

УДК 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КВАНТОВОГО ДАТЧИКА ВРАЩЕНИЯ

А. С. ЗАВИТАЕВ (Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург)

Научный руководитель – д.т.н, проф. Евстифеев Михаил Илларионович
(Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург)

В процессе эксплуатации квантовый датчик вращения (КДВ) подвергается вибрационным воздействиям, что приводит к деформациям элементов конструкции и соответствующим погрешностям при работе датчика. В работе рассмотрены деформации, возникающие в оптической системе КДВ.

Введение

КДВ – датчик, чувствительным элементом которого является ячейка с ансамблем ориентированных атомных ядер, обладающим макроскопическим магнитным моментом. Принцип действия КДВ основан на зависимости частоты прецессии макроскопического магнитного момента ядер в постоянном магнитном поле от угловой скорости вращения основания [1,2]. Независимость положения ядер в ячейке от инерционных воздействий [3] не исключает возникновения погрешности прибора от смещений периферийных элементов вследствие деформаций конструкции. Целью работы является исследование подобных деформаций в оптической системе КДВ.

Основная часть

Ядерный магнитный резонанс, необходимый для функционирования датчика, достигается при прохождении через ячейку лазерного излучения [4,5]. Для поддержания стабильности параметров излучения в КДВ сконструирована оптическая система. В нее входят газовая ячейка и лазеры детектирования и накачки. Для обеспечения прохождения лазера через ячейку применяются оптические делительные призмы и зеркало. Важно, чтобы в процессе работы геометрические параметры оптической системы оставались неизменными. Это обоснованно зависимостью мощности излучения, сообщаемого атомам, от положения оптических элементов. Одновременно с этим мощность излучения влияет на ARW датчика [4].

В ходе эксплуатации датчик в целом и оптическая система в частности подвергается вибрационным воздействиям. В результате возникают деформации внутри оптической системы. Для их анализа разработана компьютерная физико-механическая модель с применением метода конечно-элементного анализа для оценки вибрационных воздействий в программе Сгео и модель, отражающая оптические параметры системы, в Comsol. В результате анализа определено, что в случае применения тонкостенной ячейки (с толщиной стенки 0.4 мм), оптическая система нечувствительна к линейным смещениям до уровня 0.15 мм, при угловых смещениях делительной призмы на уровне 1° изменения ARW датчика может достигать до 5%.

Выводы.

При вибрации до 20g в диапазоне от до 2000 Гц в случае отсутствия резонансов в конструкции изменения ARW составляет не более 5%. При наличии конструктивных резонансов изменение ARW достигает 13%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шевченко А.Н., Захарова Е.А.** Исследование зависимости качества резонанса от распределения цезия в ячейке квантового датчика вращения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 567–573. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-567-573
2. **Литманович Ю.А., Вершовский А.К., Пешехонов В.Г.** Гироскоп на основе явления ядерного магнитного резонанса: прошлое, настоящее, будущее // Материалы пленарного заседания 7-й Российской мультikonференции по проблемам управления ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». – 2014. – С. 35–42.
3. Larsen M., Bulatowicz M. Nuclear magnetic resonance gyroscope: for DARPA's micro-technology for positioning, navigation and timing program // Proc. IEEE Int. FrequencyControl Symposium, 2012. doi: 10.1109/fcs.2012.6243606
4. **А.К. Вершовский, Ю.А. Литманович, А.С. Пазгалев, В.Г. Пешехонов.** Гироскоп на ядерном магнитном резонансе: предельные характеристики // Гироскопия и навигация. 2018. Т. 26. №1. С. 55-80. DOI 10.17285/0869-7035.2018.26.1.055-080
5. Alexander A., B., Svetlana A., Z., Denis Yu., O., & Vladimir E., T. (2018). Fabricating a high aspect ratio ferromagnetic core 3D micro-inductor using MEMS technology. Nanoindustry Russia, 511–511. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2018.82.511>