

Трехслойные наноструктуры интерференционных фильтров Фабри-Перо высокого разрешения

Денисов А.А.

Руководитель: Шахнов В.А., д.т.н., проф. кафедры ИУ4

МГТУ им. Н.Э.Баумана

Цель работы

Цель работы:

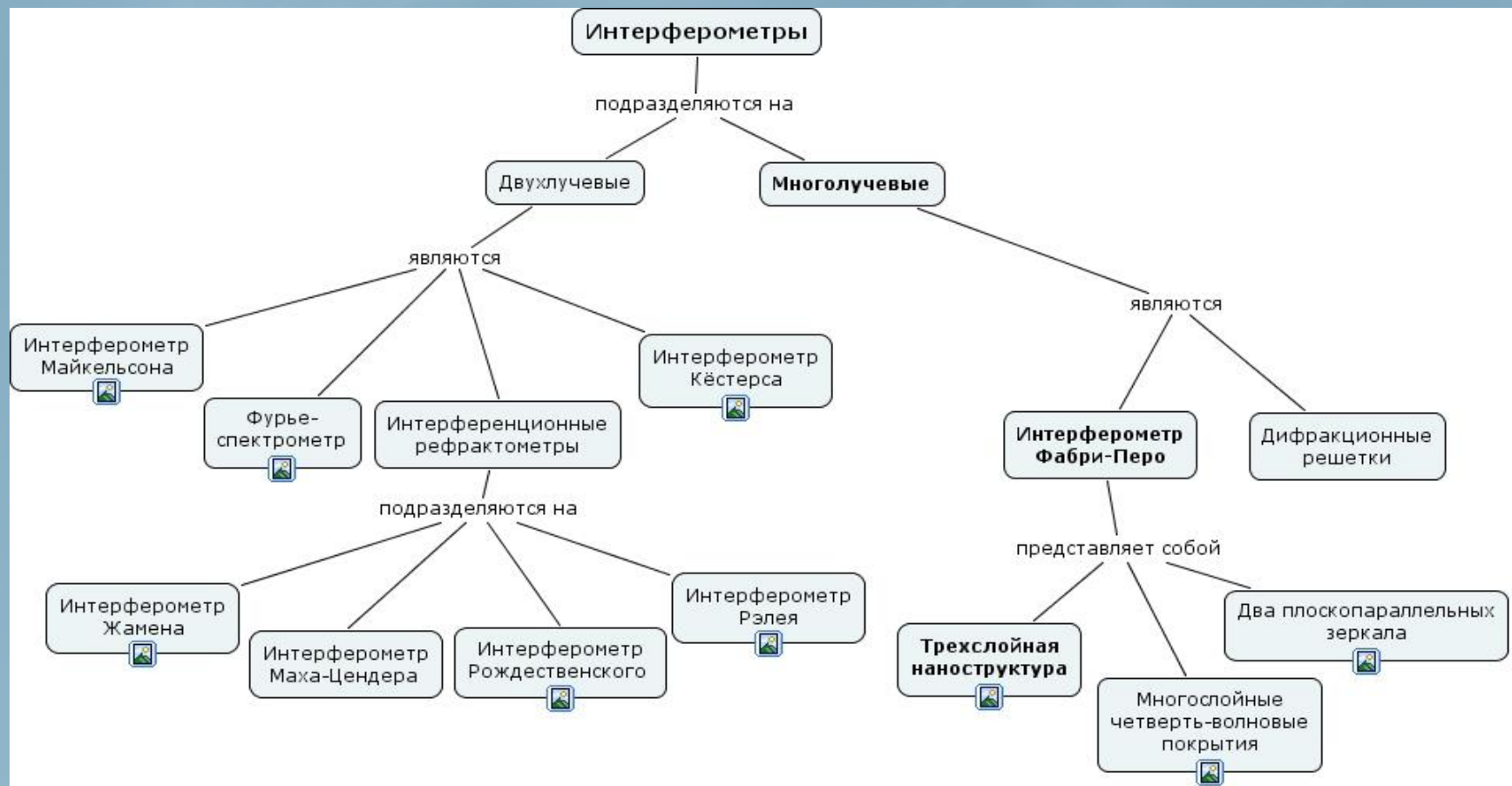
- Разработка конструкции и технологии изготовления трехслойного интерференционного фильтра Фабри-Перо высокого разрешения в виде тонкопленочной наноструктуры $Al-SiO_2-Al$

Решаемые задачи:

- Анализ методов и средств реализации интерференционных измерительных систем, разработка классификации современных интерферометров
- Разработка и исследование математической модели трехслойного интерференционного фильтра Фабри-Перо
- Формализация требований к материалам и разработка технологического процесса создания трехслойного фильтра
- Получение образцов трехслойных интерференционных фильтров и проведение экспериментальных исследований их спектральных характеристик

Объект исследования

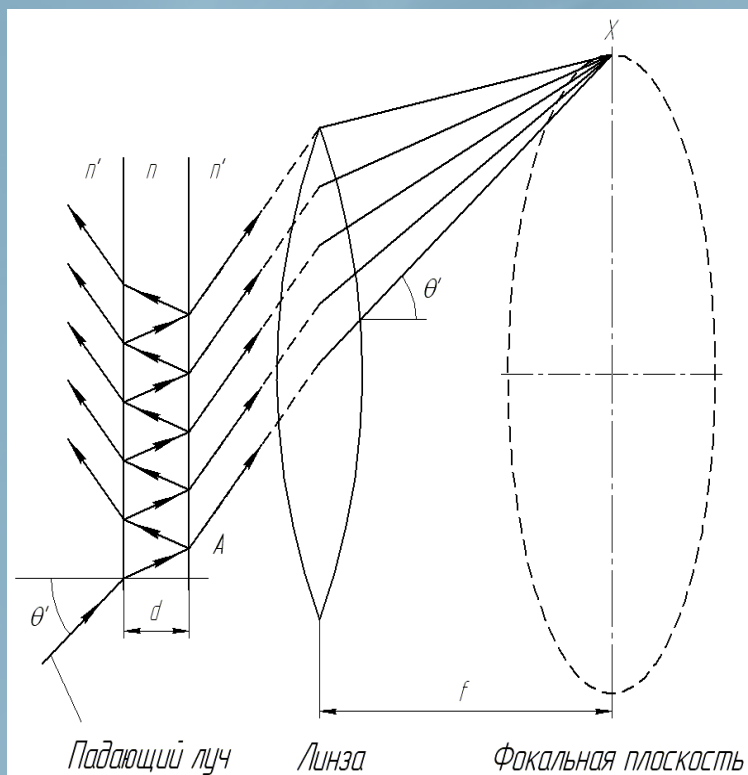
Интерферометры Фабри-Перо



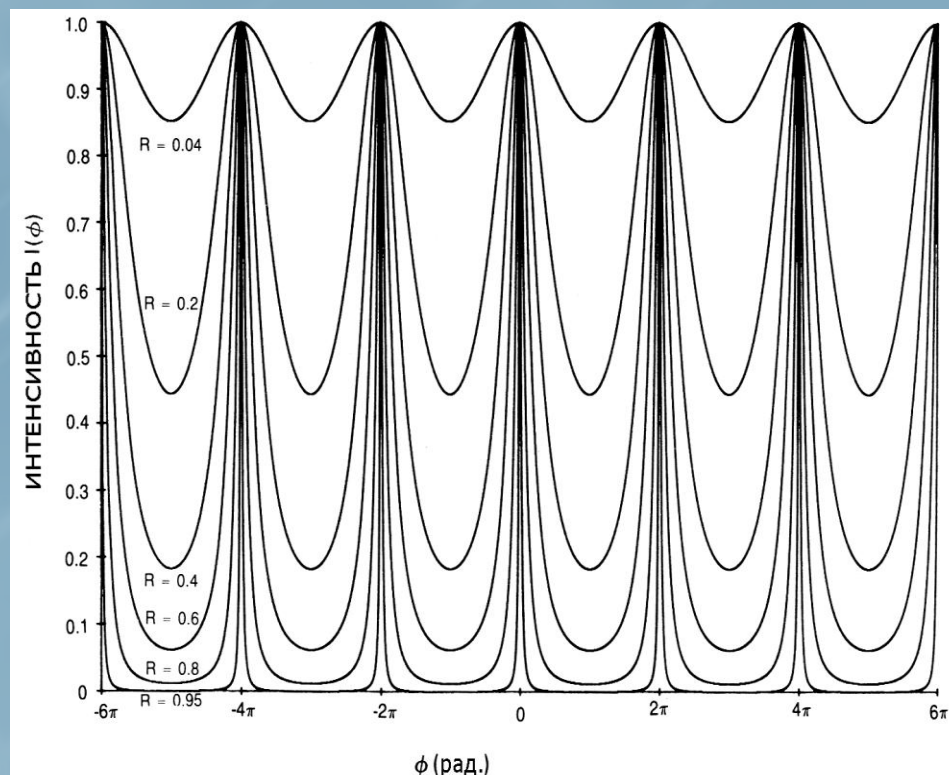
Классификация интерферометров в виде концептуальных карт СМАР

Объект исследования

Интерферометры Фабри-Перо



Многочувствительная интерференция



Распределение интенсивности излучения после прохождения фильтра ($d=1$ см, $n=1$)

Объект исследования

Интерференционные фильтры Фабри-Перо

Разрешающая способность:

$$\left| \frac{\lambda}{d\lambda} \right| = \frac{\pi \cdot S \cdot \sqrt{R}}{1 - R} = S \cdot N_R$$

S – порядок интерференции (число волн, укладываемых в среднем слое)

R – коэффициент отражения пластин

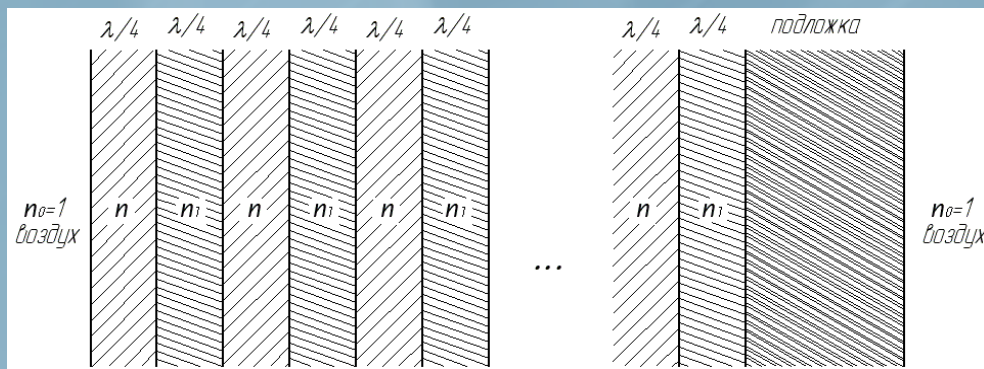
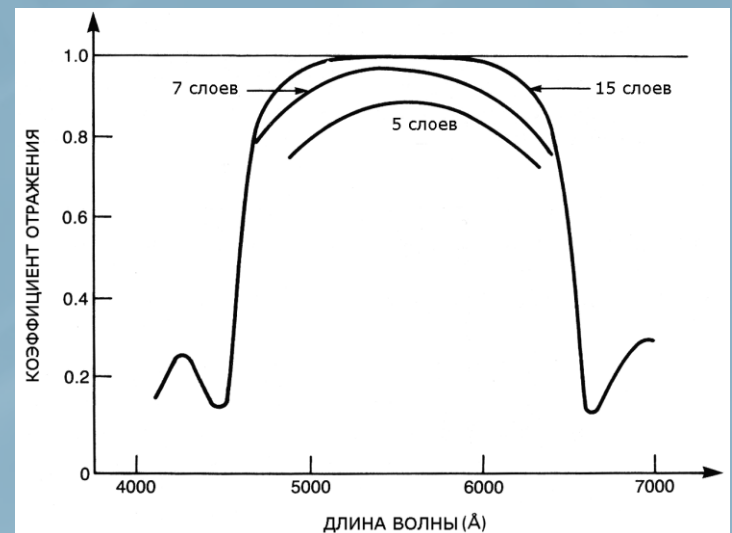


Схема N пар четверть-волновых тонких пленок для достижения высокого коэффициента отражения



Зависимость коэффициента отражения структуры от длины волны при разном числе слоев

Постановка задачи

Трехслойные интерференционные фильтры Фабри-Перо

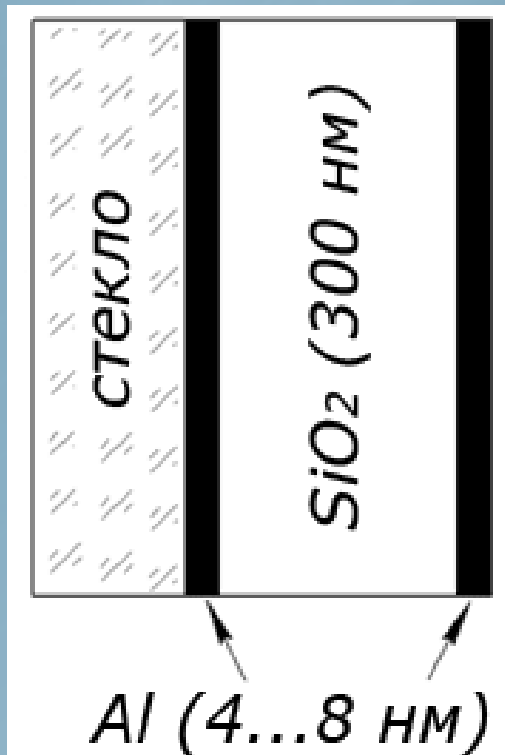
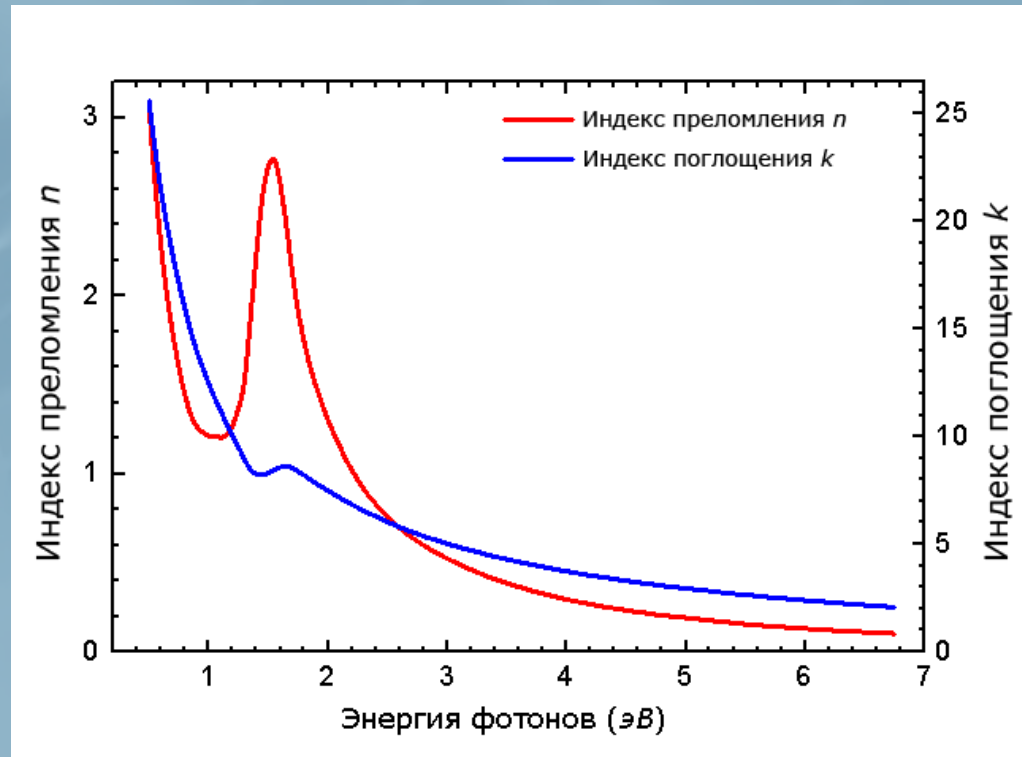


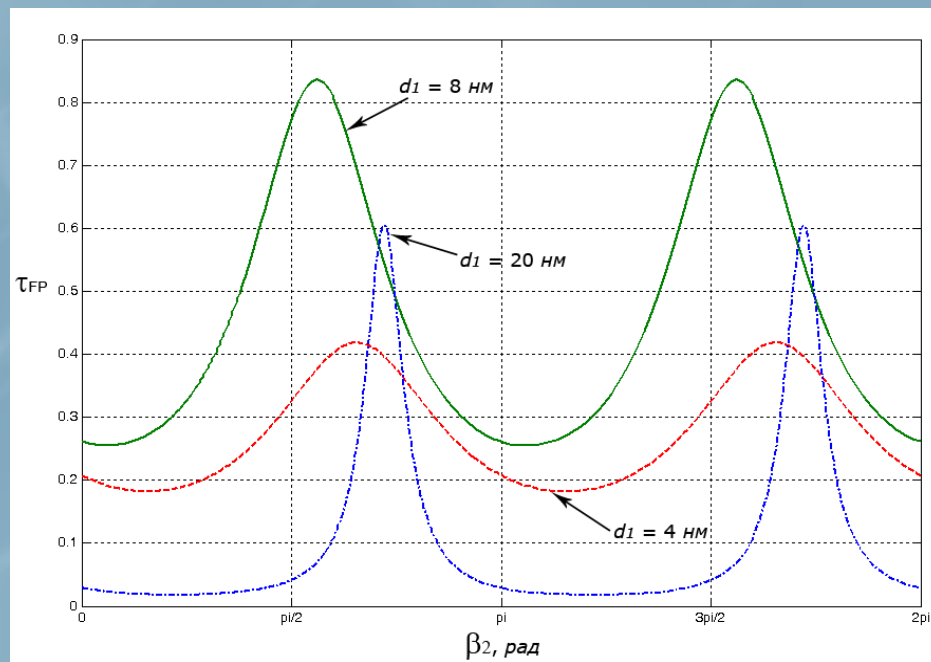
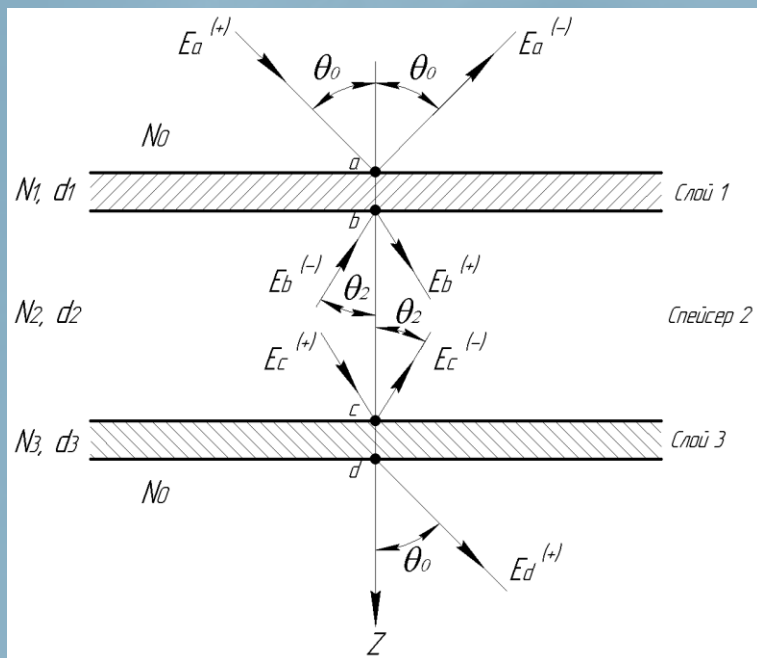
Схема трехслойного фильтра на основе металлических Al зеркал



Зависимость индексов преломления и поглощения металлического Al от энергии (длины волны) падающего излучения

Математическое моделирование

Трехслойные интерференционные фильтры Фабри-Перо



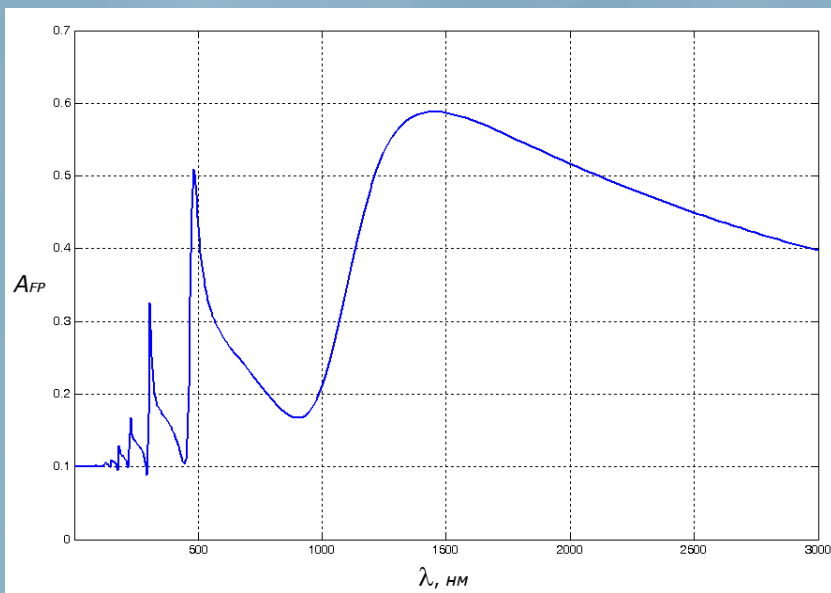
Сдвиг фазы
$$\beta_2 = \frac{2\pi}{\lambda} N_2 d_2$$

N_2 – показатель преломления спейсера
 d_2 – толщина спейсера

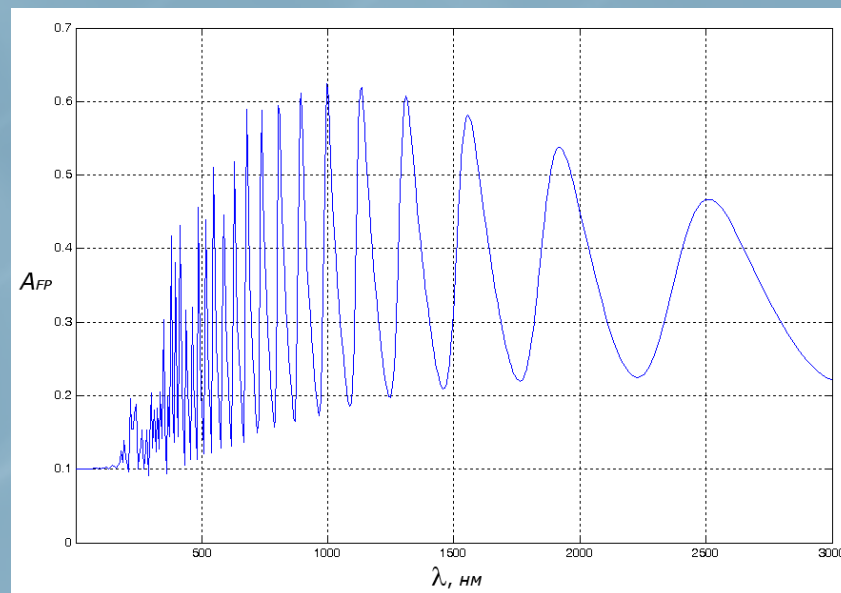
Зависимость коэффициента пропускания
 фильтра от сдвига фазы β_2 .
 Длина волны $\lambda = 690 \text{ нм}$

Математическое моделирование

Трехслойные интерференционные фильтры Фабри-Перо



Зависимость коэффициента поглощения
фильтра от длины волны.
Толщина спейсера 300 *нм*,
толщина слоев алюминия 10 *нм*



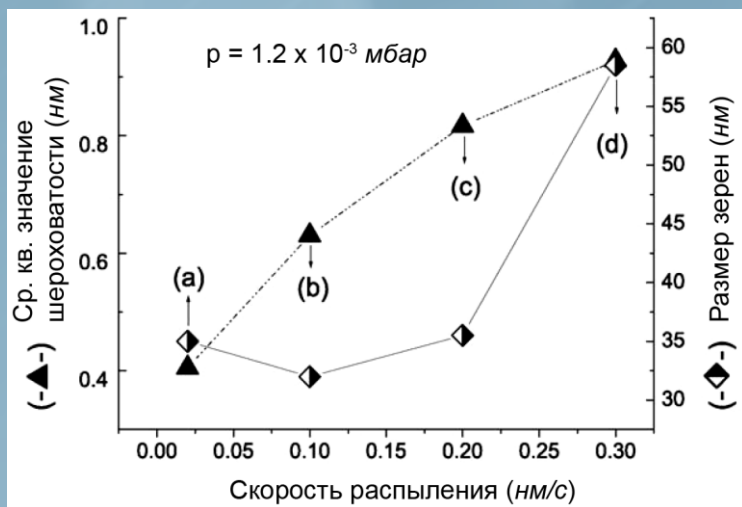
Зависимость коэффициента поглощения
фильтра от длины волны.
Толщина спейсера 3 *мкм*,
толщина слоев алюминия 10 *нм*

Тонкопленочные наноструктуры

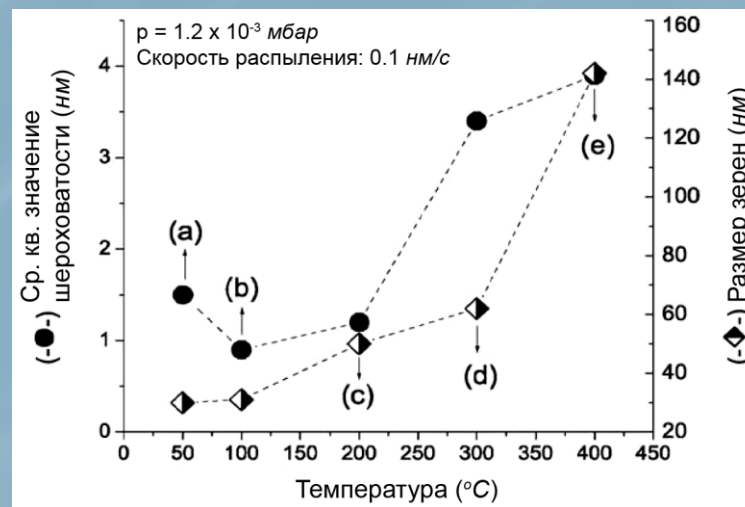
Свойства тонких металлических пленок

Факторы, влияющие на структуру тонких пленок:

- Скорость распыления
- Температура подложки
- Давление в рабочей камере



Зависимость размера зерен
алюминиевой пленки от
скорости ее распыления



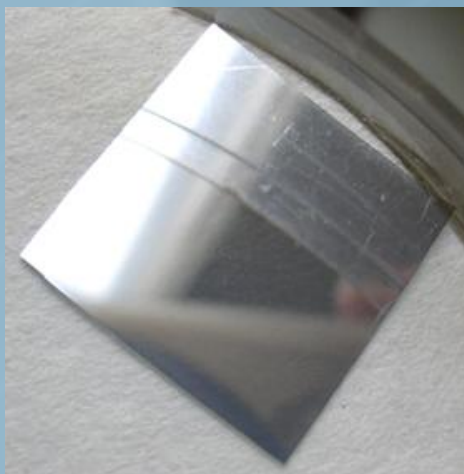
Зависимость размера зерен
алюминиевой пленки от
температуры подложки

Тонкопленочные наноструктуры

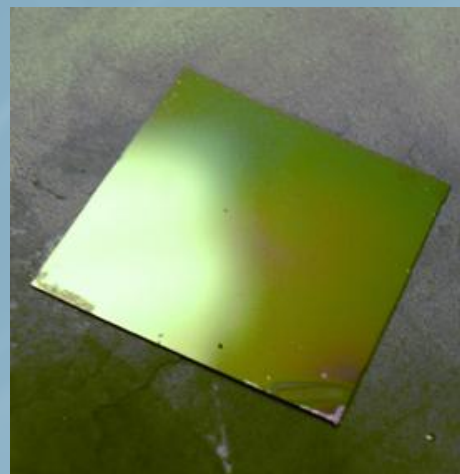
Выбор материалов для создания фильтров Фабри-Перо

Преимущества алюминиевых пленок:

- Прочное сцепление со стеклом
- Высокая твердость
- Коррозионная стойкость



Нанослой Al толщиной 8 нм,
нанесенный на стекло



Наноструктура $Al-SiO_2-Al$
с толщиной Al слоев 8 нм,
слоя SiO_2 – 300 нм

Магнетронное распыление тонких пленок

Установка Leybold LH Z550

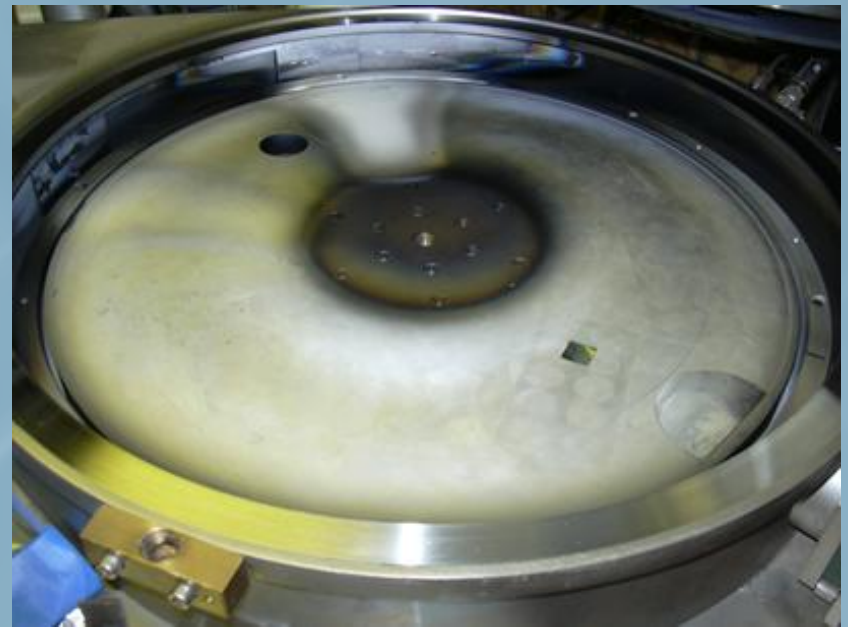
- Пригодна для различных технологий (высоочастотное напыление, напыление с напряжением смещения, высокочастотное травление)
- Гибкость настройки
- Простота эксплуатации
- Надежность работы и защита от ошибок
- Широкий набор аксессуаров



Магнетронное распыление тонких пленок

Установка Leybold LH Z550

- В основе лежит метод магнетронного распыления
- Возможность получения пленок металлов, полупроводников, полупроводниковых соединений и диэлектриков
- Создание многослойных структур
- Возможность получения пленок сплавов и композитов
- Создание прозрачных окисных пленок для применения в оптике



Камера для загрузки образцов

Исследование спектральных характеристик тонких пленок

Спектрофотометр Lambda 6

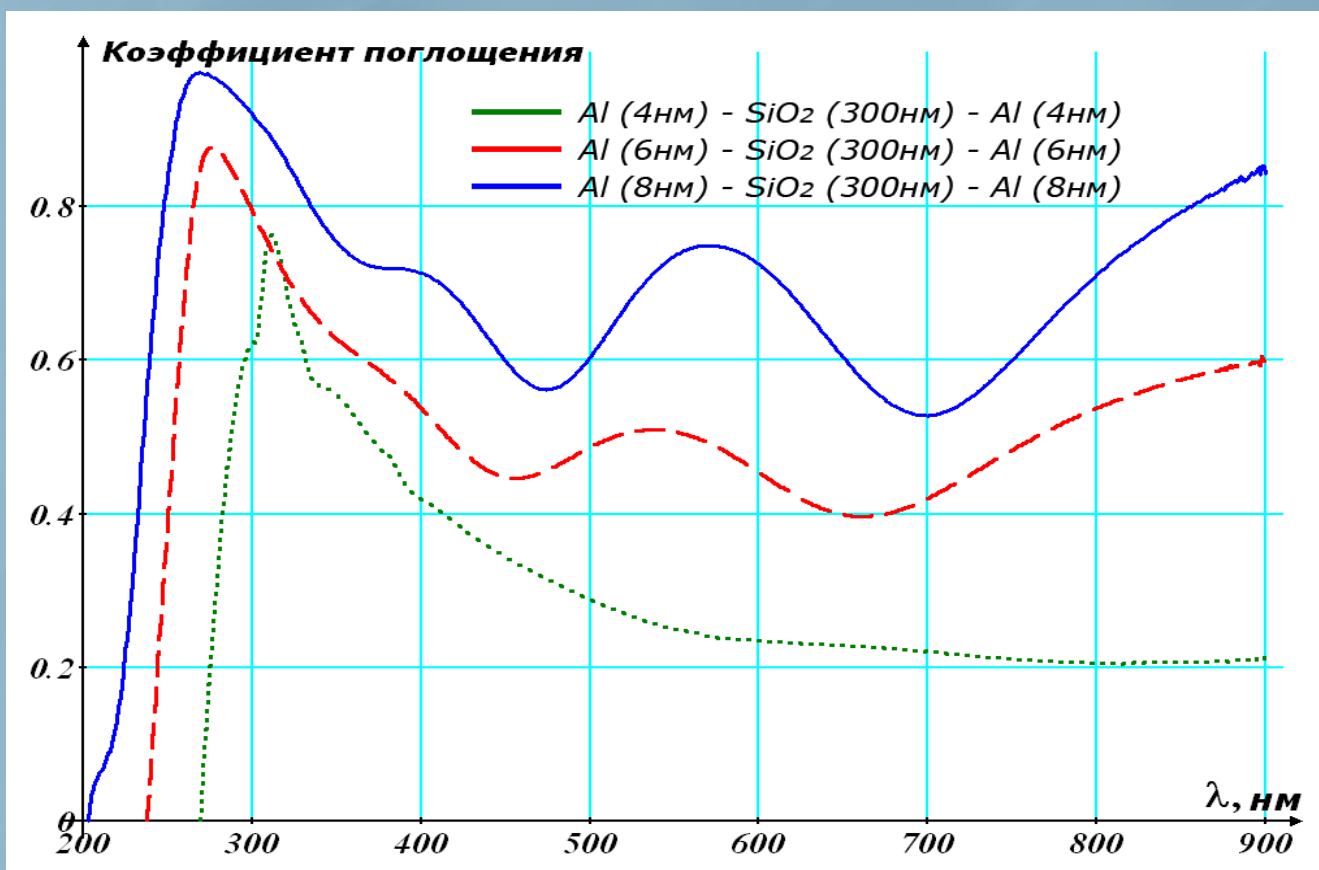
Позволяет проводить измерения коэффициента пропускания и поглощения как функций от длины волны или от времени при заданной длине волны.

- Два источника излучения
- Автоматическая смена источников
- Диапазон длин волн: 190 – 900 нм с шагом 1 нм
- Скорость сканирования: 5 – 1500 нм/мин
- Посторонний свет: <math><0.02\%</math>
- Точность длины волны: ± 0.3 нм
- Повторяемость длины волны: ± 0.1 нм
- Полоса пропускания: 0.25, 1, 2, 4 нм



Исследование спектральных характеристик тонких пленок

Наноструктура $Al-SiO_2-Al$



Область применения

Основные области применения:

- Контрольно-измерительная аппаратура
- Сенсоры и датчики
- Диагностика качества поверхности пленок
- Измерения преломления газов
- Лазерные резонаторы
- Элементы мультиплексорных систем ЛВС
- Элементы оптических компьютеров



Анализатор СМА-4791 для диапазона 1520-1620 нм на базе фильтра Фабри-Перо

Апробация

Лауреат Федеральной школы конференции по
Результатам всероссийского конкурсного
Отбора инновационных проектов аспирантов
и студентов по приоритетным направлениям
науки и техники в 2005 году.

Лауреат инновационной стипендии
АФК «Система» в 2005 году.

По результатам работы опубликовано 5
печатных работ.

По конкурсу
Федеральная конкурсного о студентов по приоритетных
Подпрограмма (Индустрия на
Тема научной ра
Исследование плёнок для со
Автор (докладч
Денисов А.А.,
Участие в допол
участвует в ко
Организация (В
МГТУ им. Н.Э.Б
Субъект РФ, в к
Москва
Дата подачи заявл...
18.11.2005
Контактные данные автора
Входящий номер заявки
Не присвоен
Статус
Победитель конкурса



СВИДЕТЕЛЬСТВО

Настоящий документ свидетельствует, что

Денисову

Алексее Алексеевичу

назначена стипендия АФК «СИСТЕМА» на 2004/2005 учебный год за высокие достижения в научно-техническом творчестве

Президент АФК «СИСТЕМА» Е.Г.Новицкий

МЫ ДРЕМ, ЛУЧШЕЕ ИЗ ВЕЩНОГО И РАСТАЕМ НА БУДУЩЕЕ