

## ЦИФРОВОЙ МАЛОГАБАРИТНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ГИРОСКОП

Кривицкий П.Г., Матюшевский В.М., Оксенчук И.Д.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Цифровой малогабаритный лазерный гироскоп (далее ЦМЛГ) разрабатывается для навигационных систем космического применения в соответствии договором на создание научно-технической продукции программы Союзного государства «Мониторинг-СГ».

ЦМЛГ предназначен для использования в системах стабилизации и управления средствами дистанционного зондирования Земли и программно-моделирующих комплексов лабораторной отработки обеспечивающих систем космических средств в качестве датчика угловых перемещений.

В процессе выполнения проекта ОАО «Серпуховский завод Металлист» разработает конструкцию и технологию производства малогабаритного кольцевого лазера (МКЛ), аналоги которого на территории Союзного государства в настоящее время не выпускаются.

БНТУ имеет значительный опыт создания электроники обеспечения кольцевых лазеров, лазерных гироскопов и навигационных систем на их основе [1-3]. На базе МКЛ разрабатывается лазерный гироскоп нового поколения. ЦМЛГ (рисунки 1-2) имеет функционально законченную, моноблочную конструкцию, включающую в себя все необходимые системы обеспечения и вторичные источники питания.

Как видно на рисунке 2, электроника ЦМЛГ включает две небольшие размещенные «этажеркой» печатные платы. Верхняя плата – цифровой блок контроллера на базе 32-разрядного микроконтроллера (МК) семейства STM32, нижняя – аналоговые системы обеспечения МКЛ. В корпусе под платами размещается МКЛ блоками питания и поджига разряда.



Рисунок 1 – Внешний вид ЦМЛГ

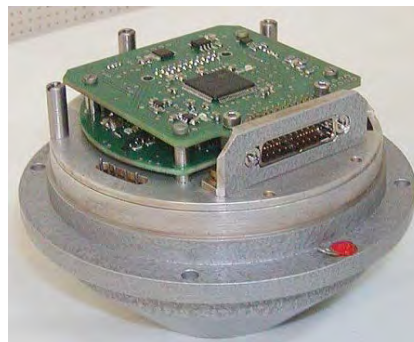


Рисунок 2 – ЦМЛГ без верхней крышки

Блок контроллера включает МК, ПЛИС, внешний интерфейс RS-422, вспомогательные подсистемы питания.

Системы обеспечения предназначены для выработки питающих МКЛ напряжений, токов и сигналов, обеспечивающих его функционирование.

Для стимуляции разряда в активных промежутках МКЛ и поддержания разрядного тока используется система поджига и накачки. Она содержит блок поджига разряда (БПР), стабилизаторы тока разряда (СТР) (по одному на анод) и высоковольтный источник анодного питания.

БПР обеспечивает напряжение зажигания газоразрядных промежутков МКЛ с малым давлением рабочей смеси, которое в 2...5 раз превышает напряжение горения.

СТР предназначен для автоматического задания выбранных анодных токов МКЛ и их стабилизации, а также для выдачи в МК информации о токах разряда в газоразрядных промежутках МКЛ для задания и поддержания необходимого тока разряда в анодном промежутке.

Использование СТР не снимает необходимости стабилизировать напряжение источника питания разряда, но в этом случае стабилизатор высокого напряжения будет играть дополнительную роль ограничителя напряжения на регулирующем элементе СТР.

Схемы питания разрядных промежутков создают на катоде МКЛ высокое отрицательное напряжение, затрудняющее включение стабилизатора тока в катодную цепь. Это приводит к необходимости применения стабилизаторов для каждого анода в отдельности. Другой причиной использования анодных СТР является то, что при изготовлении не могут быть сформированы два абсолютно одинаковых анодных канала, что

приведет к различию анодных токов если задавать только суммарный катодный ток. В СТР предусмотрен цифровой выход наличия разряда в стабилизируемом канале. Он используется для автоматизации процесса поджига, повышения надежности и сокращения времени готовности ЦМЛГ к работе. При пропадании разряда в любом из каналов МК включает БПР и восстанавливает разряд.

**Система регулировки периметра (СРП)** предназначена для вывода рабочей моды на центр контура усиления и поддержания с постоянства длины периметра МКЛ при изменениях его температуры и давления окружающей среды. СРП обеспечивает нестабильность длины периметра не хуже  $10^{-9}$ .

Выходной каскад ДПК представляет собой высоковольтный дифференциальный усилитель с ограниченной полосой пропускания, что повышает его устойчивость и позволяет снизить потребляемый ток.

**Система частотной "подставки"** предназначена для возбуждения и поддержания требуемой амплитуды механических угловых автоколебаний МКЛ. Она состоит из вибропривода и драйвера вибропривода (ДВП).

ДВП предназначен для создания угловых колебаний виброподвеса МКЛ на его резонансной частоте и управления по заданному алгоритму этими колебаниями со стабилизацией их амплитуды.

Вибропривод является составной частью МКЛ и предназначен для преобразования периодического электрического напряжения в крутильные колебания моноблока. Вибропривод МКЛ представляет собой деталь, вырезанную из единого куска металла электроэрозионным методом. Его форма оптимизируется так, чтобы, имея высокую жесткость по отношению к линейным ускорениям, он допускал упругие изгибные колебания. Роль движителя выполняют пьезокерамические пластины, наклеенные на плоские стойки, одни концы которых зафиксированы на основании, а вторые образуют крестовину. С ней связана другая крестовина, предназначенная для крепления моноблока.

Пары пьезокерамических пластин на стойках электрически соединены так, что при расширении одной из них вторая сжимается и наоборот. При этом стойки изгибаются, а крестовина и, следовательно, моноблок закручиваются по отношению к основанию.

**Система съема информации** предназначена для преобразования сигналов биений с информационных фотодиодов МКЛ в электрические сигналы, согласованные по уровню и форме с ин-

формационным каналом контроллера ЦМЛГ, а также формирования дополнительных информационных сигналов об интенсивности генерации, прохождении МКЛ нулевого положения и температуре моноблока в характерных точках.

**Усилитель-формирователь сигнала биений (УФБ)** предназначен для усиления преобразования двух токовых сигналов с двухплощадочного фотоприемника канала биений, усиления их до необходимого уровня и формирования цифровых сигналов для дальнейшей обработки контроллером ЦМЛГ.

**Датчик нулевого положения (ДН)** предназначен для формирования сигнала стробирования момента съема информации с МКЛ. Стробующий импульс должен вырабатываться при прохождении кольцевым лазером определенного (фиксированного) углового положения, при этом интеграл по угловому перемещению, связанному с колебательным движением вибропривода, за такт съема информации с высокой степенью точности равен нулю.

**Усилитель-формирователь канала интенсивности (УФИ)** предназначен для получения информации с МКЛ о положении моды относительно центра контура усиления активной среды. Данная информация используется МК для выбора оптимальной моды и выдачи информации на ЦАПы драйверов пьезокорректоров (ДПК) для поддержания длины периметра МКЛ и стабилизации его на оптимальной моде.

Проведены испытания макета ЦМЛГ с КЛ-3 т.к. МКЛ находится в процессе разработки. Испытания показали успешное функционирование электронных блоков и подтвердили правильность реализованных в разработке технических решений.

1. Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Оксенчук И.Д. Цифровой лазерный гироскоп. – Материалы 3-й МНТК «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов». – Могилев, 2009, – С.246-248.
2. Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Оксенчук И.Д. Адаптивная бесплатформенная инерциальная навигационная система. – Пятый белорусский космический конгресс 25–27 октября 2011 года. Материалы конгресса. Том 1. – ОИПИ НАН Беларуси, Минск – С.247-251.
3. Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г. Блок обеспечения кольцевого лазера на основе микроконтроллера STM32F407. – Материалы 5-й МНТК Приборостроение-2012, – Мн.: БНТУ, 2012 – С. 72-74.