

Потенциальное сегнетоэлектричество молекул воды
в наноразмерных порах кристалла берилла

М.А. Белянчиков

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Берилл ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) относится к хорошо исследованным кристаллическим системам с гексагональной кристаллической решеткой. Кристаллическая решетка формирует периодическую систему каналов вдоль одного из векторов трансляции (ось c), разделенных сужениями кремниевых и кислородных колец, в результате чего образуются отдельные полости с характерным диаметром 4-5 Å. При синтезе кристаллов в полости захватываются отдельные молекулы или ионы [1][2]. В совокупности с периодической структурой расположения полостей, такая особенность делает кристалл берилла прекрасной природной системой для исследования свойств одиночных взаимодействующих молекул/ионов, которые могут значительно отличаться от свойств материала в цельном состоянии.

В данной работе были исследованы кристаллы берилла с отдельными молекулами воды в кристаллических нанополостях. Помещение воды в структуру разделённых полостей кристалла позволяет «избавиться» от доминирующего близкодействующего эффекта водородных связей (характерная длина связи 1.97 Å) и исследовать эффекты, обусловленные диполь-дипольным взаимодействием водяных молекул, обладающих дипольным моментом $p = 1.85$ Д [3] (рис. 1).

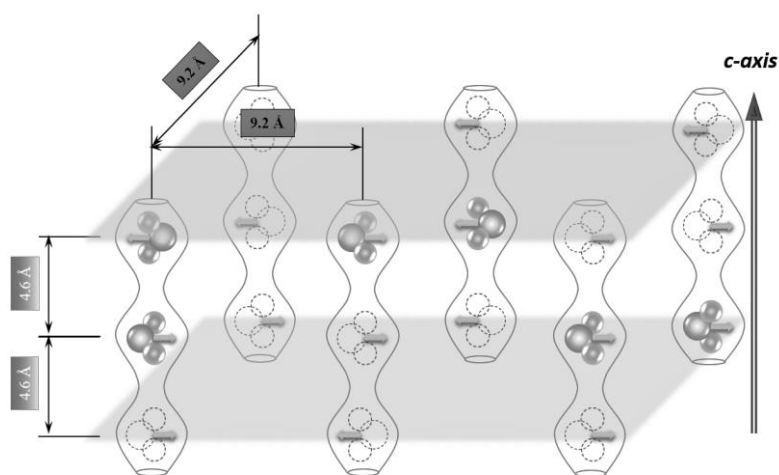


Рис. 1. Каналы кристаллической решетки берилла с одиночными молекулами воды.

Были измерены спектры комплексной диэлектрической проницаемости кристалла берилла, выращенного в водной среде. Спектры измерялись в широком спектральном и температурном диапазоне – от 10^{-10} см^{-1} до 10^4 см^{-1} и от 5 К до 300 К, соответственно. Анализ

спектров, измеренных на водосодержащих и обезвоженных образцах, позволил выявить спектральные особенности, относящиеся исключительно к молекулам воды (Рис.2б). В терагерцовой области частот обнаружена линия поглощения – мягкая мода (рис. 2) с температурной зависимостью параметров, характерной для потенциальных (квантовых) сегнетоэлектриков [4]. Поведение действительной части диэлектрической проницаемости в радиочастотном диапазоне (1 кГц) также типично для потенциальных сегнетоэлектриков. Оба набора параметров описываются температурной зависимостью в соответствии с формулой Барретта [5]. Таким образом, впервые был наблюден эффект потенциального сегнетоэлектричества в подсистеме молекул воды, локализованных в матрице кристалла берилла.

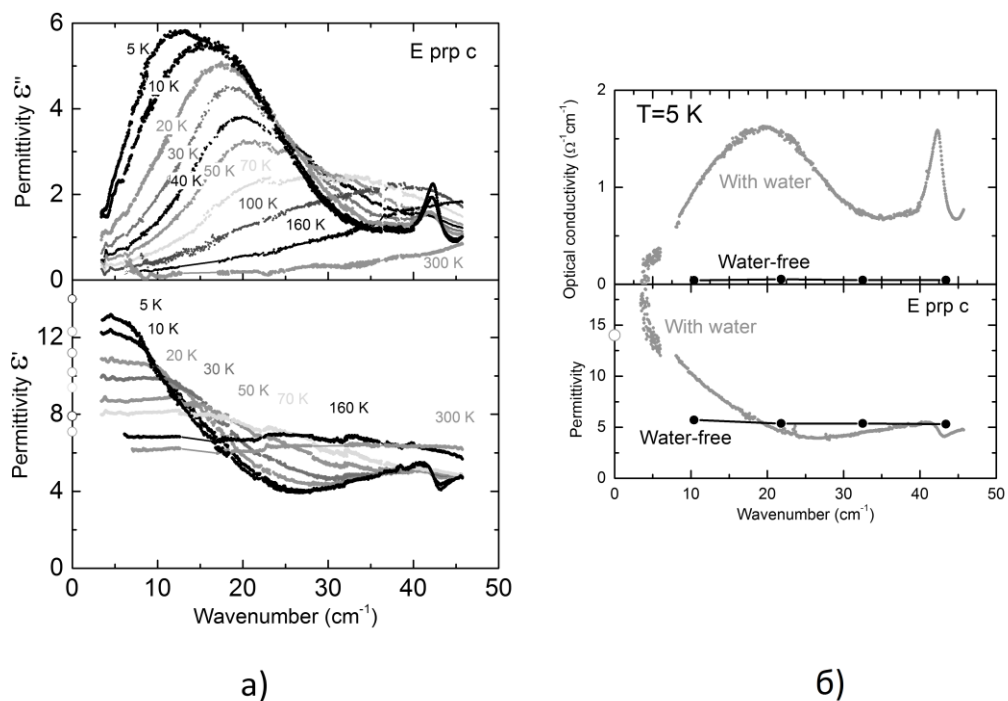


Рис. 2. а) Терагерцовые спектры диэлектрической проницаемости водосодержащего кристалла берилла при различных температурах. б) Спектры динамической проводимости и диэлектрической проницаемости водосодержащего (•) и обезвоженного (◦) образцов.

Литература

1. G.G.Gibbs, D.W.Breck, E.P.Meagher - *Lithos*, (1968), 1, pp 275-285.
2. B.Morosin - *Acta Crystallogr.*, (1972), B28, pp 1899–1903.
3. Handbook of chemistry and physics, *Linde DR* (ed.), Boca Raton, CRC Press, pp 9–44.
4. E. Kvyatkovskii *Quantum Effects in Incipient and Low-Temperature Ferroelectrics - Physics of the Solid State*, (2001), Vol. 43, No. 8, pp. 1401–1419.
5. J. H. Barrett *Dielectric constant in perovskite type crystals - Phys. Rev.*86, (1952), 118.