Выбор вида детектирования рентгеновской флуоресценции: энергодисперсионная или волнодисперсионная

Введение: В целях экономии денег, пространства, времени подготовки пробы пользователи хотят оценить возможности энерго-дисперсионной рентгеновской флуоресценции (ЭД РФС) анализаторов для решения возможности замены ими стандартных волнодисперсионных РФС.

Подобная ситуация очень распространена для геологическими применений прибора, для которых ВД РФС является базовым прибором, но то же самое касается и многих других приложений.

Пользователи увидели, что замена ВД на ЭД не даёт ощутимого снижения цены и что между ними есть существенные различия, которые необходимо оценивать, иначе можно выбрать менее удобный для работы вариант.

Большинству пользователей известно, что энергия фотона света возрастает с уменьшением его длины волны, потому в ЭД спектрах линии элементов с маленьким атомным номером элемента расположены с левой стороны диапазона сканирования, в то время как в спектрах ВД они справа. Но на этом разница РФС с ЭД и ВД не заканчивается.

ВД РФС: анализатор ВД использует источник рентгеновского излучения для возбуждения образца.

Рентгеновские лучи с характерными для элементов образца длинами волн испускаются образцом в виде рассеянного источника рентгеновских лучей и расходятся во всех направлениях.

Кристалл или другое дифракционное устройство находится на пути исходящих из образца рентгеновских лучей. Рентгеновский детектор находится в позиции, когда он может детектировать рентгеновских лучей, которые дифрацированы и рассеяны на кристалле. Анализируемое излучение определенной длины волны можно выбирать в зависимости от расстояния между атомами кристаллической решетки (дифракционного устройства) и его углу относительно образца и детектора, который должен находится в позиции, когда он может детектировать дифрацированные и рассеянные на кристалле рентгеновские лучи. Для последовательного измерения нескольких элементов можно последовательно менять угол или несколько систем (дифракционных устройств и детекторов) можно поместить вокруг образца для одновременного анализа нескольких элементов.

ЭД РФС: анализатор ЭД также использует источник рентгеновского излучения для возбуждения образца, но его конфигурацию можно построить по разному.

Первый способ – это прямое возбуждение, когда поток лучей направлен прямо от рентгеновской лампы на образец. Мы можем помещать фильтры из различных элементов между источником и образцом для увеличения возбуждения интересующих элементов или для уменьшения фона в интересующем диапазоне.

Второй способ - использование вторичных мишеней, где источник рентгеновского излучения освещает мишень, элементы которой возбуждаются и флуоресцируют, а затем флуоресцентное рентгеновское излучение возбуждает элементы пробы.

Детектор расположен для измерения люминесцентного и рассеянного рентгеновского излучения, исходящего от пробы, многоканальный анализатор и программное обеспечение присваивает каждому детектированному импульсу определённое значение энергии и таким образом образует спектр. Обратите внимание, что нет абсолютно никаких причин для спектров не быть отображенными в формате зависимости интенсивности от длины волны.

Сравнение

1. Разрешение:

Определяет ширину спектральных пиков. Чем меньше ширина пика (и больше разрешение), тем легче линию элемента отличить от стоящих рядом других линий.

а. Разрешение системы ВД РФС зависит от кристалла и особенностей оптики, особенно коллимации, интервала и воспроизведения позиции. Эффективное разрешение системы ВД системы может варьироваться от 20 эВ в недорогих настольных приборах до менее 5 эВ в лабораторных приборах. Разрешение в данном случае не зависит от детектора.

б. Разрешение ЭД РФС зависит от разрешения детектора, которое может варьироваться от

менее 150 эВ для охлаждаемых жидким азотом кремниевых детекторов, от 150 до 220 эВ для различных твердотельных детекторов, до 600 эВ и более для газовых пропорциональных счетчиков.

ПРЕИМУЩЕСТВО ВД РФС: При высоком разрешении меньшие наложения спектров и меньшая интенсивность фона.

ПРЕИМУЩЕСТВО ЭД РФС: ВД кристалл и оптика дороги, и более предрасположены к сбою настройки.

2. Спектральные наложения:

Спектральная развёртка необходима для определения первоначальной интенсивности спектральных линий, когда две линии перекрываются, поскольку разрешение, которое требуется для отдельного разрешения, слишком высоко.

а. С инструментами с ВД с очень высоким разрешением корректировки спектрального наложения не требуется для подавляющего большинства элементов и приложений. Исходную интенсивность для каждого элемента можно определить как интенсивность отдельной линии.

б. Анализатор с ЭД предназначен для обнаружения группы элементов сразу. Некоторые виды спектральной развёртки должны использоваться для коррекции спектральных наложений. Наложения не значительны при использовании систем с разрешением 150 эВ и ниже, но значительны в сравнении с ВД РФС.

3. Фон:

Фоновое излучение является одним из ограничивающих факторов при определении пределов обнаружения, повторяемости и сходимости.

а. Так как ВД РФС обычно использует прямой поток излучения, интенсивность фонового излучения в интересующем нас диапазоне напрямую связана с количеством излучения в интересующем нас диапазоне, ширина которого определяется разрешением детектора.

б. ЭД РФС использует фильтры и / или мишени для снижения общего количества падающего на пробу излучения в интересующем нас диапазоне, который также зависит от разрешения детектора, в то же время производя большую интенсивность рентгеновского излучения с длиной волны, необходимой для возбуждения интересующего элемента.

ВД РФС имеет преимущество вследствие разрешения, так как если ширина пика в десять раз меньше, то и фон будет в десять раз меньше.

ЭД РФС с помощью систем фильтров и мишеней может уменьшать интенсивность фона в десять раз и более.

4. Эффективность источника:

Эффективность использования источника рентгеновского излучения определяет необходимую для оптимальной работы системы энергию. Источник с большей энергией излучения и стоит гораздо дороже.

а. В любом типе РФС интенсивность исходного излучения теряется в процессе возбуждения образца, так как когда рентгеновский луч рассеивается на поверхности, его интенсивность уменьшается в 100 раз. Но в ВД РФС также теряется более 99 % интенсивности в дифракционном устройстве, хотя некоторые современные многослойные системы и являются более эффективными. Длина пути от образца до детектора часто более 10 см, что приводит к огромным геометрическим потерям.

б. Прямое возбуждение образца в ЭД РФС позволяет избежать растраты интенсивности рентгеновского излучения. При использовании фильтров требуется от 3 до 10 раз больше энергии, тогда как при использовании вторичной цели расходуется в 100 раз больше энергии для того, чтобы обеспечить примерно одинаковый бюджет энергии между ЭД с вторичной мишенью и ВД. Системы ЭД как правило, имеют длину пути от пробы до детектора менее 1 см.

ПРЕИМУЩЕСТВО ЭД РФС: Для того, чтобы ВД РФС достигла такой же интенсивности сигнала, как при ЭД РФС, для ВД необходим исходный поток рентгеновского излучения в 100-1000 раз больше при прямой системе возбуждения ЭД РФС и от 10 до 100 раз больший поток при использовании ЭД РФС с вторичной системой с мишенью. Это одна из причин, почему ВД РФС системы стоят дороже.

5. Эффективность возбуждения:

Один из основных факторов для определения пределов обнаружения, повторяемости и воспроизводимости. Относительная эффективность возбуждения повышается за счет повышения интенсивности источника рентгеновских лучей в диапазоне выше края поглощения интересующего элемента.

а. ВД РФС использует возбуждение прямым рентгеновским излучением рентгеновской трубки, которое содержит излучение с широким диапазоном, и большая часть излучения не является оптимальным для возбуждения интересующего элемента.

б. ЭД РФС использует фильтры для уменьшения фона на линиях элементов и увеличения доли приходящихся на диапазон над краем поглощения интересующего элемента рентгеновских лучей. Также фильтры обеспечивают почти монохроматическую линию источника, которая для достижения оптимальной эффективности возбуждения интересующего элемента может оптимизироваться.