

Коэффициент преломления воды и водных растворов в оптическом диапазоне частот вблизи границы с ионно-обменной мембраной

Н.Ф.Бункин

Институт Общей Физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва nbunkin@kapella.gpi.ru

В экспериментах по модуляционной интерференционной микроскопии было исследовано пространственное распределение коэффициента преломления n в оптическом диапазоне частот воды и ряда водных растворов вблизи границы с ионно-обменной мембраной Nafion (Нафион), которая представляет собой сополимер тетрафторэтилена и сомомера, имеющего боковые цепи перфторированного винилового эфира C_2F_4 , оканчивающиеся сульфогруппами. В этих экспериментах было показано, что на самой границе n чистой воды возрастает в 1.1 раза по сравнению со своим равновесным значением, и по мере удаления от границы спадает, выходя на равновесный уровень на расстоянии $R \approx 50 \mu\text{m}$ от границы. Величину R будем называть эффективным радиусом воздействия Нафиона; именно этот параметр измерялся в большинстве экспериментов. Кроме того, было исследовано влияние Нафиона на обезвоженный глицерин и на смеси «глицерин – вода» с различным содержанием воды.

Оказалось, что Нафион не оказывает никакого влияния на величину n обезвоженного глицерина. В то же время коэффициент преломления смеси «глицерин – вода» на границе с Нафионом меньше своего равновесного значения и возрастает по мере удаления от границы, выходя на равновесный уровень на расстоянии R , которое возрастает с ростом содержания H_2O в смеси, асимптотически приближаясь к значению $R \approx 50 \mu\text{m}$ для чистой воды. Поскольку величина n у глицерина больше, чем у воды, можно заключить, что Нафион адсорбирует на своей поверхности именно молекулы H_2O . Были также проведены измерения n для водных растворов различных электролитов. Оказалось, что благодаря Нафиону влияние различных ионов на величину n водного раствора обладает определенной спецификой. Это связано с тем фактом, что Нафион, являясь ионообменной мембраной, может эффективно адсорбировать один сорт ионов (например, катионы), не влияя при этом на анионы, что приводит к изменению pH раствора. Например, в случае водного раствора NaCl Нафион адсорбирует ионы Na^+ , что приводит к наработке HCl.

Для разных концентраций раствора NaCl были измерены временные зависимости pH раствора сразу после погружения в жидкость пластинки из Нафиона: эти зависимости носят немонотонный характер. В то же время, для водных растворов солей многовалентных металлов эффект изменения pH в присутствии Нафиона не возникал, что позволило нам корректно измерить зависимость радиуса R от концентрации таких ионов. Оказалось, что величина R уменьшается с ростом содержания ионов, достигая нулевого значения при концентрации $C = 10^{-1}$ М. Однако, вид зависимости $R(C)$ позволяет утверждать, что эффект уменьшения R не может быть связан с кулоновской экранировкой электростатического поля, которое, возможно, возникает на границе с Нафионом в процессе его набухания в воде. Наконец, была измерена температурная зависимость R в чистой воде; в достаточно широком диапазоне температур наблюдается примерно линейный рост величины R от температуры. Полученные экспериментальные результаты могут быть интерпретированы в терминах кластерной модели молекул воды, см., например, [1]; такие кластеры формируются вблизи гидрофильной поверхности (граница «нафион – вода») и обусловлены наличием водородной связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Roy, W.A. Tiller, I. Bell, M. R. Hoover. The structure of liquid water; novel insights from materials research; potential relevance to homeopathy. J. Materials Research Innov., 9(4), 577–608 (2005).