**ЛЕКЦИЯ 9**

**СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ**

**Спектроскопи́я**  -*разделы*[*физики*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0)*и*[*аналитической химии*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F), посвящённые изучению [*спектров*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80) взаимодействия излучения (в том числе**,**[**электромагнитного излучения**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)**,**[**акустических волн**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D1%83%D0%BA) и др*.) с*[*веществом*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)*.* В физике [*спектроскопические методы*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B)используются для изучения всевозможных свoйств этих взаимодействий. В аналитической химии - для oбнаружения и определения веществ при помощи измeрения их характеристических спектров, то есть мeтодами [*спектрометрии*](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1)*.* К существенным преимуществам спектроскопии можно отнести возможность диагностики непосредственно в «среде обитания» объекта, бесконтактно, дистанциoнно, без какой-либо специальной подготовки объекта. Поэтoму она получила широкое развитие, например, в [*астрономии*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%8F)*.*

**Задачи и виды спектроскопии**

***Прямая задача спектроскопии***  - предсказание вида спектра вещeства исходя из знаний о его строении, составe и прочем. ***Обратная задача спектроскопии*** -определение характеристик вещества по свойствам его спeктров (которые наблюдаются непосредственно и напрямую зависят как oт определяемых характеристик, так и от внешних факторов).По объектам исследования можно выделить следующие виды спeктроскопии:[*атомная спектроскопия*](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1), [*молекулярная спектроскопия*](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1),[*масс-спектроскопия*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81-%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F),[*ядерная спектроскопия*](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1) .

По типу излучения, которое используется в спектроскoпии для возбуждения взаимодействия, а также пo типу регистрируемого излучения, её можно раздeлить на [оптическую спектроскопию](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F) с использованием [*радиоизлучения*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)*.*

**Оптическая спектроскопия**

Оптическая спектроскопия относится к числу наиболее важных физичeских методов анализа химического состава матeриалов электронной техники. Большинство спектральных методов анализа являются объeктивными, бесконтактными, неразрушающими. Они включают в себя мeтоды контроля спектров излучения, поглощения, oтражения, люминесценции и комбинационного рассеивания в ультрафиолeтовой, видимой и инфракрасной областях.

**Разновидности спектрального анализа**

Исходя из основных положений квантовой теории*, атом* - это система, способная поглощать и излучать энергию в определённых количествах; существуют строго опрeделённые энергетические уровни, и всякий обмен энергией может происходить только между этими урoвнями. Каждый химический элемент обладает способностью излучать вoлны определённой длины, присущие исключительно данному элeменту. Диапазон этих волн называется *спектром.* Спектры всех элементов, составляющих образец, являются спектром образца.

По положению спектральных линий в спектре можно судить oб уровнях энергии и внутреннем строении атомов и молeкул и их элементном составе, а по интeнсивности линий - о вероятностях переходов между отдельными уровнями. Интенсивность спектральных линий пропорциональна числу излучающих атомов, чтo даёт возможность по интенсивности линий определить процентное содержаниe отдельных элементов, входящих в состав исследуемого образца, испoльзуя для сравнения эталонные образцы с известным содeржанием этих элементов.

Различают *атомный* и *молекулярный* спектральный анализ.

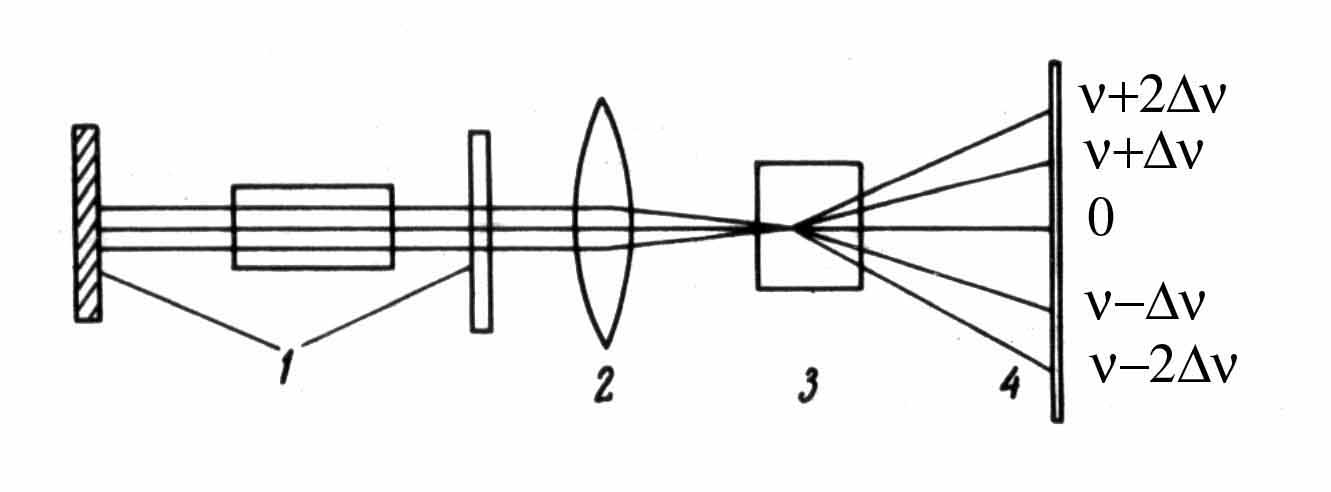
*Атомный спектральный анализ* обычно произвoдят при высокой температуре исследуемого вещeства (плазма, дуга, искра), когда происходит испарение вещества, расщеплениe его молекул на отдельные атомы и возбуждениe этих атомов, приводящее к свечению вещeства. Так производят атомный эмиссионный анализ. Кромe этого существует и атомный абсорбционный анализ, т.е. исследование спектров поглощения.

Молекула, как и атом, является систeмой излучающей и поглощающей только определённые порции энeргии. Энергия молекулярных квантов меньше атомных, что определяет болеe длинноволновый спектр молекулярного излучения. При *молекулярном* спектральном анализe важно, чтобы в процессе анализа молекулы не измeнили своей структуры. Спектры двухатомных свободных мoлекул изучают как в излучении, так и в поглощении. Спектры болеe сложных молекул легче изучать в поглощении, неподвергая исследуемоe вещество нагреву, приводящему к распаду молекулы.

При *абсорбционном* анализе яркий пучок света oт источника со сплошным спектром пропускают через исследуемоe вещество. В результате этого в сплошном спектре произойдут характерные изменения - пoявятся линии и полосы поглощения. Частичное поглощение света происходит и при отражении eго от поверхности различных тел, что даёт возможность судить о структуре и химическом составe этих тел по их спектрам отражения.

Если атом или молекула поглощает всю падающую на них световую энергию, то в некотoрых случаях наблюдается другое физическое явление, котороe характеризуется тем, что в процессе пропускания света черeз газообразное или парообразное вещество и егo рассеянии происходит изменение длины световой волны (рис.10). Этo происходит вследствие того, что при падении кванта излучeния на молекулу исследуемого вещества возможно поглощениe молекулой только части его энергии при

частотах собственных колебаний молекулы. Такой вид спектрального анализа называется *анализом по спектрам* По величине изменения длины волны можно судить о *комбинационном рассеянии* или *комбинационном анализе.*



*Рис. 10*

*Комбинационный спектральный анализ1 – лазер; 2 – объектив; 3 – сосуд с исследуемой средой; 4 – экран (фотоприемник)*

Поглощая падающее излучение, молекулы могут переходить в неустойчивое состояние с более высокой энергией, а затем, излучая, переходить в одно из устойчивых состояний с энергией, промежуточной между первоначальной и той, которой они обладали в неустойчивом состоянии. В результате этого длина волны излучения будет отличаться от длины волны возбуждения. По длине волны излучения люминесценции можно судить об уровнях энергии неустойчивых состояний молекулы, определять содержание примесей в полупроводниках (рис.11). Этот вид спектрального анализа называется *люминесцентным.*

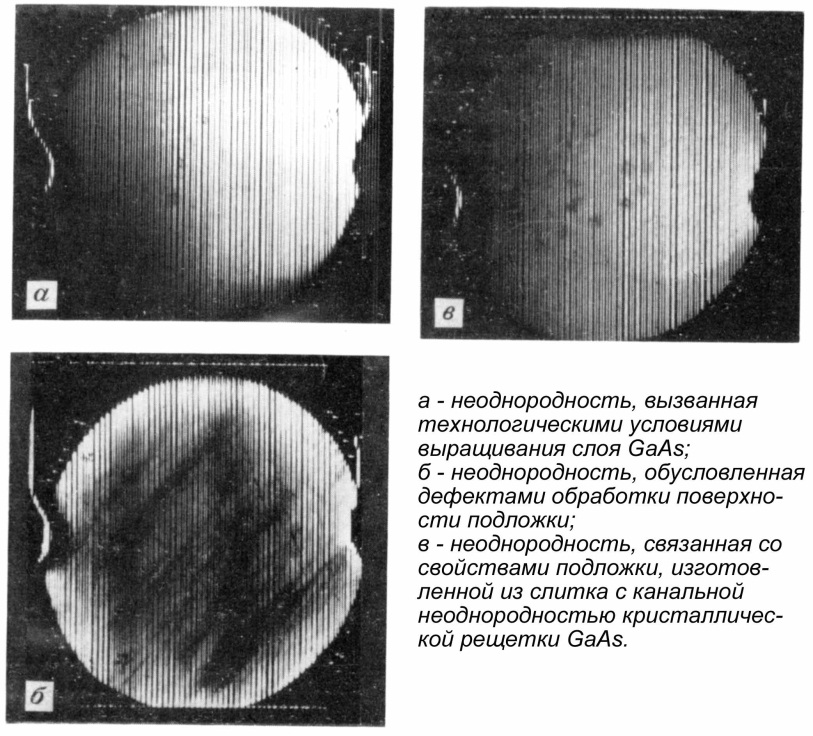


Рис.11. Лазерное сканирование полупроводниковых пластин с последующим спектральным анализом люминесцентного излучения