

**Н.Д. Павлов, Ю.А. Балошин, А.П. Слободжанюк,
Д.С. Филонов, П.А. Белов**

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики*

Изучение электромагнитных свойств воды для применения в задачах радиофизики и медицины

Свойства диэлектрических проницаемостей жидкостей необходимы в современных задачах радиофизики и медицины. Дисперсионные характеристики воды в ГГц диапазоне частот важны для диагностики состояния биообъектов. Также в этом частотном диапазоне, физические свойства жидкостей необходимы в метаматериалах, где жидкости могут выступать в качестве их наполнителей. Эта работа посвящена изучению электромагнитных свойств воды в СВЧ диапазоне.

Введение

Знания о электромагнитных свойствах жидкостей в современных задачах радиофизики и медицины очень актуальны. Дисперсионные характеристики жидкостей в ГГц диапазоне частот необходимы для исследований свойств метаматериалов, когда эти жидкости используются в качестве их наполнителей. Касательно медицинского применения эти знания важны в задачах диагностики состояния биологического объекта, где те же дисперсионные характеристики играют важную роль [1].

Методы измерения электромагнитных свойств жидкостей

Для измерения электродинамических параметров жидкостей были использованы две основные методики: Никольсона-Росса-Вейра (НРВ) [2] и активной ближнеполевой диагностики [3]. Эти методики имеют схожие физические принципы работы, но они различаются в практическом исполнении и в информации, которую можно извлечь при их использовании из исследуемого образца. Методика НРВ основывается на принципах экстракции материальных параметров [2, 4, 5] из S-параметров отражения S_{11} и прохождения S_{21} через образец с толщиной d , расположенного внутри волноводной секции.

Важным параметром при измерении S-параметров является изменением фазы волны при её прохождении через исследуемый образец. Фаза вносит некоторые ограничения на форму поверхности исследуемого образца. Для корректного измерения фазы необходимо учитывать следующий важный фактор, плоско параллельность поверхности исследуемого образца. Это требуется для предотвращения искажения в фазе волны. Намного труднее достичь этого для исследуемого образца в жидкой фазе нежели для твердой при помещении его в волновод. В сравнении с методикой активной ближнеполевой диагностики, преимуществом методики НРВ является возможность извлечения магнитной проницаемости исследуемого образца. Методика активной ближнеполевой диагностики позволяет определить материальные параметры по измерению проводимости исследуемого образца и изменению импеданса в ближней зоне антенны. Невозможность измерения магнитной проницаемости в данной методике компенсируется простотой калибровки и измерения проводимости, и диэлектрической проницаемости жидкостей. В данном случае достаточно расположить пробу на поверхности исследуемого образца жидкости и произвести измерения. Измерения воды

были произведены обоими методиками, полученные результаты практически накладываются друг на друга. Таким образом, ввиду выше изложенных неудобств методики НРВ, основная часть измерений была выполнена методикой активной ближнепольной диагностики.

Заключение

Как правило для большинства жидкостей магнитная проницаемость принимается равной единице и практически не изменяется от внешних условий, в отличие от диэлектрической проницаемости, поэтому в данных исследованиях не рассматривалось влияние внешних магнитных полей на исследуемые жидкости. Учитывая все вышесказанное, большинство измерений было проведено по методике активной ближнепольной диагностики, в виду простоты измерений.

В задаче влияния внешних магнитных поля на живые организмы, в первом приближении на воду, основной методикой исследований выступает методика НРВ, которая позволяет реализовать приложение внешнего магнитного поля к исследуемому объекту жидкости и определить величину диэлектрической проницаемости, тем самым показать влияния приложенного внешнего магнитного поля на воду.

В результате экспериментальных исследований были измерены значения вещественной и мнимой части диэлектрической проницаемости, а также проводимость воды и солевых растворов обоими методиками.

Библиографический список

1. Самойлов В. О., “Медицинская биофизика”, *СпецЛит*, 496 стр., Санкт-Петербург, 2004
2. Luukkonen O., Stanislav I. Maslovski, Sergei A. Tretyakov, “A Stepwise Nicolson–Ross–Weir-Based Material Parameter Extraction Method”, *IEEE antennas and wireless propagation letters*, том. 10, стр. 1295-1298, 2011
3. Юрасова Н. В., “Ближнепольное СВЧ зондирование плоскостойких сред”, 113 стр., Нижний Новгород, 2006
4. Nicolson A. M. and Ross G. F. 1970 Measurement of the intrinsic properties of materials by time-domain techniques *IEEE Trans. Instrum. Meas.* 19 377-382
5. Weir W. B. 1974 Automatic measurement of complex dielectric constant and permeability at microwave frequencies *Proc. IEEE* 62 33-36