**Низкочастотный высокодобротный механический резонатор**

**на основе кремниевой пластины**

***Клочков Я.Ю.***

*аспирант*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*

*Email:* *klochkov.jj15@physics.msu.ru*

Одной из особенностей проекта гравитационно-волнового детектора третьего поколения LIGO Voyager являются пробные массы из монокристаллического кремния, охлаждаемые до 123 К. Кремний обладает малыми механическими потерями; кроме того, вблизи этой температуры коэффициент теплового расширения кремния проходит через нуль, что позволяет подавить термоупругие шумы пробных масс [1]. Для тонкой подстройки положения пробных масс, в качестве одного из вариантов, рассматривается электростатический актюатор. За счёт емкостной связи тепловой шум электрического напряжения пробной массы, обладающей конечной проводимостью, становится источником флуктуационной силы, действующей между электродом актюатора и пробной массой [2]. Целью настоящей работы является разработка низкочастотного механического резонатора для исследования шумов смещения кремниевой пробной массы гравитационно-волнового детектора в электрическом поле.

Разработанный низкочастотный механический резонатор состоит из 4 спиральных кантилеверов. Кантилеверы расположены на общем основании и дополнительно попарно связаны между собой. Дополнительная связь необходима для того, чтобы разнести частоты нормальных мод резонатора, соответствующих фундаментальной моде одиночного кантилевера, и, таким образом, ослабить межмодовую перекачку энергии. Наименьшими потерями в закреплении среди этих мод обладает мода, в которой противоположенные пары кантилеверов колеблются в противофазе – так называемая антисимметричная мода, при этом силы и моменты сил, действующие на основание резонатора со стороны кантилеверов, взаимно компенсируются. Опытный образец резонатора был изготовлен из кремниевой пластины диаметром 76,2 мм и толщиной 0,38 мм методом анизотропного жидкостного травления [3].

Антисимметричная мода опытного образца с частотой 63 Гц имеет добротность (1,3±0,2)∙107 при температуре около 100 К. Для измерений была использована экспериментальная установка, описанная в [4].

В дальнейшем мы планируем перейти к прямому измерению шумов смещения кремниевого механического резонатора в электрическом поле. Полученные в работе результаты будут использованы для расчета шумов кремниевых пробных масс гравитационно-волновых детекторов в поле электростатических актюаторов.

**Литература**

1. R. Adhikari et al., A cryogenic silicon interferometer for gravitational-wave detection

// Class. Quantum Grav. 37, 165003 (2020)

1. E. Bonilla et al., Method for electromechanical modeling of Johnson noise in Advanced LIGO // Class. Quantum Grav. 38 025014 (2020)
2. R. Kleiman et al., Single-crystal silicon high-Q torsional oscillators // Rev. Sci. Instrum. 56, 2088 (1985)
3. Y. Klochkov et al., Measurement of the temperature dependence of mechanical losses induced by an electric field in undoped silicon disc resonators // Appl. Phys. Lett. 122, 142109 (2023)