

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ

Лабораторная работа №1

Обработка показаний Фурье-спектрометра

Выполнил:
студент группы Б01-009
Даниил Талашкевич

Долгопрудный, 2021

Оглавление

1. Принцип работы.....	2
2. Измерения.....	3
3. Расчёты в MATLAB.....	4

1. Принцип работы

Фурье-спектрометр – оптический прибор, используемый для количественного и качественного анализа содержания веществ в газовой пробе. Основным элементом оптической схемы Фурье-спектрометра является двухлучевой интерферометр Майкельсона, состоящий из полупрозрачного светоделителя и двух плоских зеркал. Фурье-спектрометр позволяет получать информацию о спектральном составе ИК излучения и, следовательно, об электромагнитных свойствах исследуемых объектов в окрестности длин волн 1 – 10 мкм. Схема устройства Фурье-интерферометра представлена на рисунке 1

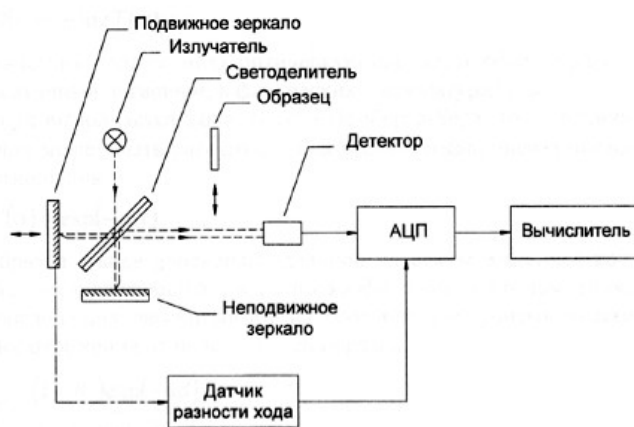


Рисунок 1: Схема устройства Фурье-интерферометра

Излучение от излучателя падает на полупрозрачную поверхность светоделителя и расщепляется на два пучка. После отражения от соответствующих зеркал интерферометра излучение двух пучков складывается на светоделителе и направляется на детектор, преобразующий его в электрический сигнал. Если одно из зеркал двухлучевого интерферометра Майкельсона перемещать, то оптический путь для соответствующего пучка будет изменяться, и в точке приема интенсивность излучения будет меняться вследствие интерференции волн двух пучков, отражающихся от подвижного и неподвижного зеркал.

Зависимость регистрируемого сигнала от оптической разности хода пучков называется интерферограммой. Максимум сигнала интерферограммы соответствует нулевой разности хода, так как в этом случае все спектральные составляющие излучения пучков приходят в точку приема в фазе. Интерферограмма содержит информацию о спектральном составе излучения. Однако получить данную информацию в явном виде можно только после применения преобразования Фурье.

2. Измерения

В ходе лабораторной работы было получено три интерферограммы: для пустого канала, канала со стеклом и канала со стеклом, покрытым CuO. Соответствующие интерферограммы изображены на рисунках 2, 3, 4.

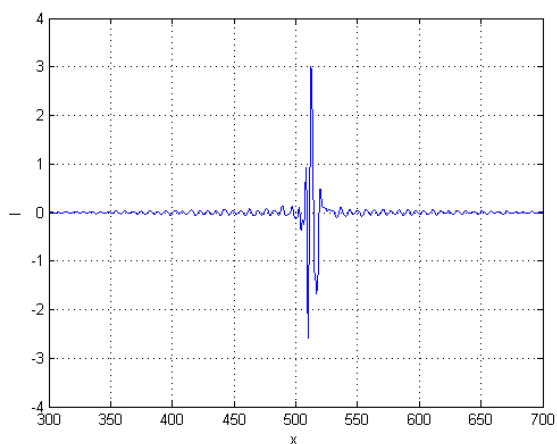


Рисунок 2 – Экспериментально полученная интерферограмма для пустого канала

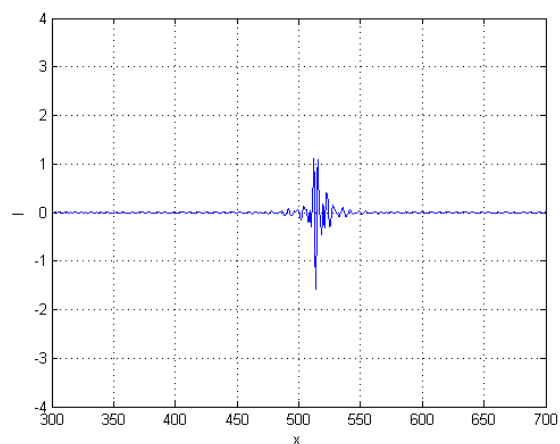


Рисунок 3 – Экспериментально полученная интерферограмма для стекла

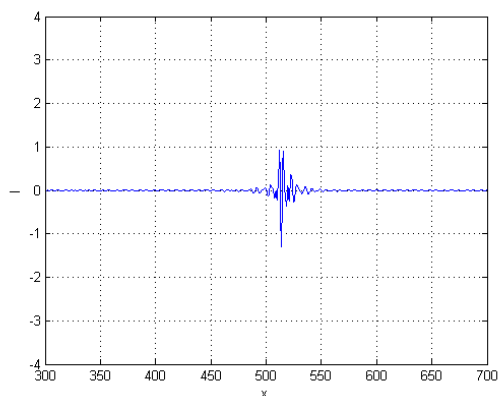


Рисунок 4 – Экспериментально полученная интерферограмма для стекла с напылением CuO

Однако, из рисунков совершенно неочевидны электромагнитные свойства исследуемых образцов, поскольку они представляют собой лишь зависимость интенсивности излучения в точке приёма. Для удобства восприятия прибор сдвигает графики по оси на величину . Таким образом, зависимости, представленные на графиках представляются формулой (1):

$$\Delta I = I(x) - I(0) \quad (1)$$

Преобразование Фурье в данном случае будет описываться следующим образом:

$$S(k) = \int_0^{x_{\max}} [I(x) - I(0)] e^{i2\pi kx} dx, \quad (2)$$

где x_{\max} – максимальная оптическая разность хода, k – волновое число, равное:

$$k = \frac{10^{-4} [\text{мкм/см}]}{\lambda [\text{мкм}]} \quad (3)$$

3. Расчёты в MATLAB

Над полученными интерферограммами в среде MATLAB было произведено дискретное преобразование Фурье. Соответствующие коэффициенты разложения по волновым числам представлены на рисунках 5, 6, 7, 8.

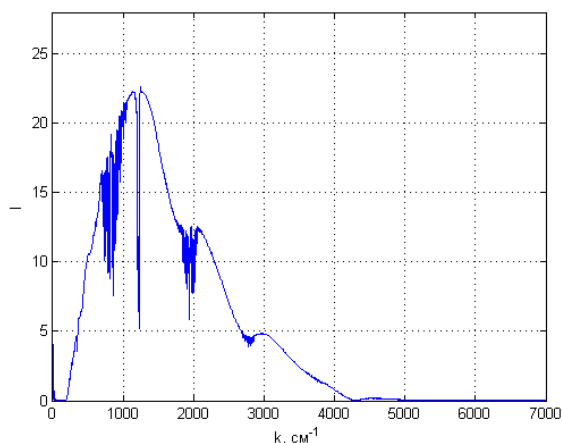


Рисунок 5 – ПФ интерферограммы для
пустого канала

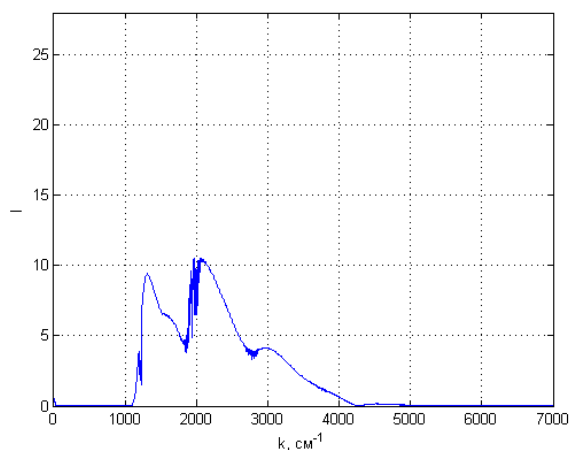


Рисунок 6 – ПФ интерферограммы для стекла

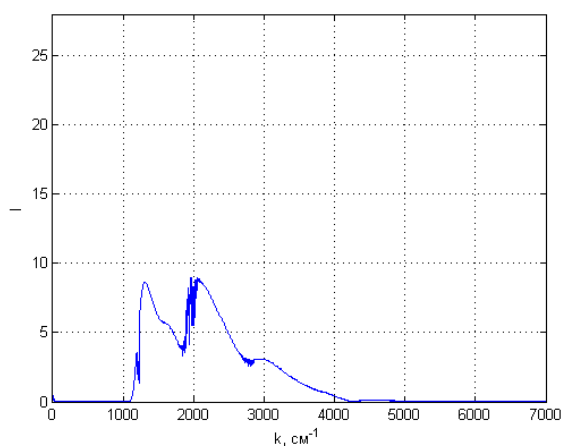


Рисунок 7 – ПФ интерферограммы для стекла
с напылением CuO

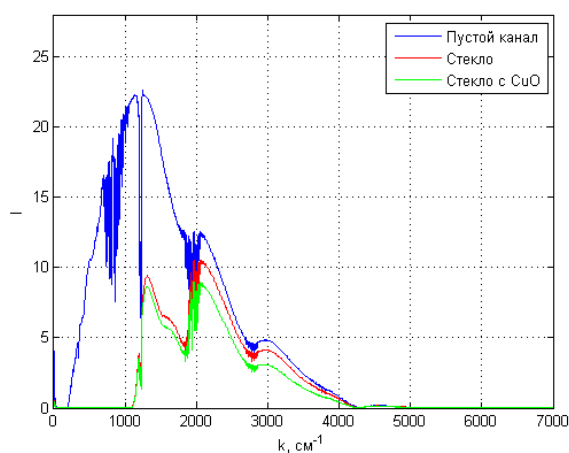


Рисунок 8 – Сводный график

Для получения спектра пропускания материалов было найдено отношение спектральной плотности прошедшего через образец сигнала к спектральной плотности сигнала, прошедшего через пустой канал. Графики отношений представлены на рисунках 9, 10.

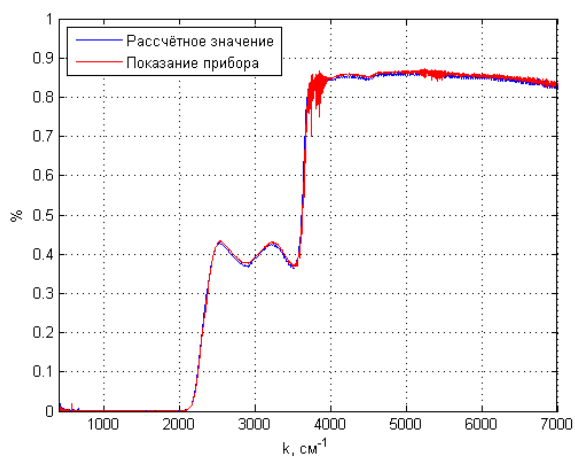


Рисунок 9 – Коэффициент пропускания стекла

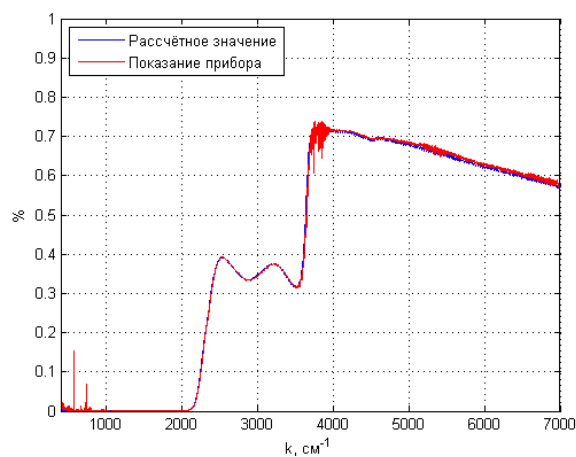


Рисунок 10 – Коэффициент пропускания стекла с напылением CuO