

Предвестники параметрической неустойчивости в интерферометре LIGO

Поляков Илья Андреевич, Вячанин Сергей Петрович

студент

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: Polyakov@hbar.phys.msu.ru

В лазерной гравитационной антенне LIGO для обеспечения измерений с точностью 10^{-19} м планируется увеличить оптическую мощность, циркулирующую в интерферометре до $W = 830$ кВт. Столь высокая мощность и очень малые механические потери способны вызвать нежелательный эффект параметрической неустойчивости (ПН) [1]. Он появляется при выполнении соотношений синхронизма $\omega_0 - \omega_1 - \omega_m = \Delta \approx 0$ между частотами основной моды ω_0 интерферометра Фабри-Перо, накачиваемой лазером, оптической стоксовой ω_1 и упругой моды ω_m колебаний поверхности зеркала, и при превышении циркулирующей мощности W некоторого критического значения W_{crit} . Этот эффект проявляется в нарастании амплитуды колебаний стоксовой оптической моды и упругих колебаний поверхности зеркала, мешающие наблюдать гравитационный сигнал.

При отражении волны с частотой ω_0 от поверхности зеркала, колеблющегося с частотой ω_m , происходит перекачка (в силу эффекта Доплера) её энергии через колебания упругой моды в энергию волн на частотах $\omega_0 \pm \omega_m$. Оптическая мода за счёт пондеромоторной силы давления света оказывает влияние на упругую моду. Таким образом, мы имеем систему трех связанных осцилляторов, для которой существует допороговый режим (см. Рис. 2), когда энергия и амплитуда накачки интерферометра B_0 меньше критической $B_{crit} = 1/\sqrt{V}$ (и отсутствуют колебания в стоксовой $|F_{lm}|^2$ и упругой $|Z|^2$ модах), и надпороговый, когда энергия накачки превышает критическую (характеризующийся нарастанием упругих и стоксовых колебаний). Нас интересует случай энергии накачки близкой к критической, когда увеличивается амплитуда флуктуационных колебаний в упругой (и стоксовой) моде. По таким предвестникам можно судить о приближении к ПН. Если бы мощность накачки была бы бесконечной, то предвестники нарастали бы так же до бесконечности. В случае ограниченной мощности накачки, амплитуда предвестников выходит на насыщение. Этот эффект был объяснён с точки зрения декремента затухания стоксовой и упругой моды, стремящегося к нулю при приближении к критической величине накачки.

Как средство борьбы с ПН нами был предложен успокоитель, схема которого показана на Рис. 2. Успокоитель вносит дополнительное затухание в движение поверхности зеркала через пондеромоторное давление, создаваемое в дополнительном интерферометре (AFP). Мощность лазера (AL) в AFP модулируется цепью обратной связи (FB loop), пропорционально скорости колебаний поверхности зеркала. Преимущество такого успокоителя (по сравнению с [2]) заключается том, что (1) требуется достаточно малая мощность лазера AL и (2) вносимые шумы достаточно малы.

Литература

1. V. B. Braginsky, S. E. Strigin, and S. P. Vyatchanin, Physics Letters A287, 331 (2001).
2. V. B. Braginsky and S. P. Vyatchanin, Physics Letters A293, 228 (2002).