

ОСОБЕННОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ЭПР В ФУЛЛЕРЕНОПОДОБНЫХ СТРУКТУРАХ

Адашкевич С. В., Акунец В. В., Киранов В. С., Стельмах В. ф

Белгосуниверситет, г. Минск. EPRLab@BSU. BY

Михнов С. А.

ИМАФ НАНБ, г. Минск

Как известно, метод ЭПР эффективно используется в исследованиях свойств и особенностей строения углеродных материалов в различных аллотропных формах, включая фуллериты и фуллереноподобные структуры.

Как правило, в ЭПР-спектроскопии реализуют режимы измерений с автоматической подстройкой частоты (АПЧ) генератора СВЧ к частоте измерительного резонатора в сочетании с высокочастотной модуляцией и линейной разверткой магнитного поля, обеспечивающие регистрацию первой производной сигнала парамагнитного поглощения. При этом согласование измерительного резонатора в блоке СВЧ предпочитают осуществлять с помощью циркулятора при коэффициенте связи $K < 1$. В ЭПР-спектроскопии типичной ситуацией является диагностика образцов, для которых, в отличие от ФМР, характерны невысокие концентрации парамагнитных центров, приводящие к значениям поглощения СВЧ-энергии намного меньшим, нежели поглощение энергии самим измерительным резонатором, а типичные значения ширины АН спектральных линий, как правило, больше 0,1 мТл.

Однако при диагностике свойств новых материалов, например, фуллеритов, фуллеренеодержащих, фуллереноподобных систем, спиновых стекал, гетерогенных и композиционных систем, систем на основе низкоразмерных элементов, объектов радиационной физики нередки случаи, при которых необходима корректная регистрация интенсивных сигналов поглощения парамагнитными центрами (ПМЦ) с большими концентрациями ($> 10^{20}$ сп/г) при значениях АН $< 0,1$ мТл. Более того, указанные условия могут

сочетаться со значительным нерезонансным поглощением энергии СВЧ-генератора делокализованными носителями заряда, а также с диэлектрическими потерями, вносимыми образцом в измерительный резонатор.

Сочетание экстремальных свойств диагностируемого образца с традиционными режимами регистрации создают вполне вероятные ситуации, приводящие к искажению и даже потере информации о свойствах объекта исследования, к некорректной регистрации главных характерных параметров ПМЦ (g -фактора, ширины и интенсивности спектральных линий, искажению их формы), и, в конечном счете, — к некорректной трактовке экспериментальных данных.

Корректный учет в спектроскопии ЭПР значимости аппаратного и физического факторов, приводящих к искажению спектральной информации, может позволить избежать не только ошибок, но также в ряде случаев получить дополнительную информацию о физических свойствах исследуемого объекта (например, о свойствах пространственно-временной локализации и делокатизации зарядов, развить неразрушающие методы диагностики).

В качестве модельного объекта исследования были выбраны образцы каменного угля предельной стадии метаморфизма — антрацита поскольку он при своей доступности

- обеспечивает возможность создания различных и контролируемых спектроскопических ситуаций, относящихся к количеству ПМЦ, диапазону значений ширины синглетной линии ЭПР, различным сочетаниям концентраций локализованных спинов и делокатизованных носителей зарядов и т. п.;
- является представителем важного класса гетерогенных фуллереноподобных углеродных (низкоразмерных) систем, для которых модификация и развитие метода магнитной спектроскопии имеет важное самостоятельное значение.

Кроме того, при относительно большом количестве работ по исследованию парамагнитных свойств структура и многие свойства ПМЦ антрацита и его аналогов в полной мере не уста-

новлены. Выявление особенностей парамагнитных свойств антрацита различных стадий метаморфизма являются физической основой создания новых эффективных способов прогнозирования удароопасности шахтопластов, а также использования в качестве сырья при получении фуллеренов.

Для установления условий проявления селективных свойств измеряемого образца и измерительного резонатора при регистрации спектров ЭПР в режиме АПЧ проводилось машинное моделирование особенностей режима АПЧ по измерительному резонатору.

При моделировании было учтено, что при определенных условиях конкуренции селективных параметров образца, характеризующихся значениями интенсивности, ширины и формы спектральной линии, с соответствующими параметрами измерительного резонатора (значением его нагруженной добротности, коэффициента связи) проявляется в стандартном режиме АПЧ при магнитном сканировании спектра ЭПР дополнительное воздействие на электронную систему АПЧ резонансного поглощения образца, зависящего также от текущего значения магнитного поля. В результате было показано, что при экстремальных значениях селективных параметров образца и резонатора может проявиться даже захват частоты генератора СВЧ «резонатором образца», что приводит к дополнительной частотной развертке спектра ЭПР. Такое совокупное сканирование спектра ЭПР проявляется в существенном изменении формы регистрируемой спектральной линии. Результаты моделирования согласуются с экспериментальными данными [1].

Литература

1. Адашкевич С. В., Стельмах В. Ф., Михнов С. А., Фролков Г. Д., Партыка Я., Венгерок П. Фуллереноподобные структуры в каменных углях // Сборник научных трудов «Фуллерены и фуллереноподобные структуры». -Мн.: БГУ, 2000. -С. 106-113.