



УДК 543.426

ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ В РОБОТОТЕХНИКЕ**Комарова Валерия Геннадьевна**

студент

Кирюхин Алексей Юрьевич

доцент, кандидат педагогических наук

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак

Аннотация. В статье говорится о применении рентгеновской флуоресценции в робототехнике, приведены ее основы и преимущества.

Ключевые слова: рентгеновская флуоресценция, технологии будущего, робототехника.

Рентгенофлуоресценция является мощным методом качественного и количественного элементного анализа образцов. Измерение рентгеновской флуоресценции включает облучение интересующего образца высокоэнергетическим электромагнитным излучением в рентгеновской области спектра и детектирование фотонов, испускаемых вследствие энергетической релаксации возбужденного образца.

Одним из преимуществ рентгеновской флуоресценции является то, что это очень универсальный метод, совместимый с различными типами образцов, включая порошки или жидкости. Это неразрушающий метод, и поэтому он часто используется для анализа драгоценных артефактов. Кроме того, нет необходимости в использовании какой-либо маркировки образцов как части экспериментальной подготовки, что делает рентгенофлуоресценцию весьма интересным методом для использования в "полевых" измерениях, таких как робототехника, где образцы должны измеряться на лету в окружающей среде без дальнейшей модификации.

Гибкие методы

До тех пор, пока источник рентгеновского излучения может генерировать достаточно высокоэнергетические фотоны для возбуждения или ионизации основных электронов в интересующем элементе, рентгеновская флуоресценция может быть использована для измерения любого элемента.

Это выгодно для робототехнических применений в горнодобывающей промышленности и геологии, где роботу может быть желательно обнаружить присутствие ранее неожиданных элементов.

Для легких элементов, таких как углерод, кислород и азот, рентгеновская флуоресценция не очень эффективный процесс. Это связано с тем, что процесс рекомбинации ядро-дырка, который происходит, обычно приводит к испусканию оже-электронов, а не фотонов для элемен-



тов с низкой атомной массой.

Относительный квантовый выход рентгеновской флуоресценции по сравнению с оже-излучением увеличивается с увеличением атомной массы. Однако эти проблемы могут быть преодолены с использованием специализированных схем детектирования, которые иногда необходимо использовать для выполнения рентгенофлуоресцентных измерений на легких элементах.

Многие из этих высокоэффективных схем обнаружения могут помочь улучшить предел обнаружения и чувствительность рентгенофлуоресцентных измерений, даже тех, которые выполняются в полевых условиях, когда спектрометр установлен на автономном транспортном средстве. Такие улучшения привели к тому, что рентгеновская флуоресценция стала все более популярным методом полевых измерений при анализе почв, даже для очень сложных богатых влагой почв, которые трудно анализировать другими спектроскопическими методами, такими как инфракрасная спектроскопия.²

Селективность элементов

Что делает рентгенофлуоресценцию таким мощным методом, так это то, что полученная информация (энергия излучения фотона) зависит от элемента. Поскольку процесс возбуждения рентгеновским излучением обычно включает продвижение электронов ядра, наиболее тесно связанных с ядром, точная энергия испущенного фотона после релаксации ядра-дырки характерна для элемента, из которого он был испущен.

Элементная чувствительность и селективность рентгеновской флуоресценции делают ее идеальной для работы с очень сложными образцами, которые могут содержать смеси многих различных элементарных частиц.

В зависимости от точной используемой энергии рентгеновского излучения и от того, на каком энергетическом уровне возбуждаются электроны, различные линии рентгеновского излучения имеют различную степень чувствительности к химической среде, поэтому могут также сообщать информацию о связывании и химической структуре общих молекулярных форм.⁴

Робототехника

В то время как многие измерения рентгеновской флуоресценции выигрывают от высокоярких источников рентгеновского излучения, таких как синхротроны, существует ряд портативных устройств, доступных для полевых измерений.

Одним из преимуществ рентгеновской флуоресценции для автоматизированной робототехнической информации является то, что получаемая спектральная информация относительно проста по сравнению с приложениями полного машинного зрения.

По сравнению с необходимостью обработки полного 2D-изображения и использования передовых алгоритмов распознавания изображений, которые были бы необходимы для оптиче-



ской визуализации в машинном зрении, спектр рентгеновской флуоресценции относительно просто интерпретировать автоматизированным способом.

Предсказанные энергии и интенсивности излучения могут быть взяты из атомных спектральных баз данных и использованы для прогнозирования с достаточно хорошей точностью того, какие сигналы энергетического диапазона могут появиться. Для применения геологической робототехники одной только информации об энергии излучения может быть достаточно для определения наличия или отсутствия минералов, а при получении нескольких спектров рентгеновской флуоресценции она может быть использована для составления карты распределения минералов в регионе.

Эффективность

Высокая элементная специфичность информации и снижение затрат на автоматизацию вычислительного анализа очень важны для применения робототехники в астробиологических исследованиях.

Идеальный инструмент будет способен к некоторому предварительному бортовому анализу, поскольку передача данных для астрономических приложений является серьезным узким местом, а оперативная информация из анализа может быть важна при принятии решения о том, как выполнять съемки во время миссии.

Время интеграции прибора для получения данных с разумным соотношением сигнал/шум для анализа также должно быть как можно короче. Рентгенофлуоресцентные измерения хорошо интегрируются с адаптивными схемами отбора проб, использующими системы обратной связи для управления процессом сканирования и перемещением прибора.

Возможность установки рентгенофлуоресцентных спектрометров на удаленные транспортные средства для выполнения автоматизированных измерений в сложных условиях, таких как подземные шахты или космос, является значительным достижением для этой спектроскопической техники.

Селективность элементов также очень выгодна для анализа почв и горных пород, и поскольку более яркие портативные источники приводят к сокращению времени измерений, возможно, что такие полевые измерения станут более распространенными в будущем, особенно по мере того, как устройства становятся все более экономичными.

Список литературы:

1. Бахтияров А.В. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии. Л., 1985. 143 с.
2. И. Броудай, Дж. Мерей. Физические основы микротехнологии: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 496с., ил.



3. Г.В. Фетисов. Синхротронное излучение. Применение для исследования структуры вещества М.: Физматлит. 2007. – 700 с.