

50-я научная конференция МФТИ
Факультет проблем физики и энергетики
Секция физики микроволн и наноматериалов

УДК 543.429.9-125

*Артёмов В.Г., Капралов П.О., Макуренков А.М., Тихонов В.И.,
Волков А.А.*

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

**Диодно-лазерная спектроскопия спиновых изомеров
воды в присутствии жидкого адсорбента**

С точки зрения квантовой механики, водяной пар при нормальных условиях на три четверти состоит из молекул H_2O с параллельно направленными спинами протонов (орто молекулы) и на четверть — из молекул с разнонаправленными спинами (пара молекулы) (рис. 1) [1]. Вероятность взаимного перехода между орто- и парамолекулами, согласно теории, очень мала, что подтверждается экспериментом [2]. Таким образом, водяной пар является смесью двух различных газов в соотношении 3 : 1. Однако до сих пор вода не разделена на свои изомеры. Это в первую очередь связано с отсутствием приборов их отдельного детектирования.

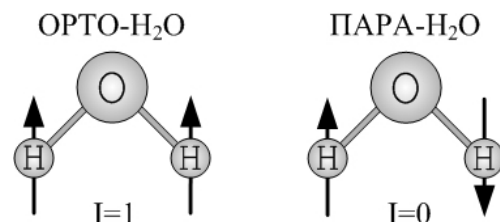


Рис. 1. Спиновые изомеры молекулы воды

В работе [3], где в качестве генератора излучения использовалась лампа обратной волны (ЛОВ), была показана селективность адсорбции изомеров воды при пропускании паров через колонку с твёрдым адсорбентом. По причине дороговизны и труднодоступности техники ЛОВ-спектроскопии нужный темп исследований этим методом поддерживать оказалось сложно. Альтернативной возможностью регистрации изомеров воды является диодно-лазерная спектроскопия (ДЛС). Ее эффективность была продемонстрирована в работе [4].

В данной работе предлагается спектрометр на основе перестраиваемого диодно-го лазера с длиной волны в районе 1,7 мкм. Спектрометр управляется программно посредством платы сбора данных и обладает рядом преимуществ: реализует режим одновременной записи и обработки спектральных линий поглощения с интервалом

менее 1 с; позволяет непрерывно измерять орто/пара отношение в зондируемом водяном паре и следить за орто/пара отношением в течение часов с точностью 1%; обладает чувствительностью по молекулам воды на уровне 10 ppm. На рис. 2 приведены образцы двух линий поглощения, полученных на данном спектрометре, соответствующие орто- и параизомерам молекулы воды.

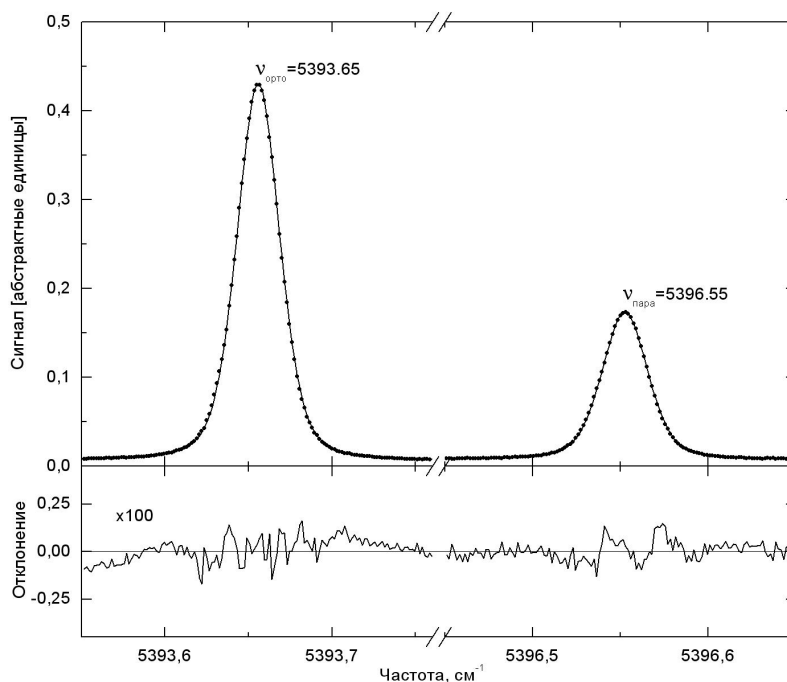


Рис. 2. Орто- и паралинии поглощения водяного пара, используемые в экспериментах: точками обозначен эксперимент, линии — математическая аппроксимация и отклонение

При помощи данного спектрометра было зарегистрировано отклонение нормального 3 : 1 орто/параотношения в сторону ортомолекул в насыщенном водяном паре над поверхностью плёнки глицерина. По нашему мнению это следствие преимущественного вылета ортомолекул. Для подтверждения этой гипотезы объём глицерина с водой подвергался длительной откачке. В результате орто/параотношение над этим раствором сдвигалось в сторону парамолекул. Когда образец был изолирован, его орто/параотношение возвращалось к равновесному значению несколько недель.

Таким образом, ДЛС-методом были проведены эксперименты по целенаправленному нарушению орто/параотношения в водяном паре при контакте его с жидким адсорбентом. На принципиальном уровне подтверждены результаты более ранних экспериментов, выполненных методом субмиллиметровой ЛОВ-спектроскопии [3]: зарегистрирован эффект предпочтительного поглощения адсорбентом парамолекул (селективное поглощение) и осуществлено накопление в глицерине спин-модифицированной воды (с отношением 2,5 : 1 и характерным временем жизни порядка месяца при объёмной концентрации 0,5%)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Townes C.H., Schawlow A.L. Microwave spectroscopy. — NY–London–Toronto: McGraw-Hill Publishing Company, 1955.
 2. Curl R.F., Kasper J.V.V., Pitzer K.S. // J. Chem. Phys. — 1967. — 46, 3220.
 3. Tikhonov V.I., Volkov A.A. Separation of Water into Its Ortho and Para Isomers // Science. — 2002. — 296, 2363.
 4. Степанов Е.В., Тихонов В.И., Миляев В.А. Диагностика молекул орто- и параводы с помощью перестраиваемых диодных лазеров // Квантовая электроника. — 2005. — 35, 205.
-

Представленная выше версия доклада является ознакомительной.

Версию доклада, предназначенную для печати, можно найти в факультетском сборнике трудов конференции. Электронные материалы конференции публикуются по адресу http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/