

03; 08; 12

© 1991

ХЕМОСЕНСОРНЫЙ ПЬЕЗОРЕЗОНАТОР

Е.В. Попов, И.Л. Манжуров

Детектирование состава химрастворов с помощью твердотельных пьезоэлектрических датчиков относится к развиваемому прикладному направлению технической физики. К настоящему времени наработан ряд результатов по идентификации биологических веществ в специально приготовленных жидкостях [1,2]. Однако, полученные результаты носят эпизодический, фрагментарный характер. Не определена собственно концепция пьезоэлектрических хемосенсоров.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования зависимости амплитуды генерируемого напряжения U_M от частоты возбуждения F автоколебаний кварцевого пьезорезонатора, агрегированного с химрастворами.

В качестве датчика использовали серийно выпускаемый кварцевый пьезорезонатор с базисной частотой резонанса в вакууме — 60 кГц. Подобная частота удовлетворяет условиям работы в области средних частот и, следовательно, предопределяет использование стандартной аппаратуры.

Для исследований использовали растворы химически чистого хлорида натрия (концентрации — 0.1; 0.2; 0.4; 0.8; 2; 4; 8 вес. %) в дистиллированной воде, а также 10 %-й водный и 10 %-й спиртовой растворы лецитина.

Полученные амплитудно-частотные характеристики комплекса „пьезорезонатор-раствор” в диапазоне $F = 10-2 \cdot 10^5$ Гц показывают, что в дистиллированной воде происходит значительное смещение резонансной частоты комплекса в область высоких частот, выше 200 кГц, такое же смещение характерно для спиртового и водного растворов лецитина. Последнее может быть объяснено тем, что при ультразвуковом диспергировании амфифильные молекулы формируют везикулы и влияние их на пьезорезонансный комплекс несущественно.

Обратный сдвиг резонансной частоты в область 110 кГц (рис. 1) дает растворение в дистилляте хлорида натрия. Наличие широкой резонансной области с $\Delta F = 20$ кГц обусловлено значительным ухудшением добротности резонансного контура в сравнении с вакуумными условиями. В амплитудно-частотных характеристиках для солевых растворов прослеживается пропорциональная зависимость амплитуды напряжения от концентрации раствора. Подобная пропорциональная зависимость имеет вид кривой насыщения (рис. 2). Обнаруженная чувствительность пьезорезонансного комплекса к концентрации солевого раствора является основным экспериментальным результатом работы.

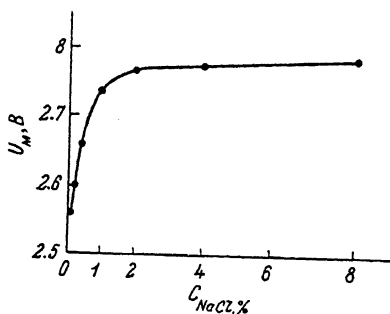
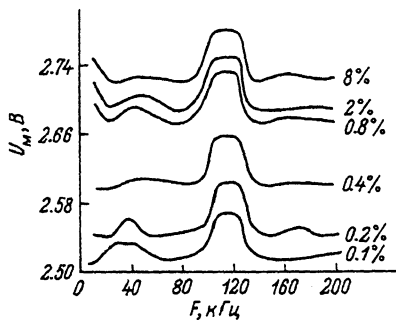


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики кварцевого пьезорезонатора, агрегированного с растворами хлорида натрия в воде (справа от АЧХ подписаны концентрации хлорида натрия).

Рис. 2. Зависимость амплитуды пьезорезонансного сигнала от концентрации хлорида натрия в воде.

Полученные результаты экспериментов стабильны и обладают хорошей повторяемостью.

Экспериментально полученный факт смещения резонансных частот в солевых растворах в сравнении с водным дистиллятом в область более низких частот удовлетворительно подтверждается известным соотношением между изменением массы Δm на поверхности пьезорезонатора и сдвигом ΔF резонансной частоты F_0 [1]:

$$\Delta F/F_0 = -\Delta m/\Delta \rho \delta,$$

где A — площадь кристалла пьезорезонатора, покрытая адсорбированными атомами; ρ — плотностью резонатора (кварца); δ — толщина свободного от адатомов кристалла. Видно, что добавление массы в пьезорезонирующий комплекс приводит к уменьшению резонансной частоты.

В работе [2] сдвиг резонансной частоты объяснен на основе уравнения связи вязкости и плотности жидкости, полученного из физической модели структуры затухающих сдвиговых волн в кристалле и жидкости во время резонанса:

$$\Delta F = -F_0^{3/2} \sqrt{\rho_L \eta_L / \pi \rho_Q \eta_Q},$$

где η_L — абсолютная вязкость жидкости, ρ_L — абсолютная плотность жидкости, η_Q и ρ_Q — упругий модуль и плотность кварца.

Таким образом, при изменении состава жидкости резонансная частота может значительно меняться. При увеличении концентрации хлорида натрия возрастает произведение плотности и вяз-

кости раствора и соответственно должно наблюдаться смещение резонансной частоты. Однако в эксперименте подобное не наблюдается (рис. 1). По-видимому, смещение ΔF происходит в пределах широкого максимума при $F = 100-120$ кГц, обусловленного низкой добротностью контура.

Возрастание амплитуды напряжения при увеличении концентрации хлорида натрия в воде, по-видимому, обусловлено эволюцией структурного упорядочения солевых растворов. Упорядоченность структурирования молекулами соли воды подтверждается и уменьшением темпа прироста пьезоэффекта при достижении концентраций насыщенного раствора.

Данное положение подтверждается также дрейфом амплитуды сигнала при анализе чистого дистиллята, поскольку вода в данном случае практически не структурирована (все измерения проведены при $T = 300$ К). Дрейф сигнала был отмечен также в работе [1] при исследовании подвижности в воде микробов. В данном контексте логично и идентичное поведение амплитудно-частотных характеристик водных и спиртовых растворов лецитина, при малых концентрациях не способного связывать молекулы воды в значительном количестве.

Следовательно, пьезоэлектрические комплексы твердотельных пьезорезонаторов и химрастворов позволяют однозначно идентифицировать состав и структуру анализируемых жидкостей.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] О к а h a t a Y., Е b a t o H., T a g u c h i K. // J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1987. N 28. P. 1363-1365.
- [2] M u r a m a t s u H., D i c k s J.M., T a m i y a E. and K a r u b e I. // Anal. Chem. 1987. V. 59. N 23. P. 2760-2763.

Поступило в Редакцию
8 августа 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 3

12 февраля 1991 г.

05.4

© 1991

СВЧ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВТСП МЕЖГРАНУЛЬНЫХ ДЖОЗЕФСОНОВСКИХ ПЕРЕХОДОВ

А.Н. Т а в х е л и д з е, Л.С. К у з ь м и н,
Е.С. С о л д а т о в, В.Н. О х р и м е н к о

В последнее время интенсивно изучается вопрос о применимости ВТСП материалов для формирования джозефсоновских переходов