

ОТЗЫВ

официального оппонента Бурикова Сергея Алексеевича на диссертационную работу Бекина Алексея Николаевича «КАРС-диагностика двуокиси углерода при адсорбции в мезопорах: спектроскопическая идентификация и описание поведения сосуществующих фаз», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «лазерная физика» (по физико-математическим наукам)

В диссертационной работе А.Н. Бекина представлены результаты экспериментальных исследований адсорбция двуокиси углерода в порах мезопористых стекол при докритических и сверхкритических температурах с помощью КАРС-спектроскопии. Актуальность выбранной темы исследования обусловлена тем обстоятельством, что нанопористые материалы находят все более широкое применение в различных областях науки и технологий, в частности, в оптике, микроэлектронике, химических и медицинских технологиях. Уникальные свойства нанопористых материалов определяются, прежде всего, большой площадью поверхности пор, а также тем обстоятельством, что малый размер пор оказывает существенное влияние на характеристики вещества внутри пор. В частности, адсорбция вещества зависит как от свойств материала, так и от формы и размера пор. Описание поведения вещества, помещенного в нанопору, представляет собой важную задачу как с фундаментальной, так и с практической точки зрения.

В представленной работе в качестве исследуемой адсорбируемой среды была выбрана двуокись углерода. Двуокись углерода находит широкий круг практических применений, поэтому актуальность темы исследования не вызывает сомнений.

В качестве метода исследования была выбрана КАРС-спектроскопия. Этот метод обеспечивает достаточно большую интенсивность регистрируемого сигнала и, что еще более важно, позволяет локализовать область генерации сигнала внутри исследуемого образца. Такой выбор экспериментальной методики также представляется вполне оправданным.

Диссертационная работа А.Н. Бекина состоит из введения, четырех глав и заключения со списком литературы. После каждой главы сформулированы краткие итоги.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели работы, обозначена научная и практическая значимость полученных результатов, представлены положения, выносимые на защиту и сведения об апробации результатов работы.

Первая глава представляет собой обзор литературы. Рассмотрены адсорбция в мезопористых материалах, критическое поведение вещества в мезопорах, экспериментальные методы наблюдения процессов, протекающих в порах. Отдельный раздел посвящен описанию метода спектроскопии когерентного антистоксового рассеяния света (КАРС). В этой главе дается общее представление о рассматриваемой проблеме, актуальности темы работы, а также дается обзор методов исследования.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальной установки, используемой в работе. Приведено подробное описание используемой в работе кюветы оригинальной конструкции, системы регулировки давления и температуры, выбора и характеристики нанопористых образцов. Отдельно описан используемый КАРС-спектрометр, его возможности, особенности работы и процедура обработки спектральных данных.

Третья и четвертая главы посвящены оригинальным результатам. В третьей главе представлены экспериментальные результаты КАРС-спектроскопии двуокиси углерода,

адсорбируемой в мезопорах стекла Вайкор. Показано, что первый поверхностно-адсорбированный слой, полимолекулярные слои и жидкая фаза двуокиси углерода, заключенной в порах мезопористого стекла, могут быть идентифицированы по частоте колебательного перехода. Установлено, что предлагаемый метод позволяет определять парциальные величины адсорбции сосуществующих фаз двуокиси углерода в порах. Получена оценка величины емкости приповерхностного монослоя, продемонстрирована возможность порометрии на основе спектроскопических данных для двуокиси углерода.

Четвертая глава посвящена КАРС-диагностике сверхкритической двуокиси углерода в мезопорах вблизи критической точки. Разработанный в работе подход позволил с помощью КАРС-спектроскопии обнаружить уплотнение двуокиси углерода в порах мезопористых стекол. Величина уплотнения в порах двух разных мезопористых стекол вблизи критической температуры составила приблизительно 50% относительно плотности в свободном объеме.

В заключении кратко сформулированы основные результаты представленной работы, очерчены дальнейшие перспективы исследований в данной области и перспективы практического применения предложенных подходов.

Достоверность и новизна представленных результатов не вызывают сомнений и подтверждаются публикациями в высокорейтинговых научных журналах (всего 5 статей) и докладами на нескольких научных конференциях.

К несомненным достоинствам работы можно отнести достаточно обширный обзор литературы, дающий представление о положении дел в данной конкретной области исследований; очень подробное и четкое описание экспериментальной установки; подробное описание обработки спектров и методик расчета. Работа написана ясным и четким языком, содержит все необходимые рисунки, схемы и таблицы. Список цитируемой литературы содержит более 170 наименований.

Диссертационная работа А.Н. Бекина выполнена на очень высоком уровне и представляет интерес для широкого круга специалистов в области колебательной спектроскопии и материаловедения.

В качестве некоторых недочетов можно отметить следующие:

- 1) Сосредоточившись на методе КАРС-спектроскопии, автор несколько упускает из виду возможности спектроскопии спонтанного комбинационного рассеяния; тем временем этот метод мог бы дать дополнительную информацию об объекте исследования. Совместный анализ спектров КАРС и спонтанного комбинационного рассеяния существенно расширил бы возможности развиваемого подхода.
- 2) В работе используется схема возбуждения сигнала КАРС, при которой поляризации пучков накачки и зондирования линейны и параллельны. При этом известно, что подбор угла между поляризациями стоксовой волны и волны накачки в ряде случаев позволяет улучшить качество получаемого спектра.
- 3) Текст диссертации содержит три оригинальные главы (Глава 2 посвящена описанию экспериментальной установки, в Главах 3 и 4 изложены, собственно, результаты). При этом наблюдается некий дисбаланс – Глава 3 примерно в 3 раза больше Главы 4. Это делает Главу 3 несколько перегруженной, что затрудняет восприятие материала.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация «КАРС-диагностика двуокиси углерода при адсорбции в мезопорах: спектроскопическая идентификация и описание поведения сосуществующих фаз» отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени

М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.19 – «лазерная физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Таким образом, соискатель Бекин Алексей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «лазерная физика».

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник кафедры квантовой электроники
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, стр. 2
тел.: +7(495) 939-11-04
sergey.burikov@gmail.com

Буриков Сергей Алексеевич _____

«15» декабря 2022 г.

Подпись Бурикова С.А. заверяю: