

ИНФРАКРАСНАЯ ФУРЬЕ- СПЕКТРОСКОПИЯ



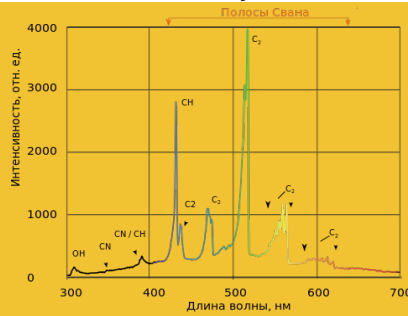
ЭОМО-02-16
Духанов Н И

Преобразование Фурье

Преобразование Фурье - это новая функция описывает коэффициенты («амплитуды») при разложении исходной функции на элементарные составляющие — гармонические колебания с разными частотами. Является одним из основных преобразований в оптике т.к., фактически, любая оптическая система способна осуществлять Фурье преобразование. С помощью этого преобразования мы можем получить сведения о сигнале.

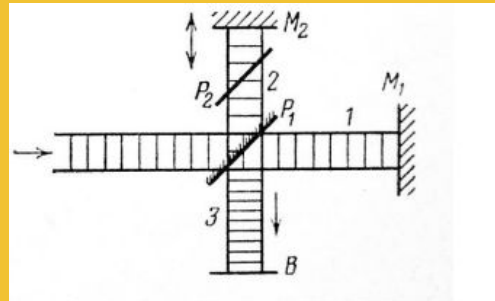
$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ix\omega} dx.$$

Методы Фурье-спектроскопии в пространственной области удобны и часто применяются в оптической спектроскопии, спектроскопии в инфракрасной области.



Интерферометр Майкелосона

Главным компонентом Фурье-ИК-спектрометров является интерферометр Майкельсона, известный с конца 19-го века. Его ключевыми элементами являются три зеркала. Светоделительное зеркало (пластина) делит пучок излучения на две части, одна из которых отражается от неподвижного зеркала, а вторая — от подвижного (сканера). Оба отражённых пучка затем снова попадают на светоделительное зеркало, где объединяются и направляются на детектор (фотоприёмник). Подвижное зеркало призвано создавать разницу оптического пути (разность хода) для двух пучков света. При разности хода в $(n+1/2) \times \lambda$ проходящие пучки взаимно уничтожаются, а отражённые, напротив, усиливаются. В результате получается интерферограмма — график зависимости интенсивности зарегистрированного излучения от разности хода пучков. Для монохроматического света она имеет форму косинусоиды. Для используемого в ИК-спектроскопии полихроматического света она приобретает более сложную форму и содержит всю спектральную информацию о падающем на детектор пучке. Далее интерферограмма пересчитывается в инфракрасный спектр путём преобразования Фурье



Двухлучевая интерференция в интерферометре Майкельсона

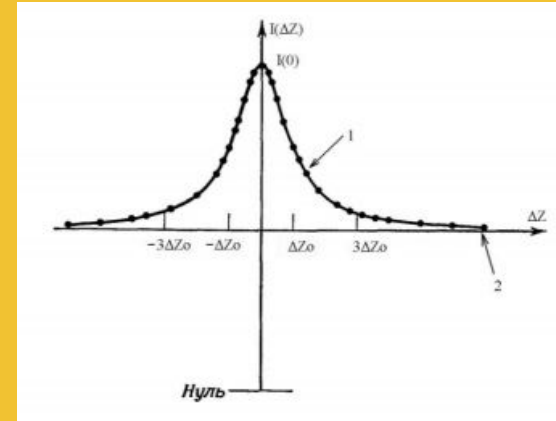
Вычисление спектров

1. Измеряется зависимость $I(\Delta Z)$ путем регистрации сигнала как функции изменения оптической разности хода в интерферометре ($\Delta Z=2\Delta y$, Δy – величина перемещения подвижного элемента интерферометра).
2. Экспериментальное определение значения интерферограммы в точке нулевой разности хода $I(0)$.
3. Подстановка выражения в уравнение и вычисление интеграла для определенного $\sim \nu$.
4. Интегрирование уравнения для каждого волнового числа $\sim \nu$.

$$I(\Delta Z) = \frac{1}{2} I(0)$$

5. В результате получаем спектр $I(\sim \nu)$

Интерферограмма – функция Лоренца, симметричная относительно $\Delta Z=0$, а спектр – экспоненциально спадающая с ростом волнового числа функция.



Перечислим основные дополнительные преимущества, вытекающие из выигрышей Фелжета и Жакино:

1. Высокая разрешающая сила.
2. Высокая точность определения волновых чисел.
3. Значительно упрощается проблема устранения рассеянного или паразитного света.
4. Быстрота сканирования, которая повышает вероятность успешного завершения эксперимента.
5. Возможность исследования широкой спектральной области за время одного скана.
6. Возможность регистрации слабых шумов.
7. Измерение в амплитудной спектроскопии комплексных коэффициентов отражения и пропускания.
8. Малые габариты и вес интерферометра

Одно из важнейших преимуществ Фурье-спектроскопии было описано Питером Фелгеттом в его диссертации 1949 года. Преимущество Фелгетта заключается в том, что если при традиционном измерении спектра (например, в сканирующем монохроматоре) шум измерения в первую очередь определяется шумом детектора, то в Фурье-спектрометре имеется возможность снизить шум посредством накопления и улучшить тем самым отношение сигнал/шум, которое пропорционально квадратному корню из m — количество отсчётов в интерферограмме.

Однако, если в шуме детектора преобладает дробовой шум (имеющий равномерную спектральную плотность в пределах спектра), то выигрыш от широкополосности Фурье-спектроскопии в точности компенсируется увеличением шума в широкой полосе спектра. Этим обусловлено то, что Фурье-спектроскопия намного менее применима при измерениях в видимой и ультрафиолетовой областях оптического излучения.