

Клименко Н.Ю. Резонансные датчики положения зонда для атомно-силовой микроскопии. [Текст]/ О.В. Немченко., Н.Ю. Клименко // Пошук молодих. матеріали Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції [“Технології компетентнісно-орієнтованого навчання природничо-математичних дисциплін”], (Херсон 23-24 квітня 2015р)/Укладачі: В.Д.Шарко - Херсон: ХДУ. - Випуск 14. 2015. – С.-36-38.

РЕЗОНАНСНЫЕ ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ ЗОНДА ДЛЯ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Клименко Н.Ю., Немченко А.В.

Херсонский государственный университет

Одним из основных методов изучения наномира является использование атомно-силовой микроскопии (АСМ), которая позволяет получить уникальную информацию о строении поверхности различных, в том числе и диэлектрических материалов. Сущность атомно-силового метода состоит в отслеживании деформации гибкой консоли – кантилевера, взаимодействующего с поверхностью исследуемого образца.[1]

Широко распространенный оптический метод требует использования зеркальной тыльной поверхности кантилевера, что необходимо для правильного хода следящего лазерного луча. Если в кантилеверах заводского изготовления, эта проблема легко решается напылением слоя алюминия, то в лабораторных условиях такой путь не представляется удобным. Одним из наиболее интересных режимов работы АСМ является полуконтактный, при котором зонд приводится в высокочастотные колебания с помощью вспомогательного пьезоэлемента. Представляется естественным использовать этот же пьезоэлемент в качестве датчика.

Как известно [2], амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) пьезоэлектрических резонаторов содержит два экстремума. Минимум, соответствует последовательному резонансу, при котором ток, протекающий через резонатор максимален, а падение напряжения – минимально. Чуть выше по частоте располагается максимум антирезонанса, аналогичный АЧХ параллельного колебательного контура. В этом случае минимален ток, а максимально напряжение на резонаторе.

Взаимодействие зонда с поверхностью образца, внося в систему дополнительное затухание, приводит к изменению амплитуды колебаний резонатора, что может быть легко зарегистрировано стандартными радиотехническими средствами. Один из возможных вариантов такой схемы показан на рис. 1.

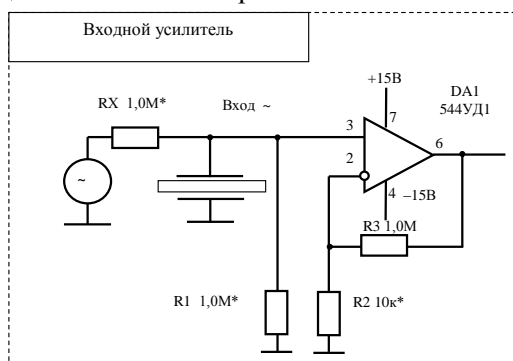


Рис.1. Схема включения 2-х электродного пьезоэлемента.

Резонатор ZQ1 возбуждается от внешнего генератора через большое сопротивление RX, необходимое для предотвращения шунтирования резонатора низким выходным сопротивлением источника. Напряжение, падающее на резонаторе, усиливается на 40дБ (в 100 раз), и детектируется по амплитуде для последующего использования в цепи обратной связи АСМ.

Были испытаны два типа резонаторов. Первый – пьезоэлектрическая трубка от звукоснимателя, длиной 15мм и диаметром 1,5мм. Аналогичная трубка, несколько меньшей длины, 7мм, применяется в зондовом микроскопе «Наноздюкатор» [3]. Учитывая хрупкость пьезотрубок, вторым типом резонатора был выбран унимоформный пьезодиск, диаметром 25мм, на стальной основе, применяемый в звукоизлучателях.

Возбуждение резонаторов осуществлялось генератором Г3-112, с дополнительным контролем частоты частотомером ЧЗ-24. Амплитуда напряжения, после усиления в 100 раз и детектирования, измерялась цифровым вольтметром В2-36, и составляла, при максимуме, 7В, что соответствует напряжению на резонаторе 70мВ.

Результаты исследования АЧХ обоих резонаторов, нормированные по отношению к уровню резонансных максимумов, приведены на рис.2.

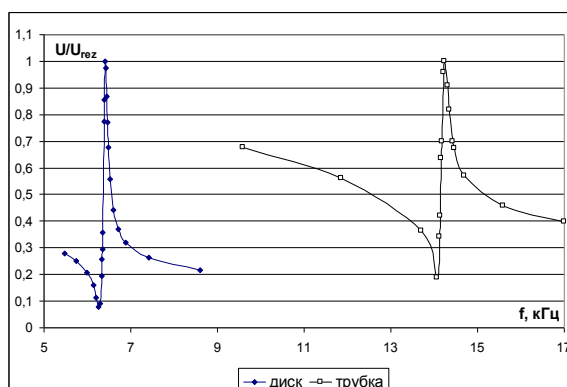


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика дискового и трубчатого пьезоэлементов.

Как видим, оба резонатора имеют характерную форму АЧХ, с четко выраженными минимумами и максимумами. Резонансные частоты максимумов составляют 6410 Гц для диска и 14230 Гц для трубки. Добротность резонаторов, оцененная по ширине пика на уровне 0,7, составила 72 для диска и 55 для трубки. К тому же, минимальный и фоновый уровни напряжения у дискового резонатора оказались примерно в 2 раза ниже, чем у трубчатого.

Такие параметры АЧХ, и большая механическая прочность, делают перспективным применение дисковых резонаторов в качестве чувствительного элемента АСМ.

Литература:

1. Многопараметрическая атомно- силовая микроскопия в физико-химических исследованиях микро- и нанообъектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:

<http://www.phyche.ac.ru/files/Molchanov.pdf>.

Кварцевые резонаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://osc.phys.msu.ru/mediawiki/upload/9/99/KRR.pdf>.

Учебно-научный комплекс «Наноэдюкатор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://ntspb.ru/products/uchebno-nauchnyj-kompleks-platforma-nanoedyukator/nanoedyukator-i/>.