

Рентгенофлуоресцентный анализатор «РЕАН»

Рентгенофлуоресцентный анализ полупроводниковых материалов



Полупроводники широко используются в технике и приборостроении. В связи с этим существует большая потребность в их изучении и необходимости различных методов для их анализа. Свойства полупроводников зависят от способа получения, так как различные примеси в процессе роста могут изменить их. Синтез материалов, обладающих полупроводниковыми свойствами, сопряжен с высокими требованиями к применяемым реагентам по химической чистоте, качеством промежуточных декантаций мешающих продуктов реакций и, наконец, чистотой конечного состава полученных материалов. Как правило, выход готового материала в результате проводимого синтеза, не превышает 2 – 3 г. Следует отметить, что время каждой стадии синтеза полупроводниковых материалов достаточно короткое, а, следовательно, аналитический контроль промежуточных и конечных продуктов должен быть экспрессным.

Спектрометр «РЕАН» может быть использован для контроля качества продуктов синтеза полупроводниковых материалов, а также применяемых реагентов. С помощью этого прибора специалисты могут проводить рентгенофлуоресцентный анализ от Na до U любых материалов: порошков, растворов, спрессованных таблеток или покрытий. Измерения легких элементов проводятся в вакууме или атмосфере гелия.

РФА при синтезе газочувствительных полупроводников. Применение РФА позволяет оптимизировать процесс синтеза и повысить качество полупроводникового материала, для свойств которого содержание посторонних примесей является достаточно критичным. Например, при синтезе полупроводникового материала, применяемого при производстве газочувствительных сенсоров, добавки катализаторов составляют 0,01 % от массы основы, а от количества электроуправляющей примеси (например, Sb_2O_3) зависит значение электропроводности, которая определяет чувствительность к парам и газам. В соответствии с технологическим регламентом синтеза полупроводникового материала элементом-аналитом является хлор, присутствующий в качестве мешающей примеси.

На примере синтеза газочувствительного полупроводникового материала $SnO_2:Sb_2O_3:Me(Cat)$ показана возможность проведения качественного и количественного рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на каждой стадии синтеза с дальнейшим управлением процесса получения готового продукта заданной чистоты.

РФА промежуточных и конечных продуктов синтеза квантовых точек.

Квантовые точки – полупроводниковые нанокристаллы с размером в диапазоне 2-10 нанометров, состоящие из 10^3 – 10^5 атомов, созданные на основе неорганических полупроводниковых материалов Si, InP, CdSe и т.д., покрытые монослоем стабилизатора («шубой» из органических молекул). Квантовые точки по своим размерам больше традиционных для химии молекулярных кластеров (~ 1 нм при содержании не больше 100 атомов). Одно из свойств, отличающих коллоидные квантовые точки от традиционных полупроводниковых материалов – возможность существования в виде растворов, или точнее в виде золь. Это свойство обеспечивает широту возможностей манипулирования такими объектами и делает их привлекательными для технологий.

В настоящее время имеется достаточно большое число способов синтеза нанокристаллов. Это могут быть подходы, основанные как на «дроблении» вещества (сверху вниз), так и на



“выращивании” нанокристаллов (снизу вверх). Коллоидный синтез квантовых точек представляет широкие возможности как в получении квантовых точек на основе различных полупроводниковых материалов, так и квантовых точек с различной геометрией (формой). Методы коллоидной химии позволяют синтезировать многокомпонентные квантовые точки из полупроводников с различными характеристиками, в первую очередь с различной шириной запрещенной зоны.

В случае синтеза квантовых точек сложного состава CdS-ZnS-CdZnS(Se) – продукта, для которого очень важно контролировать содержания Cd, Zn и S для получения заданных размеров, разработана методика качественного и количественного контроля технологического (лабораторного) процесса определения указанных элементов в жидкой и твердых фазах.

РФА для определения толщины покрытий. Свойства тонкопленочных твердотельных объектов зависят от их химического состава и толщины, поэтому их определение является актуальной задачей аналитической химии. С помощью рентгенофлуоресцентного анализа возможно быстро и без разрушения образца получить информацию о химическом составе в некотором слое. При этом интенсивности вторичного излучения зависят от толщины образца, когда она менее толщины насыщенного слоя $d_{нас}$, что позволяет использовать этот метод не только для качественного состава слоев, но и для оценки толщины покрытий.

РФА эпитаксиальных гетероструктур арсенидов галлия, индия и алюминия. Одним из базовых процессов в технологии полупроводниковых приборов и интегральных схем является эпитаксия. **Эпитаксия** – это ориентированный рост одного кристаллического материала на поверхности другого (подложки), когда выращиваемый слой кристалла имеет такую же кристаллографическую ориентацию, что и слой кристаллической подложки. Различают гетероэпитаксию, когда химический состав вещества подложки и слоев растущего кристалла различны, и гомоэпитаксию, когда они одинаковы. В структуре содержатся в определенной последовательности монокристаллические слои с одинаковым (гомоструктура) или различным (гетероструктура) химическим составом, изготавливаемые при помощи технологии эпитаксии. Каждый **эпитаксиальный слой** характеризуется составом, толщиной и концентрацией легирующей примеси (при наличии). Состав слоев тройных соединений $(A_1^3)_x(A_2^3)_{1-x}B^5$ характеризуют молярной долей x бинарного соединения $A_1^3B^5$, состоящего из элементов A_1^3 и B^5 , выражаемой в относительных единицах. Здесь A_1^3 – один из элементов третьей группы (алюминий, галлий, индий), A_2^3 – другой элемент третьей группы, B^5 – элемент пятой группы (мышьяк). Например, состав слоя тройного соединения $Al_xGa_{1-x}As$ характеризуют молярной долей (x) бинарного соединения AlAs, а состав слоя $In_yGa_{1-y}As$ характеризуют молярной долей (y) бинарного соединения InAs.

В выращенных эпитаксиальным способом слоях бинарных соединений A^3B^5 и тройных твердых растворов $A_1^3A_2^3B^5$ сумма атомных долей элементов третьей группы (A , A_1 , A_2) равна атомной доле элемента пятой группы (B^5) с точностью не более чем 1,0002. Это свойство проистекает из высокой энергии формирования антиструктурных (узловых) дефектов и дефектов внедрения в этой кристаллической структуре.

В ходе изготовления наноструктур эпитаксиальными методами необходимо осуществлять контроль элементного состава отдельных эпитаксиальных слоев.