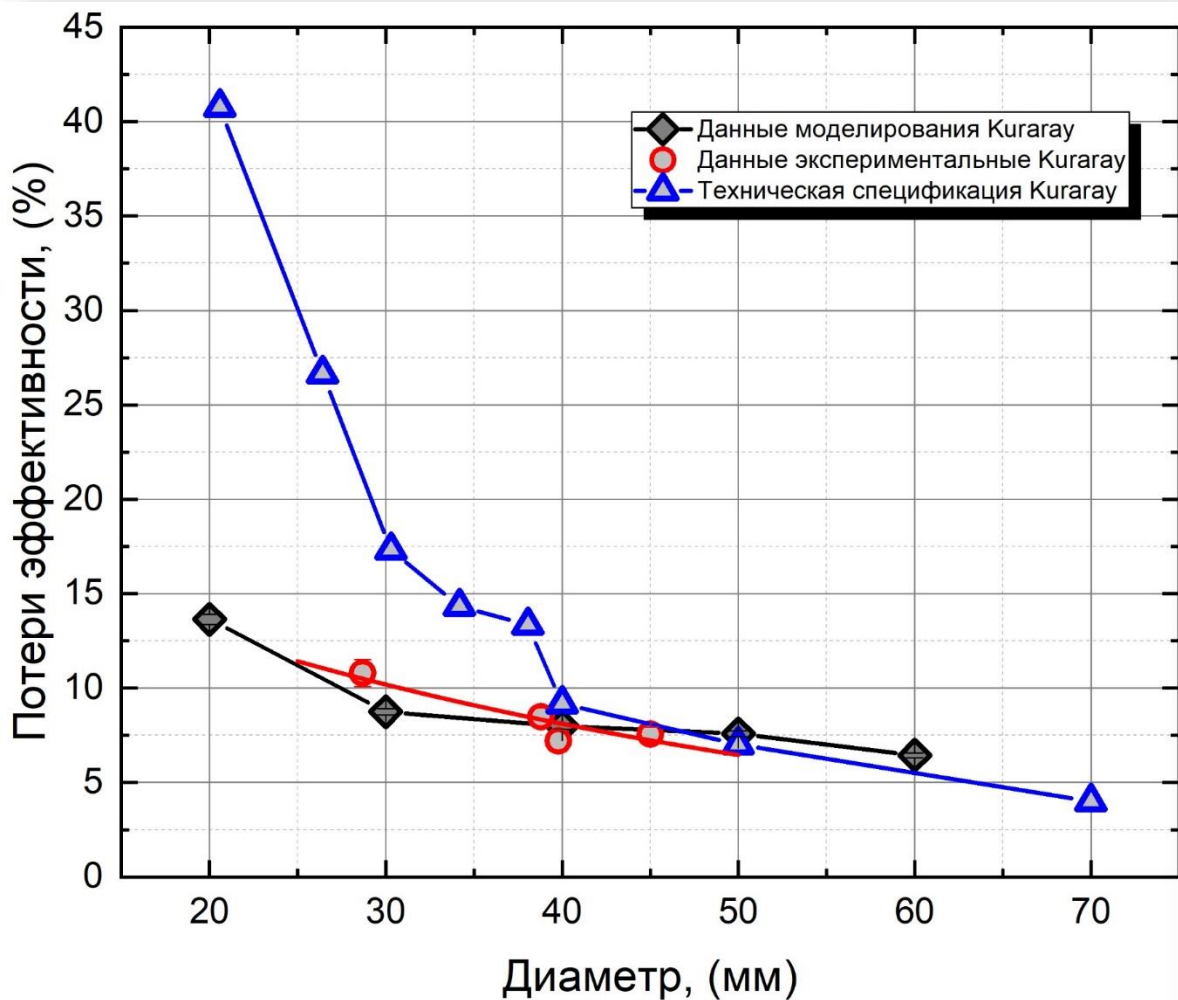


Фото с потерями света при скручивании

Сравнение результатов моделирования с экспериментальными и техническими данными



Выводы

- Изучена конструкция и назначение SPD детектора на NICA
- Произведен обзор литературы посвященной подобным оптоволоконам
- Изучена работа осциллографа Lecroy, генератора, источника питания
- Получены графики зависимостей потерь от скручивания оптоволокон для Saint Gobain-slow, fast и Kuraray
- Были сравнены потери от скручивания Saint Gobain-slow, fast и Kuraray
- Проведен модовый анализ для спектросмещающего и прозрачного оптоволокон марки Kuraray
- Построен график промоделированных данных потерь света в спектросмещающем оптоволокне марки Kuraray; данные были сравнены с экспериментальными и техническими
- Найдена относительная длина прозрачного волокна Kuraray, $L=14.02$ м