

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. Н. Гурьянов, Д. Д. Гусовский, Г. Г. Девятых, Е. М. Дианов, А. Я. Карасик, В. А. Козлов, А. М. Прохоров, А. К. Сенаторов, Высококочувствительный волоконно-оптический датчик вращения, *Докл. АН СССР*, 1983, том 269, номер 2, 334–336

<https://www.mathnet.ru/dan45997>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.89

15 мая 2025 г., 00:59:43



А.Н. ГУРЬЯНОВ, Д.Д. ГУСОВСКИЙ, академик Г.Г. ДЕВЯТЫХ, Е.М. ДИАНОВ,
А.Я. КАРАСИК, В.А. КОЗЛОВ, академик А.М. ПРОХОРОВ, А.К. СЕНАТОРОВ

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ВРАЩЕНИЯ

Задача создания высокочувствительных волоконно-оптических датчиков вращения весьма актуальна. Такие датчики будут обладать рядом несомненных преимуществ по сравнению с существующими гироскопическими устройствами при сравнимых чувствительностях к вращению.

Основным элементом волоконно-оптического гироскопа является кольцевой интерферометр, в котором волоконный световод служит для создания замкнутого оптического контура для интерферирующих световых лучей. Вращение контура приводит к появлению дополнительной разности фаз между интерферирующими лучами, которая прямо пропорциональна угловой скорости вращения [1]. Существует ряд проблем, которые являются общими для предложенных схем волоконно-оптических гироскопов: наличие паразитных невзаимных эффектов в кольцевом интерферометре; необходимость ввода дополнительной разности фаз $\pi/2$ между интерферирующими лучами для получения высокой чувствительности при малых скоростях вращения; поляризационная и амплитудная стабильность; влияние рассеянного и отраженного излучения на работу прибора; выбор оптимального способа модуляции и др. [2].

В [3] нами исследована работа волоконно-оптического датчика вращения, собранного из дискретных элементов. В предложенной нами схеме модуляция осуществлялась только путем периодического подключения выходов двух фотоприемников к регистрирующему устройству [4]. Относительно простая оптическая схема датчика обладала одним существенным недостатком: введение дополнительного фазового сдвига $\pi/2$ достигалось соответствующей коррекцией волновых фронтов [5], что приводило к появлению невзаимных эффектов в отсутствие вращения. Преодолеть этот недостаток удастся введением в схему интерферометра пространственного фильтра в виде короткого отрезка одномодового волоконного световода в совокупности с линейным поляризатором. При этом применение фазовой модуляции излучения в световоде с последующим выделением полезного сигнала в синхронном детекторе решает проблему введения постоянного невзаимного фазового сдвига $\pi/2$ между интерферирующими лучами [6].

Мы исследовали работу подобного волоконно-оптического датчика, имевшего следующие основные параметры: $\lambda = 0,63$ мкм, (He-Ne-лазер), длина одномодовых волоконных световодов $L = 260$ и 850 м, диаметр катушки $0,5$ м. Фазовая модуляция излучения осуществлялась пьезокерамическими модуляторами, работавшими в области частот $20-130$ кГц. Кратковременный дрейф нуля датчика ($L = 260$ м) при времени интегрирования $\tau = 2,7$ с показан на рис. 1а. Для калибровки устройства катушка со световодом вращалась со скоростью $0,15$ градус/с. Среднеквадратичный уровень шума соответствует скорости вращения 5 градус/ч. Долговременный дрейф приведен на рис. 1б, катушка вращалась в противоположных направлениях с $\omega = 0,15$ градус/с. Увеличение дрейфа нуля по сравнению с его кратковременной величиной (рис. 1а) мы связываем прежде всего с работой фазового модулятора

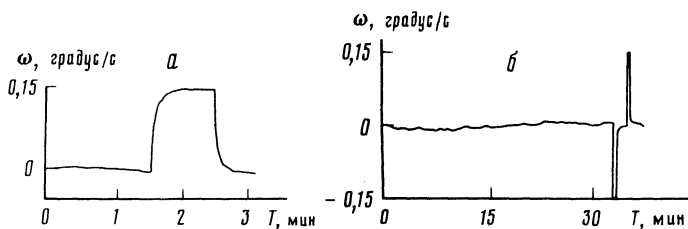


Рис. 1

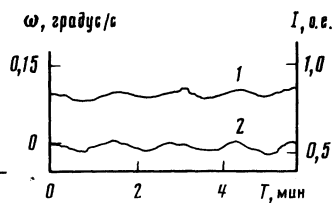


Рис. 2

излучения в световоде. Помимо модуляции фазы, пьезокерамический элемент может вызвать, например, эффективную поляризационную модуляцию излучения [7], что и наблюдалось в наших экспериментах. Это свойство модулятора приводит к появлению на фотоприемнике сигнала с частотой модуляции в отсутствие вращения катушки со световодом. Работа же "идеального" фазового модулятора при выбранной схеме датчика должна приводить к появлению на фотоприемнике только сигнала с удвоенной частотой модуляции при покоящейся катушке. Вращение катушки должно приводить к появлению сигнала с частотой модуляции. Таким образом, несовершенство модулятора в нашем случае вызывало паразитный дрейф нуля, зависящий, в частности, от стабильности мощности источника излучения, нестационарности положения оптических элементов, изменения двулучепреломления световода со временем. Иллюстрацией этого служит рис. 2, на котором кривая 1 показывает изменение во времени мощности лазера, работающего в специально подобранном режиме, а кривая 2 — дрейф нуля индикатора датчика. Измерения дрейфа нуля, результаты которых показаны на рис. 1, приводили без каких-либо специальных мер стабилизации элементов датчика в реальных лабораторных условиях.

Увеличение длины световода до 850 м позволило нам повысить чувствительность датчика до 1,5 градус/ч ($\tau = 0,5$ с, среднеквадратичный уровень шума измерялся за период в несколько минут). В этом случае мы специально подбирали частоту модуляции $f = 120$ кГц, удовлетворяющую условию $2fT = 1$ (T — время обхода контура световыми лучами). Как показано в [8], при этом сдвиг нуля в покоящемся датчике, определяемый нечетными гармониками частоты модуляции, должен быть минимален.

Проблемы улучшения работы исследованной нами схемы волоконно-оптического датчика сводятся к следующему:

повышение чувствительности датчика за счет увеличения длины световода и использования источников излучения с малой длиной когерентности для исключения невзаимных эффектов, связанных с рассеянным в световоде излучением [9];

стабилизация масштабного коэффициента датчика за счет исключения поляризационных эффектов в одномодовых световодах путем применения деполаризующих устройств [9], устройств поляризационного контроля [6] либо световодов, сохраняющих состояние поляризации излучения независимо от внешних условий.

В заключение отметим, что использование одномодового световода в качестве пространственного фильтра в совокупности с методом фазовой модуляции излучения и увеличением длины световода до 850 м позволило нам увеличить чувствительность волоконно-оптического датчика с ~ 100 [3] до 1,5 градус/ч (это соответствует разности фаз между интерферирующими лучами 10^{-4} рад).

Авторы признательны А.Б. Бухману за полезное обсуждение результатов работы.

Поступило
22 XI 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. Vali V., Shorthill R.W. — Appl. Opt., 1976, vol. 15, № 5, p. 1099.
2. Giallorenzi T.G., Bucaro J.A., Dandridge A. et al. — IEEE J. Quant. Electron., 1982, vol. QW-18, № 4, p. 626.
3. Бухман А.Б., Дианов Е.М., Карасик А.Я. и др. — ДАН, 1981, т. 261, № 4, с. 844.
4. Бухман А.Б., Дианов Е.М., Карасик А.Я. и др. — Письма в ЖТФ, 1982, т. 8, № 15, с. 897.
5. Гурьянов А.Н., Гусовский Д.Д., Девярых Г.Г. и др. — Письма ЖЭТФ, 1980, т. 32, № 3, с. 240.
6. Ulrich R. — Opt. Lett., 1980, vol. 5, № 5, p. 173.
7. Меш М.Я., Проклов В.В., Гуляев Ю.В. — Письма в ЖТФ, 1979, т. 5, № 8, с. 496.
8. Bergh R.A., Lefevre H.C., Shaw H.J. — Opt. Lett., 1981, vol. 6, № 10, p. 502.
9. Böhm K., Marten P., Petermann K. et al. — Electron. Lett., 1981, vol. 17, № 10, p. 352.

УДК 538.3

ФИЗИКА

А.В. ДЕНКЕВИЦ, А.А. ИВАНОВ, В.А. НИКИФОРОВ, В.В. ШАПКИН

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕССЫ РАЗДЕЛЕНИЯ В ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННОМ РАЗРЯДЕ В СКРЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

(Представлено академиком В.А. Легасовым 29 VII 1982)

В последние годы в физике достигнут заметный прогресс в решении задач разделения изотопов [1, 2]. Одной из систем для осуществления такого разделения является пучково-плазменный разряд в скрещенных электрическом и магнитном полях, в котором получены достаточно высокие коэффициенты разделения как элементов, так и изотопов; например, коэффициент разделения для естественной смеси изотопов неона составил 1,3 [3]. Такие коэффициенты разделения достигаются в стационарном режиме, что позволяет надеяться на реальность практического применения этих систем.

Как известно [4], процессы разделения в устройствах такого типа могут быть описаны в рамках поляризационного механизма, связывающего разделение с поляризационным дрейфом ионов в приторцевых областях рабочей камеры. В стационарном режиме коэффициент разделения определяется балансом потока частиц, вызванного поляризационным дрейфом поперек магнитного поля, скорость которого пропорциональна массе иона, и обратного потока частиц из-за возникающего в разряде радиального градиента плотности ионов, причем скорости обоих потоков существенным образом зависят от напряженности магнитного поля. Экспериментальному изучению влияния магнитного поля на процессы разделения в пучково-плазменном разряде в скрещенных полях и посвящена настоящая работа.

Эксперименты проводили на установке, конструкция которой аналогична описанной в работе [3]. Ее принципиальная схема изображена на рис. 1. Цилиндрическая проводящая камера 1 диаметром 20 см и длиной 1 м помещена в магнитное поле. Торцевые электроды 2 крепятся на изоляторах 3 и соединены с внешней стенкой камеры через источник радиального напряжения. Электронный пучок формируется пушкой 4, анод которой является одним из центральных электродов, диаметр катода 20 мм. Инжекция электронного пучка приводит к образованию плазмы, заполняющей всю рабочую камеру. Из-за большого отношения продольной проводимости плазмы к поперечной вся центральная зона приобретает потенциал электродов 2, что и приводит к образованию в системе радиального электрического поля.