



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Разработка фотоприемной части восходящего канала связи по технологии Li-Fi

Лапа Николай Андреевич, L3430

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Лазеры для информационно-коммуникационных систем

- В ИТМО разработана система передачи информации со скоростью до 50 мегабит в секунду
- Большое внимание уделяется нисходящему сигналу, однако для полноценной работы важен и восходящий (нисходящий — от светильника к устройству, восходящий — от устройства к светильнику)
- Широкий спектр возможностей применения: текущие устройства, интернет вещей, уличное освещение — высокая пропускная способность, безопасность, отсутствие помех
- Использование стандартных компонентов = быстрое внедрение



Рисунок 1 — Компоненты Li-Fi системы, разработанной в ИТМО

Цель работы:

- Исследование и разработка приёмной части восходящего канала связи по технологии Li-Fi

Задачи:

- Сделать обзор компонентной базы, выбрать фотодиод (ФД) и линзы;
- Сделать модель оптической схемы приёмника;
- Выполнить расчёт оптической системы приёмника;
- Расчётным путём оценить пропускную способность канала связи;
- Провести измерение коэффициента отражения от приёмника.

Параметры фотодиодов:

- Полупроводниковый материал;
- Интервал регистрируемых длин волн;
- Размер активной области;
- Темновой ток;
- Чувствительность;
- Тип корпуса

Выбранный фотодиод:

Thorlabs FDGA05

- InGaAs
- 800–1700 нм
- 0.196 мм²
- 6 нА
- 0.95 А/Вт
- Стандартный TO-46

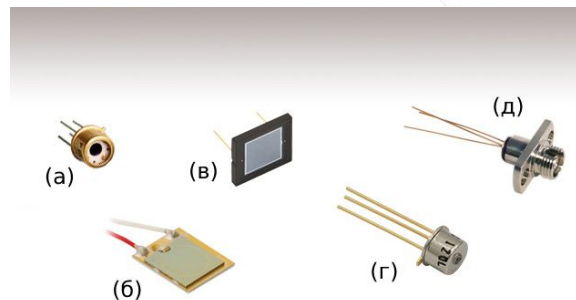


Рисунок 2 — Примеры фотодиодов, производимых компанией Thorlabs



Рисунок 3 — Выбранный фотодиод FDGA05

| | Object Type | Comment | Ref Object | Inside Of | X Position | Y Position | Z Position | Tilt About X | Tilt About Y | Tilt About Z | Material | Radius 1 | Conic 1 | Clear 1 | Edge 1 | Thickness | Radius 2 | Conic 2 | Clear 2 | Edge 2 |
|---|------------------|----------|------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|---------|---------|--------|-----------|----------|---------|---------|--------|
| 1 | Source Diode | FPL1055T | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | - | 10 | 5E+06 | 0.300 | 0 | 0 | 0.000 | 12.740 | 1.000 | 23.781 |
| 2 | Annulus | FDGA05 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 100.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ABSORB | 2.300 | 2.300 | 1.250 | 1.250 | | | | | |
| 3 | Cylinder Pipe | FDGA05 | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ABSORB | 2.300 | 4.900 | 2.300 | | | | | | |
| 4 | Standard Lens | | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | -15.860 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | LZ_K8 | 8.500 | 0.000 | 6.500 | 6.500 | 3.300 | 0.000 | 0.000 | 6.500 | 6.500 |
| 5 | Detector Surface | FDGA05 | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.250 | 0.000 | 16 | 8 | 0 | 0 | 0 |

Рисунок 4 — Оптическая система с линзой в Zemax. В качестве источника выбран ЛД FPL1055T, параметры ЛД и ФД выбраны исходя из заводских параметров компонентов. Параметры линзы: радиус поверхности 8.5 мм, диаметр 13 мм, толщина 3.3 мм, стекло K8 ($f = 16.96$ мм). Стекло прозрачно в ИК-диапазоне, остальные параметры не влияют значительно на систему.

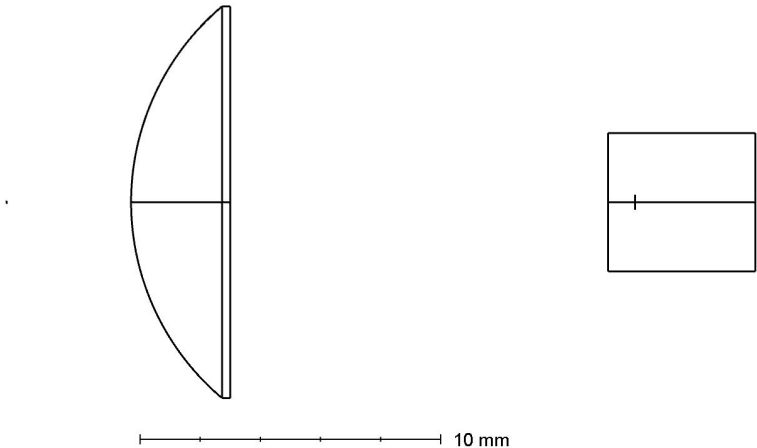


Рисунок 5 — Вид системы оптической системы сбоку. Слева (маленькая точка) — площадка ЛД FPL1055T с размерами 1 мм * 0.5 мм, мощность — 300 мВт, длина волны 1550 нм, справа — ФД в корпусе. Посередине плосковыпуклая собирающая линза.

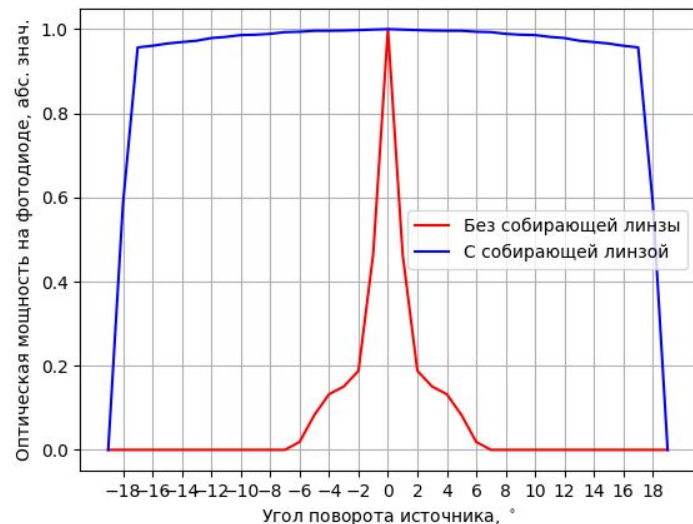


Рисунок 6 — Зависимость абсолютного значения оптической мощности на ФД от угла поворота ЛД. Красная линия — система без линзы, синяя линия — система с линзой

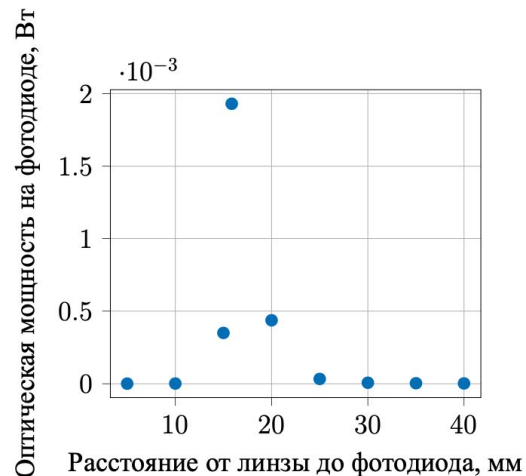


Рисунок 7 — Зависимость оптической мощности на ФД от расстояния между ФД и линзой: результаты симуляции показаны синими точками, наибольшая мощность достигается, когда ФД находится в фокусе линзы (разница в ~ 10 раз)



Рисунок 8 —
Фотография
фотодиода
FDGA05 сверху

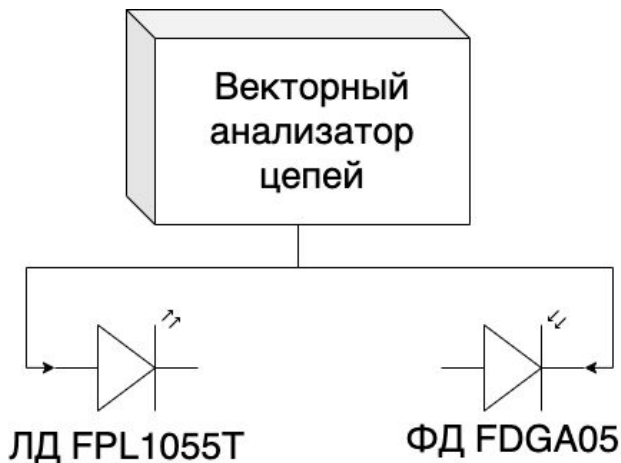


Рисунок 9 — Схема экспериментальной установки.
Векторный анализатор цепей Rohde & Schwarz ZVA
40 соединен с ФД и ЛД через SMA-разъём

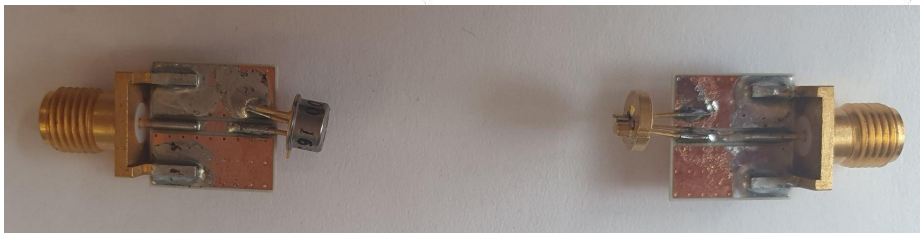


Рисунок 10 — Фотография фотодиода FDGA05 и
лазерного диода FPL1055T на микросхемах с SMA-
коннектором

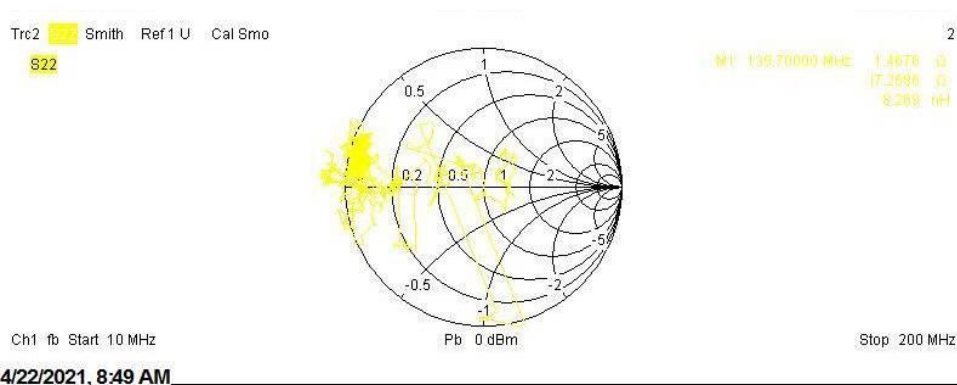


Рисунок 11 — Диаграмма Смита для ФД FDGA05

$$f_{BW} = \frac{1}{2\pi R_L C_j} = 318.31 \text{ МГц}$$

Уравнение 1— Уравнение для расчёта канала пропускания фотодиода. Здесь R_L — сопротивление нагрузки (50 Ом), C_j — ёмкость фотодиода (10 пФ)

В результате работы было получено:

- Построенная модель позволяет рассчитывать потери оптической мощности, получаемой фотодиодом в зависимости от угла наклона, углов расходимости источника;
- Установка собирающей линзы на фокусном расстоянии от фотодиода позволяет увеличить мощность, собираемую на фоточувствительной площадке в 10 раз;
- С точки зрения работы в высокочастотном тракте, фотодиод представляет собой рассогласованную по сопротивлению нагрузку, поэтому сигнал переотражается и без схемы согласования не удаётся детектировать высокочастотный сигнал и исследовать амплитудно-частотную характеристику.

Следующие шаги:

1. Согласование фотодиода по сверхвысоким частотам;
2. Измерение пропускной способности фотодиода;
3. Исследовать возможность применения просветляющих покрытий и светофильтров для улучшения качества связи.

Спасибо за внимание!

www.ifmo.ru

ITsMO^{re} than a
UNIVERSITY