

данных красителей в указанном растворе при облучении раствора гамма квантами Co^{60} в расчете на мощность дозы 1 Гр/с дали значения $t_{1/2} = 290$ с для метилового оранжевого и $t_{1/2} = 120$ с для полиметинового красителя ПК 7148.

На рисунке 4 приведена градуировочная цветовая шкала для многокомпонентного водно-этанольного раствора родамина С + кислотный зеленый антрахиноновый Н2С + полиметиновый краситель ПК 7031. Измерения времени «полуразрушения» в указанном растворе при облучении раствора гамма квантами Co^{60} в расчете на

мощность дозы 1 Гр/с дали значение $t_{1/2} = 280$ с для кислотного зеленого антрахинонового.

Литература

1. Попечиц В.И. Влияние гамма-облучения на спектры поглощения растворов кислотных красителей / В.И. Попечиц // Журнал прикладной спектроскопии. – 2003. – Т. 70, № 1. – С. 34–37.

2. Попечиц В.И. Регистрирующие системы для радиационного неразрушающего контроля на основе трехкомпонентных растворов органических красителей / В.И. Попечиц // Приборы и методы измерений – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 173–180.

УДК 531.383

ВОЛНОВОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ГИРОСКОП ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Распопов В.Я.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Российская Федерация

Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) с металлическим резонатором в значительной степени удовлетворяет требованиям на данном этапе развития гироскопической техники для применения в системах навигации, автоматического управления подвижными объектами и целеуказания, открывает новые перспективы для дальнейшего совершенствования гироскопических систем.

По сравнению с другими видами гироскопов, ВТГ с металлическим резонатором, имеет ряд преимуществ: полностью отсутствуют подвижные части, поэтому рабочий ресурс прибора достигает 15000 час и более; небольшие вес и габариты (20–80 г. при \varnothing 10–40 мм); малая энергоёмкость (несколько Вт); малое время готовности (1–5 с); сохранение работоспособности при кратковременном отключении электропитания (2–5 с); способность работать в двух режимах – свободной волны и силовой компенсации; слабая температурная зависимость выходного сигнала; способность выдерживать большие перегрузки; высокое отношение точность/цена; стойкость к ионизирующему излучению высокой энергии.

К ВТГ-ДУС с металлическим резонатором предъявляются следующие, примерные требования, обеспечение которых делает его конкурентноспособным для тактических применений (таблица 1).

Разработка конструкции, технологии и производственное освоение ВТГ с металлическим резонатором потребовало решения ряда новых научных, технических и технологических задач.

На кафедре «Приборы управления» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по схеме рисунок 1 разработан ВТГ-ДУС, опыт-

ное производство которого освоено в АО «Мичурицкий завод «Прогресс».

Таблица 1 – Требования к ВТГ-ДУС с металлическим резонатором

По условиям применения:	
диапазон измеряемых угловых скоростей	(0,01–9000) град/сек
потребляемая мощность одноосного ВТГ при напряжении питания 15 В не более	(1,5–2) Вт
температурный рабочий диапазон	(–50+60) °С
относительная влажность	98 % при $t = +35$ °С
диапазон давлений	от атмосферного до соответствующего высоте 3000 м над уровнем моря
многократные механические удары	(200–400) м/с ² длительностью 6 мс
случайная вибрация	(5–2000) Гц со спектральной плотностью 4,8 м/с ² /Гц и среднеквадратичным суммарным ускорением 31 м/с ²
синусоидальная вибрация	50 м/с ² , (5–500) Гц
По точности:	
уход	(1–30) °/час
порог чувствительности	0,005 °/сек (не более)
смещение нуля	(1–10) °/ч (не более)
отклонение масштабного коэффициента от линейности в рабочем диапазоне температур	3,5 · 10 ⁻³ % (не более)

Таблица 2 – Сравнение технических характеристик ВТГ INL-CVG-G200 фирмы INNALABS и ВТГ, разработанным ФГБОУ ВО ТулГУ

Параметр	INNALABS	ФГБОУ ВО ТулГУ
Количество осей	2	до 3 включительно
Формат выходных данных	цифровой	Цифровой, аналоговый
Интерфейс	RS-232/422/485	CAN, RS-232/422/485, SPI
Частота передачи выходных данных	2000–9000 Гц	500–10000 Гц
Температурная компенсация	есть	есть
Диапазон измерения	до ± 250 °/с*	до ± 2000 °/с*
Полоса пропускания	до 150 Гц*	до 50 Гц*
Нестабильность нулевого сигнала	не более 0,1 °/ч	не более 0,6 °/ч
Случайное блуждание	0,01 °/√час	0,06 °/√час
Шум покоя, RMS	не более 0,01 °/с	не более 0,025 °/с
Ошибка масштабного коэффициента во всем диапазоне температур	не более 0,35%	не более 0,05 %** не более 0,005 %***
Время запуска	не более 1 с	не более 3 с
Время выхода на режим	не более 50 с	не более 6 с
Потребляемая мощность	не более 3,3 Вт	не более 4 Вт
Диапазон рабочих температур	от –40 °С до +85 °С	от –40 °С до +85 °С
Диапазон температур хранения	от –55 °С до +90 °С	от –55 °С до +90 °С
Электромагнитные влияния	не защищено	не защищено

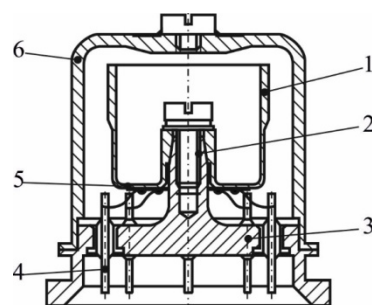


Рисунок 1 – Основные узлы ВТГ:
1 – резонатор; 2 – узел крепления; 3 – основание (корпус); 4 – гермовывод; 5 – пьезоэлемент; 6 – крышка (кожух)

В таблице 2 приведены сравнительные характеристики ВТГ INL-CVG-G200 фирмы INNALABS и ВТГ ФГБОУ ВО ТулГУ.

Литература

1. Журавлев В.Ф., Климов Д.М. Волновой твердотельный гироскоп. – М.: Наука, 1985. – 125 с.
2. Матвеев В.А., Липатников В.И., Алехин А.В. «Проектирование волнового твердотельного гироскопа». – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. – 165 с.
3. Развитие теории создания волновых твердотельных гироскопов с металлическим резонатором / В.А. Матвеев, М.А. Басараб, Б.С. Лунин, Е.А. Чуманкин, А.В. Юрин // Вестник РФФИ. Фундаментальная инженерия. – 2015. – № 3 (87). – С. 84–96.
4. Распопов В.Я., Волчихин И.А., Волчихин А.И., Ладонкин А.В., Лихошерст В.В., Матвеев В.В. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / Под ред. В.Я.Распопова. – Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 189 с.
5. Chikovani V.V., Yatsenko Yu. A., Kovalenko V.A., Scherban V.I. Digitally controlled High Accuracy Metallic Resonator CVG//Proc/ Symposium Gyro Technology, 2006, Stuttgart. – P. 40–47.

УДК 539.2

ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ЭПИТАКСИЯ КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУР Воробей Р.И., Гусев О.К., Тявловский К.Л., Шадурская Л.И., Свистун А.И.

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Выращивание эпитаксиальных слоев является одним из важнейших этапов формирования полупроводниковых приборных структур. Увеличение разнообразия применяемых материалов, типов приборных структур и готовых приборов требует применения либо принципиально новых технологических приемов, либо пересмотра известных методов. Как правило, эпитаксиальные структуры содержат множество слоев, включая переходные и компенсирующие, с существенно отличающимися концентрацией различного типа проводимости.

Одним из технологических приемов формирования эпитаксиальных слоев является метод газоразрядного легирования в режиме тлеющего разряда. При этом легирование слоев осуществляется формированием примесных соединений в лазерной плазме. В методе эпитаксиального выращивания в режиме тлеющего разряда в газоразрядную камеру помещаются электроды, содержащие основную легирующую примесь и редкоземельную геттерирующую примесь [1]. При подаче напряжения на электроды (несколько кВ) в межэлектродном пространстве форми-