

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Д. Г. Гилев, У. О. Салгаева, А. Б. Волынцев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

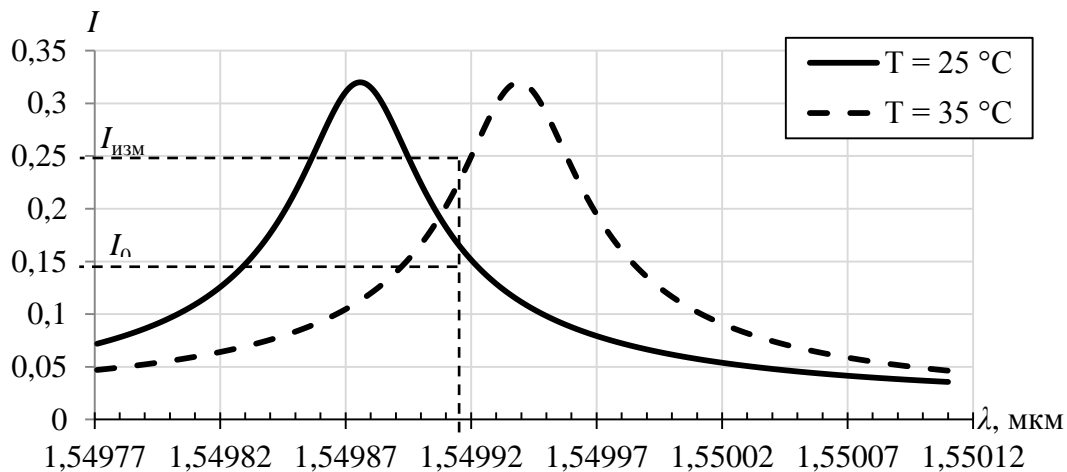
Фотонная интегральная схема (ФИС) – многофункциональная оптическая микросхема, состоящая из множества оптически связанных между собой компонентов, изготовленных на одной подложке и совместно выполняющих разнообразные функции обработки и передачи оптических сигналов. Рабочие характеристики ФИС чувствительны к воздействию факторов окружающей среды в силу зависимости эффективного показателя преломления от температуры, оказываемого на ФИС давления, состава среды и др. Исключить воздействие на ФИС факторов окружающей среды можно поместив ФИС в герметичный корпус. Однако при этом не решается проблема влияния на рабочие характеристики ФИС локального нагрева, вызванного функционированием активных элементов (лазеров, фотоприемников и др.), интегрированных на оптической подложке.

Рассмотрим влияние локального нагрева на рабочие характеристики ФИС на примере интегрально-оптического гироскопа. Интегрально-оптический гироскоп (ИОГ) – устройство, предназначенное для измерения угловых скоростей объекта, на который оно установлено. Чувствительным элементом ИОГ является кольцевой лазер, в активной области которого происходит генерация двух распространяющихся навстречу друг другу оптических сигналов, требующихся для детектирования угловой скорости объекта. В результате квантовомеханических эффектов, имеющих место при генерации оптического излучения, происходит нагрев активной области кольцевого лазера, вследствие чего смещается его резонансный пик. Если при детектировании сигнала, поступающего с чувствительного элемента ИОГ происходит измерение интенсивности  $I_0$  в некоторой выбранной рабочей точке резонансной кривой на заданной длине волны (Рис. 1), то при повышении температуры на  $10\text{ }^\circ\text{C}$  и смещении резонансного пика за детектируемое значение интенсивности будет принято значение  $I_{\text{изм}}$ , в результате чего ошибка измерения угловой скорости может достигнуть 60 %.

Для повышения точности измерений должна быть решена проблема термостабилизации, которая решается путем размещения чувствительного элемента ИОГ или ФИС на термостабилизирующем элементе Пельтье в герметичном корпусе. Целью работы являлась разработка конструкции термостабилизирующего модуля для стабильной работы ФИС и оценка эффективности его работы.

Термостабилизирующий модуль (ТСМ) представляет собой совокупность термоэлектрических полупроводниковых столбиков, собранный в определенную матрицу, и зажатых с двух сторон керамическими пластинами, ко-

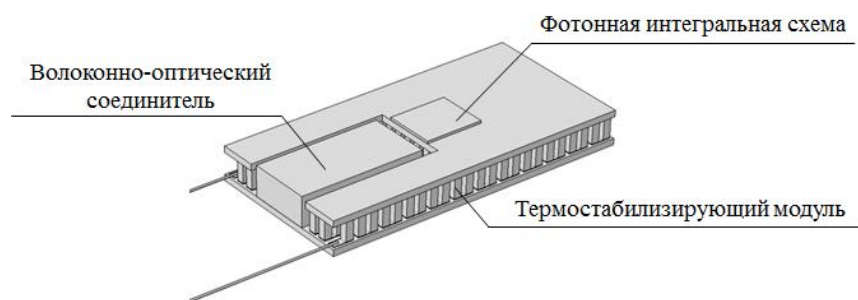
торые за счет эффекта Пельтье формируют холодную и горячую стороны [1]. Рабочими параметрами ТСМ являются разность температур холодной и горячей стороны; ток и напряжение, соответствующие данной разности температур.



**Рис. 1.** Смещение спектра кольцевого лазера при изменении температуры

Для подбора параметров ТСМ был использован программный комплекс COMSOL Multiphysics. Данный программный пакет предназначен для осуществления анализа процессов методом конечных элементов в различных областях физики, включая рассмотрение связанных (мультифизических) задач.

В ходе разработки конструкции ТСМ для стабильной работы ФИС построена модель ТСМ нестандартной формы с вырезом для волоконно-оптического соединителя для ввода и вывода оптического сигнала ФИС (Рис. 2). За основу для построения модели был взят коммерчески доступный модуль без выреза [2].

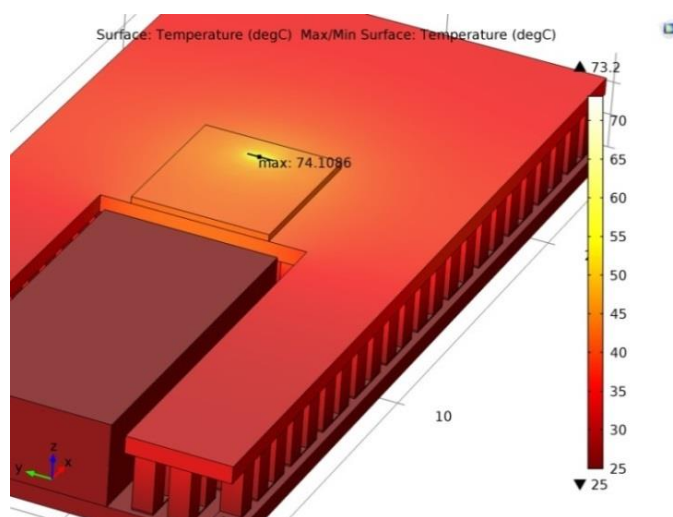


**Рис. 2.** Модель ТСМ и ФИС

Для моделирования локального нагрева была задана температура окружающей среды  $T_{cp} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  и введен объемный источник тепла, представля-

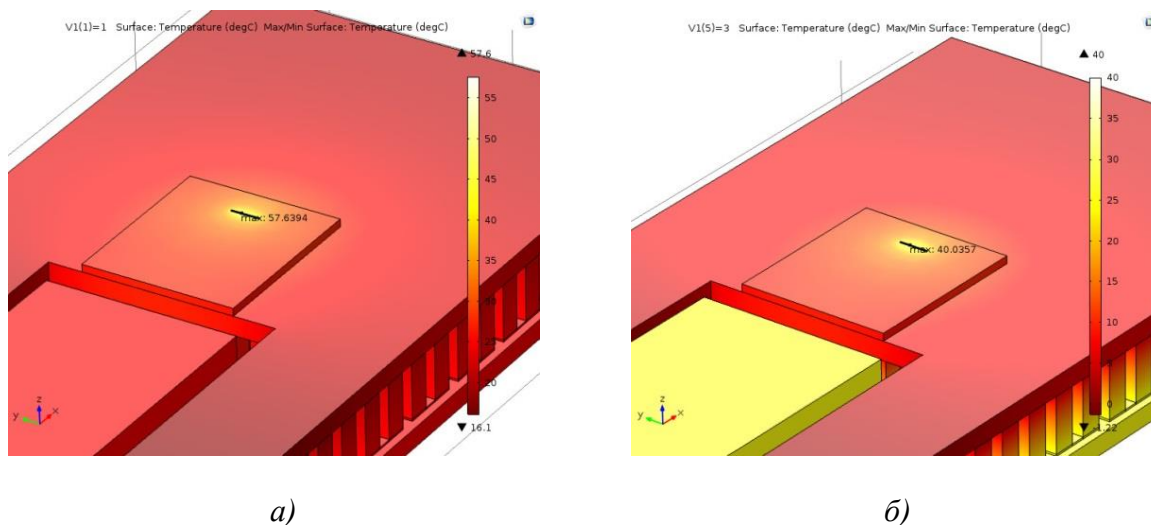
ющий собой активную область кольцевого лазера ФИС размерами  $750 \times 30$  мкм, выделяющий 0,9 Вт тепла [3].

В результате моделирования локального нагрева теплового источника с указанными выше параметрами было получено распределение температуры (Рис. 3) на поверхности ТСМ и ФИС. Температура нагрева активной области кольцевого лазера составила  $74^\circ\text{C}$ , что может привести к существенному ухудшению рабочих точностных характеристик ИОГ.



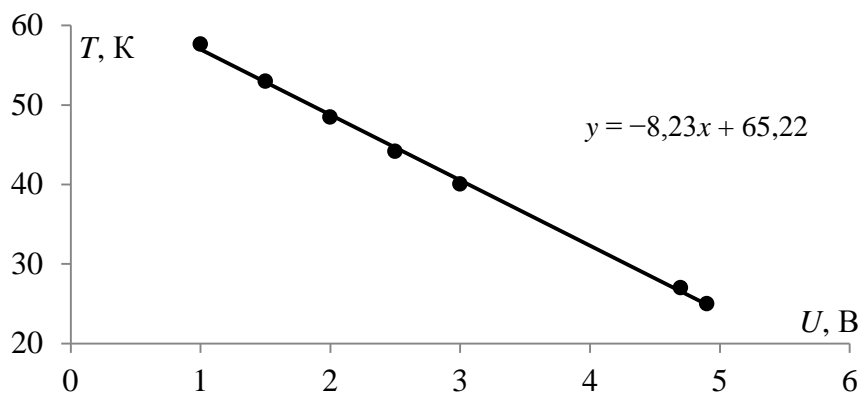
**Рис. 3.** Распределения температуры при локальном нагреве активной области источника оптического излучения

Для охлаждения ФИС на термостабилизирующий модуль должно подаваться постоянное напряжение. В результате проведенной авторами оценки выявлено, что при напряжении 1 В температура усилителя снижается до  $57^\circ\text{C}$ , при 3 В достигает  $40^\circ\text{C}$ . Распределения температур, отвечающие различным режимам работы ТСМ, приведены на рисунке 4.



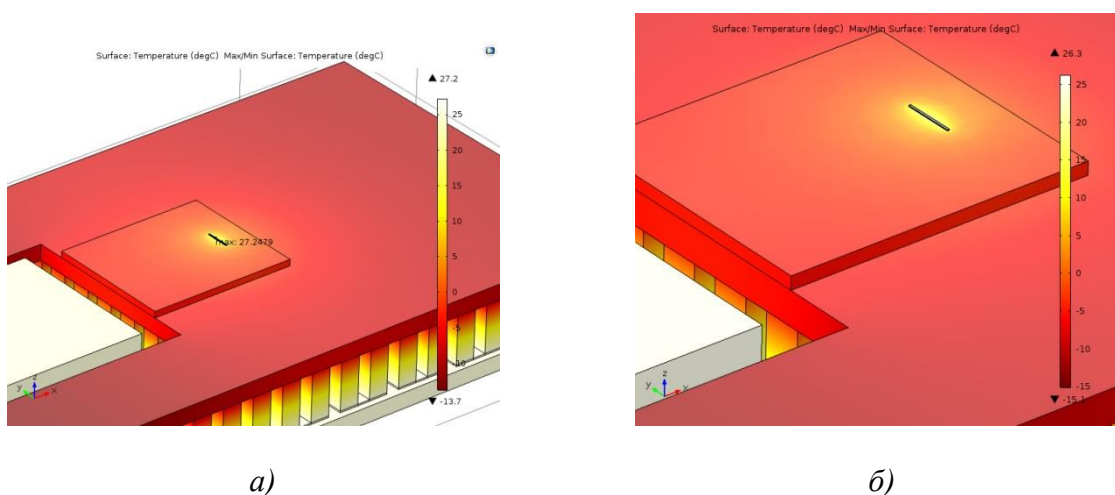
**Рис. 4.** График распределения температур при напряжении: а) 1 В; б) 3 В

Для стабильной работы ИОГ и др. устройств на основе ФИС необходима создать условия, при которых температура ФИС была постоянна, и например, равнялась 25 °С. Для подбора оптимального напряжения была построена зависимость температуры активной области источника от подаваемого напряжения (Рис. 5) и аппроксимирована прямой. Для температуры 25 °С получено, что на ТСМ необходимо подавать напряжение 4,7 В.



**Рис.5.** График зависимости температуры усилителя от напряжения на модуле

Но при моделировании с напряжением 4,7 В температура усилителя равна 27 °С (Рис. 6 а), что говорит нам о нелинейной зависимости. Взяв напряжение в размере 4,9 В получается необходимое охлаждение до 25 °С (Рис. 6 б). При таком напряжении остальная часть чипа охлаждается до температур, близких к 0 °С, что не является желательным при работе устройств на основе ФИС.



**Рис. 6.** График распределения температур при напряжении: а) 4,7 В; б) 4,9 В

Работа выполнена в рамках проекта № 02.G25.31.0113 «Разработка базовой технологии и создание производства фотонных интегральных схем для приборов, систем и комплексов оптоэлектронного навигационного прибо-

ростроения», реализуемого АО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» совместно с ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

### Список литературы

1. *Gromov G. G.* Thermoelectric Cooling Modules // Business briefing: Global photonics applications & technology. 2002. P. 1-5.
2. Каталог коммерчески доступных термоэлектрических модулей.[ Электронный ресурс]. URL: <http://www.rmtltd.ru/> .
3. *Mickelson A. R., Basavanhally N. R., Lee Y. C.* Optoelectronic packaging. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1997. 227 p.