

Трехкомпонентный квантовый вариометр для автономных космических устройств

С.Э. Логунов^{1,2}, В.В. Давыдов^{1,3}, В.Ю. Рудь^{3,4}

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

²Северо-Западный открытый технический университет, Якорная, 9а, литера А, Санкт-Петербург, Россия, 195027

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Институт 5, Большие Вяземы, Московская обл., Россия, 143050

⁴ФТИ А.Ф. Иоффе, Политехническая 26, Санкт-Петербург, Россия, 194021

Аннотация

Обоснована необходимость дополнительного исследования вариаций магнитного поля в магнитном переходном слое, в магнитопаузе, а также в плазменном слое и в хвосте магнитосфере в большом диапазоне расстояний от Земли. Для получения дополнительной информации по сравнению с исследованиями, которые проводятся в космическом пространстве в настоящее время, необходим одновременный контроль магнитного поля в различных точках космического пространства. Также необходимо регистрировать динамику изменения магнитного поля во времени в пространстве по трем компонентам. Для реализации данной задачи разработан малогабаритный трехкомпонентный квантовый вариометр с автономным питанием для космических устройств, которые можно утратить в процессе непродолжительных исследований. Представлены результаты работы квантового вариометра.

Ключевые слова

Солнечный ветер, магнитное поле Земли, магнитосфера, силовые линии, вариация магнитного поля, лазерное излучение, магнитная жидкость, дифракционная картина

1. Введение

Магнитосфера Земли является важнейшей составляющей экологического состояния на планете. Она защищает все живое на Земле от потоков ионизирующего излучения (солнечный ветер). Важным элементом магнитосферы Земли является граница (магнитопауза), на которой давление со стороны магнитного поля Земли равно давлению ударной волны солнечного ветра. В магнитосфере существуют области, которые представляют собой геомагнитные ловушки, удерживающие частицы в ограниченном объеме. Это образует радиационные пояса Земли. Все эти области магнитных полей для прогнозирования различных ситуаций, как на Земле, так и в космическом пространстве на околоземных орбитах, необходимо исследовать в процессе эволюции вселенной. Информации с магнитометров, размещенных на космическом корабле *Ulysses*, недостаточно для пространственного контроля различных зон магнитосферы. Необходимы автономные датчики магнитного поля, которые позволят проводить измерения продолжительное время в условиях автономного полета.

2. Трехкомпонентный квантовый измеритель вариаций магнитных полей

В работах по исследованию вариаций магнитного поля в Земном поле от подвижного объекта была предложена конструкция автономного датчика на основе феррофлюидной ячейки

с магнитной жидкостью [1, 2]. Измерялась вариация магнитного поля в направлении силовых линий Земли (одна компонента), так как подвижный объект наибольшие их искажения создает в данном направлении. В случае воздействия солнечного ветра (магнитное поле Солнца больше магнитного поля Земли в 100 раз – порядка 50 мкТл) на автономный объект устанавливаются три датчика (три модуля с общим питанием от солнечных элементов). Феррофлюидная ячейка в каждом из этих датчиков располагается в управляемом магнитном поле соленоида. Лазерное излучение с $\lambda = 632.8$ нм поступает на прозрачные стенки ячейки перпендикулярно магнитному полю. Если магнитное поле однородно, то фотоприемник регистрирует от прошедшего через ячейку лазерного излучения симметричную дифракционную картину в виде полос (Рисунок 1.а). Разрешение полученной картины определяется числом пикселей фотоприемника на 1 см^2 . Так разрешающая способность фотоприемника составляет 3840×2160 , что соответствует 8 МП. Размер же одного пикселя составляет 1,4 мкм. При превышении индукции $B_{\text{св}}$ магнитного поля солнечного ветра индукции поля соленоида возникают искажения (Рисунок 1.б). Подстраивая поле соленоида, можно определить $B_{\text{св}}$ в данном направлении. От трех датчиков построить пространственную картину поля в точке пространства.

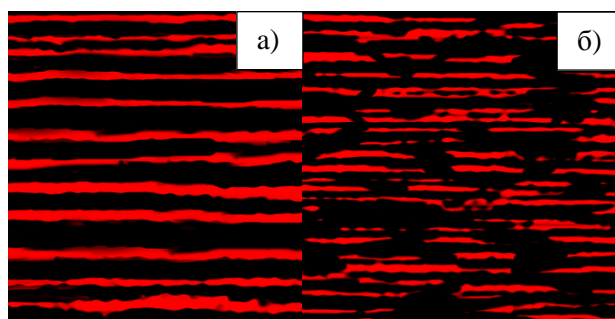


Рисунок 1. Дифракционная картина от лазерного излучения для случаев размещения феррофлюидной ячейки: а) в однородном магнитном поле, б) – неоднородном

Анализ полученных результатов (Рисунок 1) показывает, что, управляя магнитным полем соленоидов, можно получать информацию как о величине трех компонент магнитного поля в космическом пространстве, так и о характере их изменения (вариациях) во времени. Для этого надо выполнить предварительную градуировку датчиков и заложить в них различные варианты программы измерения магнитного поля.

3. Заключение

Проведенные экспериментальные исследования показали, что срок эксплуатации таких датчиков с автономным источником питания составляет более 1 года, с использованием солнечных элементов он может значительно увеличиться (пока не разрушатся защитные слои автономного объекта, изготовленные из немагнитного материала). Такая конструкция датчиков позволяет их отправить в космическое пространства с корабля минимум несколько десятков.

4. Литература

- [1] Logunov, S.E. New method of researches of the magnetic fields force lines structure / S.E. Logunov, V.V. Davydov, M.G. Vysoczky, M.S. Mazing // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1038(1). – P. 012093.
- [2] Logunov, S.E. Visualizer of magnetic fields / S.E. Logunov, A.Y. Koshkin, V.V. Davydov, A.A. Petrov // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 741(1). – P. 012092.