

О ПОПЕРЕЧНОМ ЗВУКЕ В ЖИДКОСТЯХ

А.А. Бердыев, Н.Б. Ложнев

Тонкая структура крыла линии Релея, впервые обнаруженная в работе [1], была объяснена модуляцией света поперечными тепловыми волнами, широкий спектр которых существует в жидкостях. Такая точка зрения была в дальнейшем подтверждена оптическими опытами как с изменением угла рассеяния [2, 3], так и экспериментами с использованием лазеров различных частот [4, 5]. Сушность этих поперечных фононов, время жизни которых в жидкостях чрезвычайно мало, состоит в коллективном ассоциированном движении, захватывающим сотни, а в некоторых жидкостях и тысячи молекул. Такие исследования, сделанные для ряда маловязких объектов [6], имеют фундаментальный интерес в изучении структуры жидкости. Настоящая работа, выполненная по предложению И.Л. Фабелинского, является первой попыткой изучения физики этих явлений акустическими методами с искусственной генерацией поперечного звука.

Экспериментальная установка для наших измерений использует обычную импульсную схему [7–9] импедансного типа. Акустический тракт представляет из себя проходной коаксиальный резонатор, в максимуме электрического поля которого помещается кристалл кварца или ниобата лития цилиндрической формы с плоскопараллельными торцами. Поперечная конфигурация поля создавалась ножевыми электродами. Ориентировка кристалла в электрическом поле и его специальная обработка позволяла получать в нем сотни отражений поперечных волн. Нагружение кристалла жидкостью приводит к уменьшению амплитуды импульсов и коэффициент отражения находился в виде:

$$R = \sqrt{n A_{\text{ж}} / A_{\text{в}}}, \quad (1)$$

где n – номер отражения, а $A_{\text{ж}}$ и $A_{\text{в}}$ – амплитуды n -го отражения соответственно с жидкостью и без нее.

На рис. 1 и 2 представлены осциллограммы, у которых первый импульс слева соответствует тридцатому (глицерин) и пятидесятому (хинолин) отражению импульса быстрой поперечной волны в кристалле кварца с жидкостью и без нее на частоте 200 МГц. Отчетливо видна реакция аппаратуры при нанесении капли жидкости на кристалл, указывающая на уход поперечного звука в жидкость. Соотношение импедансов сред может быть выражено [7–9] через модуль коэффициента отражения R и фазовый сдвиг ϕ в виде:

$$Z_2 = Z_1 \frac{1 - R^2 + 2i R \sin \phi}{1 + R^2 + 2R \cos \phi}. \quad (2)$$

Оптические эксперименты [6] указывают на огромное поглощение поперечных волн в жидкостях, которое на наш взгляд влияет на измеряемые парамет-

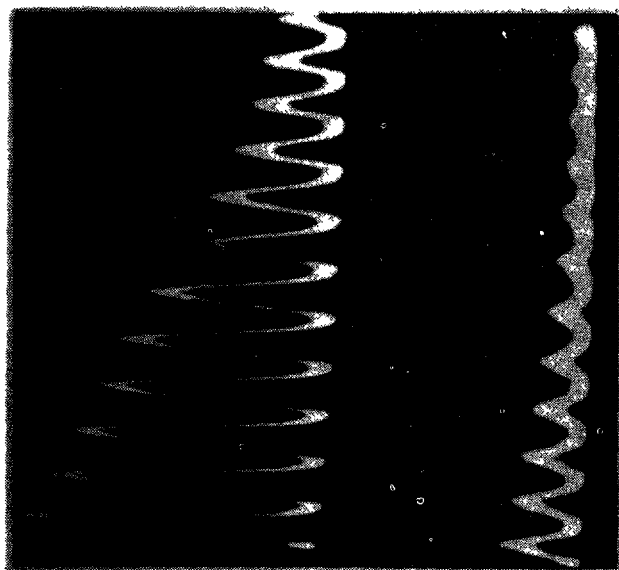


Рис. 1. Глицерин

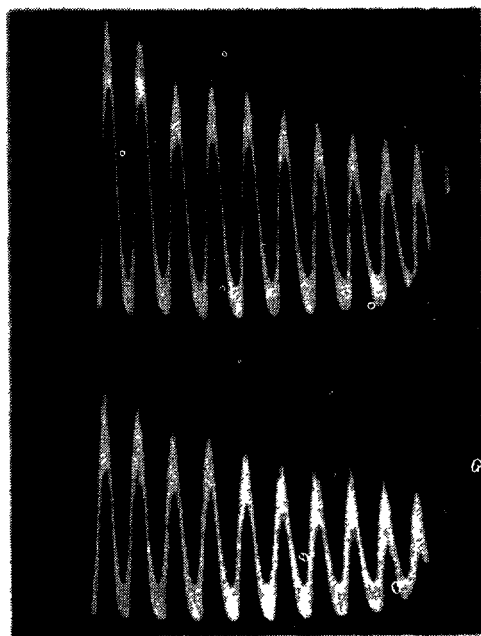


Рис. 2. Хинолин

ры в импедансном методе. Мы нашли связь измеряемых величин в виде:

$$R = \sqrt{\frac{[(\mu/2\pi)^2 + 1 - k]^2 + (\mu/2\pi)^2 k^2}{[(\mu/2\pi)^2 + 1 + k]^2 + (\mu/2\pi)^2 k^2}} \quad (3)$$

где μ — поглощение на длину волны, а $k = \rho_2 v_2 / \rho_1 v_1$ — соотношение плотностей и скоростей звука кристалла и жидкости соответственно. Выражение

(3), в частности, указывает на существенную зависимость скорости поперечного звука в жидкой среде от ее поглощения.

В наших экспериментах фазовый угол не измерялся, однако можно сделать следующие выводы.

Измерения в такой постановке могут дать лишь соотношение между поглощением и скоростью звука в жидкой среде, однако совместно с оптическими опытами может быть получена полная информация.

Учитывая, что скорость звука в экспериментах с поперечным дублетом определяется значительно точнее поглощения, можно утверждать, что поглощение, даваемое Стигманом [6] для хиолина, завышено по крайней мере на порядок. Если это не так, то надо допустить существенное уменьшение μ , а следовательно, и поглощения с ростом частоты при одновременном уменьшении скорости поперечного звука.

Скорость звука в подобных экспериментах не может быть меньше, чем v_{min} — несомненно, являющимся некоторым предельным параметром жидкости:

$$v_{min} = v_{\text{крист}} \frac{\rho_{\text{крист}}}{\rho_{\text{жидк}}} \frac{l}{l+R}. \quad (4)$$

Для глицерина $v_{min} = 218$ м/сек, а для хиолина 37 м/сек соответственно. (Температура 30°C, частота 200 МГц.)

Оценка амплитудных потерь поперечного звука на границе кристалл — жидкости для объектов, исследованных релеевской спектроскопией, а также наши эксперименты показывают, что на данном этапе нет такой экспериментальной техники, с помощью которой можно было бы измерить поглощение и скорость методом нахождение поперечного звука через слой жидкости.

Физико-технический институт
Академии наук Туркменской ССР

Поступила в редакцию
1 декабря 1970 г.

Литература

- [1] Б.С.Старунов, Е.В.Тиганов, И.Л.Фабелинский. Письма в ЖЭТФ, 5, 317, 1967.
- [2] Е.В.Тиганов. Диссертация, ФИАН, М., 1967.
- [3] С. J. A. Stegeman, V. P. Stoicheff. Phys. Rev. Lett., 21, 202, 1969.
- [4] Л.М.Сабиров. Диссертация, ФИАН, М., 1970.
- [5] Л.М.Сабиров, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. ЖЭТФ, 60, вып. 1, 1971 (в печати).
- [6] C. J. A. Stegeman. Dissertation, University, Toronto, 1969.
- [7] A. J. Barlow, J. Lamb. Proc. Roy. Soc., Ser. A, 253, 52, 1959.
- [8] A. J. Barlow, S. Subramanian. Brit. J. Appl. Phys., 17, 9, 1201, 1966.
- [9] J. Lamb, H. Seguin. JASA, 39, 3, 519, 1966.