

Оптическая система связи и управления на основе ВТСП болометра

Антоненко С.В., Коротков Д.П., Брызгунов К.В.

Московский инженерно-физический институт (государственный университет) 115409 Москва, Россия

Оптическая система связи и управления (ОССУ) на основе сверхпроводникового приемника модулированного излучения была спроектирована, разработана и создана для работы в распределенных системах управления, в том числе при наличии сильных электромагнитных помех и радиационных полей. Наиболее жесткие требования предъявляются к каналам обмена информацией между распределенными узлами систем или распределенными объектами. Достаточно обоснованным для таких систем является применение беспроводных оптических каналов связи. Одним из наиболее слабых мест этих систем являются приемные элементы, так как они являются открытой частью системы.

Определенный интерес для использования в качестве приемных элементов вызывают болометры на основе пленок высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). По сравнению с пироэлектрическими и полупроводниковыми приемниками излучения они обладают большей устойчивостью к воздействию ионизирующих излучений. К тому же свойства ВТСП, деградировавшие после облучения, могут быть легко восстановлены при проведении термических или токовых отжигов. Еще одним преимуществом болометров является широкий спектральный диапазон чувствительности, что позволяет применять их в линиях ИК связи с длиной волны передающего излучения, изменяющейся в зависимости от свойств окружающей среды.

Однако из-за теплового механизма детектирования излучения болометры обладают достаточно большой инерционностью и при высокой чувствительности быстродействие их невелико. Поэтому, до настоящего времени, ВТСП болометры в основном применялись в качестве чувствительных датчиков обнаружения малых слабо меняющихся (несколько Гц) теплоточков в широком спектральном диапазоне. Тем не менее, исследования показали [1], что чувствительность ВТСП болометра на основе висмута падает с увеличением частоты модуляции детектируемого излучения. При этом вплоть до 10-20 кГц сохраняется различимость коротких импульсных сигналов лазера.

В настоящей работе приведено краткое описание оптического канала связи и управления с приемным элементом на основе ВТСП болометра. Эта ОССУ разработана на основе информационно-измерительного комплекса, предназначенного для исследования свойств ВТСП болометров.

Ключевым элементом предлагаемого оптического канала связи является приемный элемент на основе пленки высокотемпературного сверхпроводника (ВТСП) $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ на подложке MgO , расположенный на хладопроводе оптического

криостата, охлаждаемого жидким азотом (рис. 1). Этот сверхпроводник, в отличие от ВТСП на основе соединения Y-Ba-Cu-O , химически более устойчив и не деградирует со временем. Хотелось бы отметить, что болометр, используемый в данной ОССУ работает в течение 10 лет без заметного изменения характеристик. Критическая температура используемой пленки составляла около 90К, геометрические размеры подложки – $8 \times 8 \text{ мм}^2$. Для повышения чувствительности болометра в центре образца с помощью лазерной резки была сформирована мандровая структура с параметрами: $1,1 \times 1,1 \text{ мм}^2$, 11 периодов, ширина реза 5 мкм. Сопротивление болометра составляло около 1 кОм в нормальном состоянии перед началом сверхпроводящего перехода. Контроль температуры обеспечивался 4-х контактным полупроводниковым термометром ТСАД, расположенным рядом с болометрическим датчиком в медной матрице. Температура хладопровода регулировалась проволочным нагревателем, установленным рядом с болометром. Сигнал с болометра снимался по стандартной четырехконтактной методике: к одной паре контактов подключался источник тока, с другой пары снималось напряжение. Результирующая чувствительность сигнала такого датчика составила $S \sim 1 \text{ мкВ/Вт}$ при частоте модуляции излучения $f = 5 \text{ кГц}$.

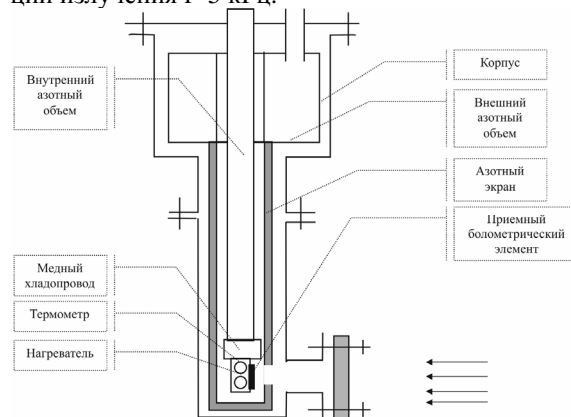


Рис. 1. Схема оптического криостата

Блок-схема ОССУ, дополненная контрольно-измерительным оборудованием, приведена на рис. 2. Передающая часть состоит из последовательно соединенных: предварительного усилителя, ЧМ модулятора, генератора накачки лазера и излучающего лазерного диода. Принимающая часть состоит из находящихся в криостате термометра, нагревателя и ВТСП болометра, соединенных соответственно с источниками тока: термометра, нагревателя и болометра. К потенциальным контактам болометра последовательно подключены предварительный усилитель и демодулятор. Так как эта

ОССУ создавалась на основе информационно-измерительного комплекса, то в схеме есть дополнительное контрольно-измерительное оборудование: вольтметр для термометра, вольтметр для болометра и графопостроитель (компьютер) для контроля нахождения болометра в рабочей точке – середине сверхпроводящего перехода; цифровой осциллограф, для контроля формы отклика болометрического датчика.

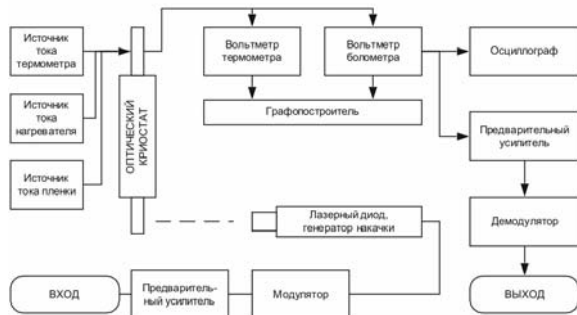


Рис.2. Блок-схема однонаправленного канала связи и управления, дополненная контрольно-измерительным оборудованием.

В качестве излучающего элемента выбран полупроводниковый лазерный диод ИЛПИ-110 (длина волны – 820 - 850 нм). Для коллимации излучения использовался объектив Юпитер-8, формирующий пучок излучения с расходимостью 2х3 градуса. Речевой сигнал с микрофона усиливается предварительным усилителем на основе микросхемы операционного усилителя К157УЛ1А и частотно модулируется с помощью генератора управляемого напряжением (ГУН). Сигнал с ГУН подается на разработанный генератор импульсов тока для накачки лазерного диода. Схема имеет вход внешнего запуска по положительному фронту сигнала с амплитудой 5-9 В для согласования ее работы со схемой модулятора. Генератор питается от источника 12 В, 1 А и формирует импульсы тока 100 А длительностью $\tau = 100$ нс. с перестраиваемой частотой следования до 10 кГц. Габаритные размеры лазерного блока – 350х70х90 мм.

В принимающем модуле оптического канала управления сигнал с болометрического приемника усиливается предварительным усилителем до насыщения с низкочастотной фильтрацией (для подавления низкочастотных помех от ламп дневного света, солнца и т.п.), отсекается по уровню 0,5 и демодулируется.

Реализованная ОССУ сочетает в себе дальность, направленность и помехоустойчивость лазерного инфракрасного излучения с радиационной и ЭМИ устойчивостью болометрического приемника. В случае подключения к разработанному каналу управления внешних интерфейсов управляющей и управляемой системы (модемов), возможный поток информации, без учета компрессии, может составить до 10 Кб/сек.

Показана возможность использования ВТСП болометра в системах управления оптического диапазона, предназначенных для управления сложными физическими установками.

Работа выполнена с частичной поддержкой ФЦП «Интеграция» проект №Б0049.

1. С. В. Антоненко, К. В. Брызгунов, Д. П. Коротков, Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика № 6, с. 44-46 (2001).