

Устный доклад

СТРУКТУРА ЛЬДА ГИДРАТНЫХ СЛОЁВ МАКРОМОЛЕКУЛ И НАНОЧАСТИЦ

Першин С.М.,* Бункин А.Ф. Давыдов М.А., Фёдоров А.Н., Гришин М.Я.**

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

e-mail: pershin@kapella.gpi.ru

Известно [1], гидратные слои антифризных белков имеют структуру гексагонального льда, что позволяет провести зимнюю спячку без укрытия от мороза. Отметим [2], что в спектрах ОН полосы комбинационного рассеяния (КР) в кристаллах белков лизоцима и тауматина доминирует характеристическая частота 3200 см^{-1} гексагонального льда Ih тем выше, чем совершеннее структура кристалла. Напротив, вклад этой компонента, 3200 см^{-1} , в низкочастотном крыле ОН полосы КР спектров водных растворов многоатомных спиртов [3] уменьшается с повышением температуры вплоть до исчезновения при 60°C . При этом R. Shen установил [4], что параметр порядка воды контактом слое вода-воздух выше, чем в квазижидком слое на поверхности монокристалла льда. Позднее этот вывод подтвердился измерением структуры льда в тонком слое воды при комнатной температуре [5]. Отсюда следует ожидать, что контактный слой гидратной оболочки наночастиц может иметь структуру льда Ih. Это требует экспериментального обоснования, что является предметом настоящей работы.

Впервые, насколько нам известно, обнаружен сдвиг гравитационного центра ОН-полосы комбинационного рассеяния в водной суспензии наночастиц SiO_2 (диаметром 350 нм) до 10 см^{-1} в сторону характерной частоты льда 3200 см^{-1} низкочастотного крыла при увеличении концентрации наночастиц до $4 \times 10^{11}\text{ см}^{-3}$. Предположение о формировании льдоподобной структуры в гидратной оболочке наночастиц подтверждено регистрацией новой стоксовой компоненты спектра вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна в водной суспензии наночастиц SiO_2 диаметром 350 и 100 нм с концентрацией 3×10^8 и $2 \times 10^{11}\text{ см}^{-3}$, соответственно, со сдвигом 14.3 ГГц , как в обратном направлении, так и, впервые, вперёд. Установлено, что сдвиг 14.3 ГГц соответствует скорости звука 2900 м/с и заметно больше известного сдвига 7.5 ГГц в воде комнатной температуры. Существенно, что измеренная скорость звука совпадает с ожидаемым значением во льдах при экстраполяции линейного снижения скорости звука с повышением его температуры.

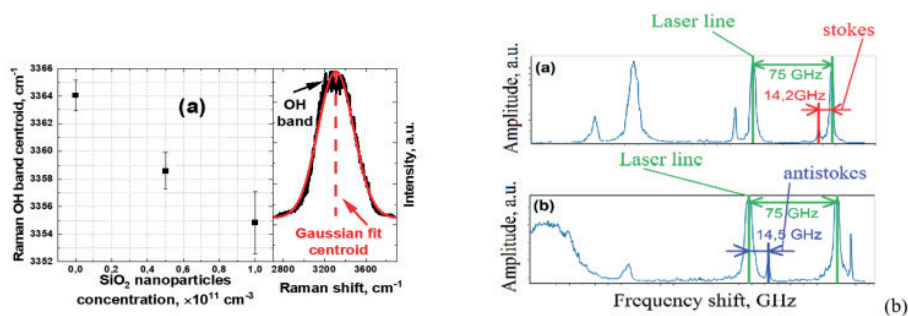


Рис.1. (а) - сдвиг центра ОН полосы от концентрации SiO_2 в сторону компоненты льда и
(б) – спектр ВРМБ с линией $\sim 14.3\text{ ГГц}$

Данные исследования проводились в рамках проекта РНФ 23-42-10019

Литература:

- [1] Y.-Ch. Liou, A. Tocilj, P. L. Davies & Z. Jia, Mimicry of ice structure by surface hydroxyls and water of a b-helix antifreeze protein, *Nature*, V. 406, 20 JULY (2000)
- [2] A.B. Kudryavtsev, G. Christopher, C.D. Smith, S.M. Mirov, W.M. Rosenblum, L.J.DeLucas, The effect of ordering of internal water in thaumatin and lysozyme crystals as revealed by Raman method, *J. of Cryst. Growth*, 219, 102-114 (2000).
- [3] J.G. Davis, K.P. Gierszal, P.Wang & Dor Ben-Amotz, Water structural transformation at molecular hydrophobic interfaces, *Nature*, V.491, 582-585, (2012)
- [4] X.Wei, P.B. Miranda, and Y.R. Shen, Surface Vibrational Spectroscopic Study of Surface Melting of Ice, *Phys. Rev. Lett.*, V. 86 (19), 1554-1558 (2001)
- [5] K.B. Jinesh and J.W.M. Frenken, Experimental Evidence for Ice Formation at Room Temperature, *Phys. Rev. Lett.*, 101, 036101(4) (2008)