

**Радиационно-стойкая схема подключения лазерного диода,
обеспечивающая устойчивость к изменению температуры
окружающей среды**

В.К.Киселев¹, Г.Н.Семьин, А.Н.Труфанов

*НИИ Измерительных систем им. Ю.Е.Седакова
Нижний Новгород 603950, ГСП-486, Россия*

С.В.Оболенский²

*Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского
проспект Гагарина 23, Нижний Новгород 603950, Россия*

Описана схема питания лазерного диода, обеспечивающая температурную стабильность мощности излучения. Радиационная стойкость достигается применением радиационно-стойкой элементной базы. Схемное решение позволяет приблизительно на порядок уменьшить время выхода лазерного диода на режим генерации, по сравнению со штатным временем включения лазерного диода.

Известно, что в полупроводниковых лазерах наблюдается сильная зависимость мощности излучения от температуры прибора [1]. Кроме того, чтобы вывести лазерный диод на рабочий участок характеристики, требуется время порядка 1 мкс, которое в ряде применений может оказаться большим.

Для уменьшения температурного дрейфа мощности излучения в схеме питания лазеров обычно используют цепочку обратной связи на основе фотодиода. Однако фотодиоды имеют низкую радиационную стойкость, что делает не радиационно-стойким лазер в целом, хотя сам лазерный диод, благодаря сильному легированию рабочей области, обладает высокой стойкостью к воздействию радиации.

Ниже описана альтернативная конструкция цепочки обратной связи, при использовании которой достигается температурная стабильность схемы, радиационная стойкость, а также уменьшается время выхода лазера на режим генерации.

При различных температурах окружающей среды мощность излучения лазерного диода может значительно изменяться. Типичные ватт-амперные характеристики полупроводникового лазерного диода представлены на рис.1. Как видно из рисунка, при фиксированном токе накачки мощность излучения диода в диапазоне от -20° до $+60^{\circ}$ С меняется более чем в 10 раз.

В силу ряда конструктивных особенностей в качестве излучающего лазерного диода для работы был выбран ИЛПН-204. На рис.2 показана зависимость его тока накачки от температуры окружающей среды при фиксированной мощности излучения, полученная экспериментально.

Для стабилизации мощности излучения лазера предлагается использовать схему питания прибора, предложенную в [2], см. рис.3(а). На транзисторе VT1 реали-

¹ Тел.: +7-8312-666130

² Тел.: +7-8312-656032; Fax: +7-8312-656416; E-mail: obolensk@rf.unn.ru

зован генератор тока накачки лазерного диода, величина которого меняется в зависимости от температуры. Для этого в схему введена цепочка, состоящая из кремниевых диодов D1-DN и резистора R1. Через цепочку пропускается ток такой величины, чтобы рабочая точка диодов находилась на линейном участке их вольтамперной характеристики. Зависимость тока через эту цепочку от температуры показана на рис.3(б). Ток коллектора транзистора VT1 (ток накачки лазерного диода) определяется величиной напряжения на резисторе R1 и величиной сопротивления резистора R2.

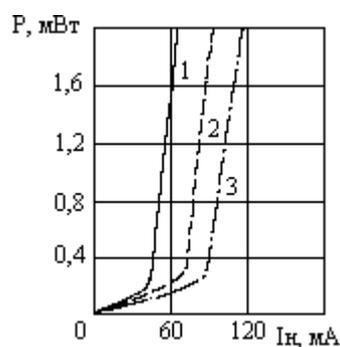


Рис.1

Усредненные ватт-амперные характеристики излучателей полупроводниковых лазеров ИЛПН-204 при различных температурах окружающей среды: +60°C (1); +25°C (2); -20°C (3).

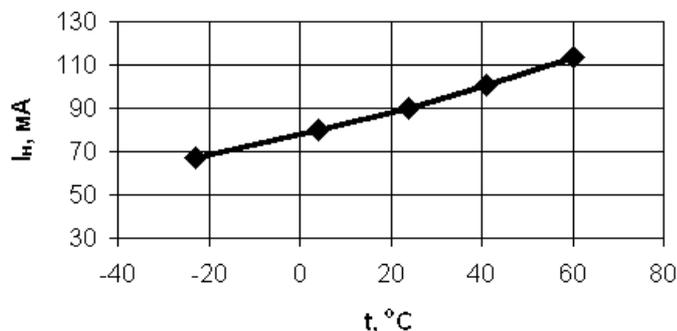


Рис.2

Экспериментально измеренная зависимость тока накачки лазерного диода от температуры окружающей среды при фиксированной мощности излучения.

При изменении температуры происходит перераспределение напряжений на резисторе R1 и диодах. Чем выше температура, тем меньше напряжение на диодах, больше напряжение на резисторе R1 и, следовательно, больше ток накачки лазерного диода. При этом качественный вид изменения тока коллектора транзистора VT1 (т.е. тока лазерного диода), в зависимости от температуры, совпадает с видом характеристики, представленной на рис.2. Наклон характеристики определяется количеством включаемых в цепь базы диодов. Выбрав необходимое количество диодов, можно сделать выходную мощность лазерного диода практически не зависимой от температуры, см. рис.3(б).

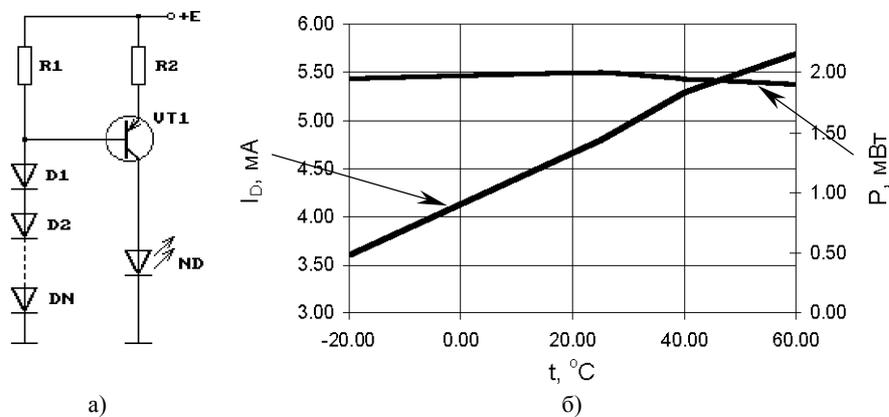


Рис.3

- а) Предлагаемая схема подключения лазерного диода.
 б) Экспериментально измеренная зависимость тока диодов и выходной мощности лазера от температуры.

С целью уменьшения времени включения лазера, рабочую точку лазерного диода необходимо выбирать в начале крутого подъема вольтамперной характеристики ($\approx 0,2$ В при комнатной температуре) [1]. Расчеты показывают, что время, требуемое для перезарядки диффузионной емкости диода при исходном напряжении 0,2В, примерно на порядок меньше, чем при нулевом напряжении, что объясняется высоким уровнем легирования рабочей области лазера и процессами термического разогрева диода. Экспериментально измеренное соотношение времен оказалось равным 8,5.

Применение радиационно-стойких диодов, резисторов и транзистора делает ИК-излучатель устойчивым к радиационным воздействиям, поскольку сам лазерный диод, как указывалось выше, к ним устойчив [2].

Дальнейшее увеличение радиационной стойкости может быть реализовано путем использования детектора радиационного излучения, роль которого может играть полупроводниковый резистор. Так, в случае использования такого резистора в

качестве R1, увеличение сопротивления базы диодов D1-DN и изменение характеристик транзистора VT1 при облучении может быть компенсировано изменением сопротивления R1. Поскольку сопротивление полупроводникового материала определяется концентрацией и подвижностью носителей заряда, и в зависимости от исходной концентрации легирующей примеси имеет различную скорость изменения сопротивления, возможна компенсация деградации характеристик диодов D1-DN. В результате, при постоянной температуре потенциал базы транзистора будет изменяться таким образом, что ток лазерного диода будет оставаться постоянным даже при больших дозах радиации.

Возможная схема питания лазерного диода, управляемая сигналами TTL-логики, приведена на рис.4.

В исходном состоянии на “Вход зап.” подается напряжение уровня логического нуля. Транзисторы VT1, VT3 – в запертом состоянии. Транзистор VT4 задает начальное напряжение на лазерном диоде VD4 порядка 0,2В, что позволяет значительно сократить время выхода лазера на режим генерации.

При подаче на “Вход зап.” напряжения уровня логической единицы транзисторы VT1, VT2, работающие в ключевом режиме, переходят в открытое состояние. Тем самым, в параллель с коллекторным сопротивлением R7 транзистора VT3 подключается малое сопротивление открытого транзистора VT2, а также резистора R6. Таким образом, лазерный диод VD3 выходит на рабочий участок характеристики.

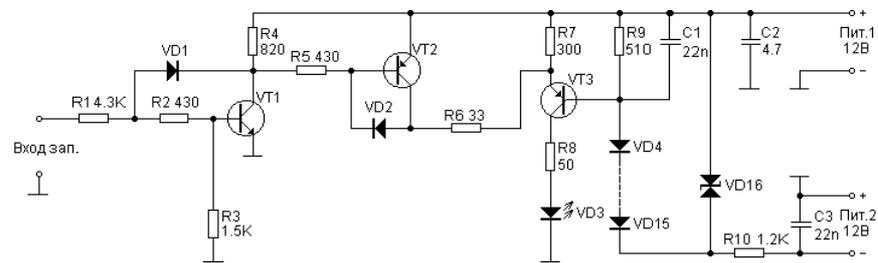


Рис.4
Схема питания лазерного диода

Диоды VD1, VD2 включены в параллель с коллекторными переходами транзисторов VT1, VT2 с целью уменьшения длительности задержки, связанной с насыщением транзисторов (времени спада).

Диоды VD4-VD15 предназначены для температурной стабилизации работы схемы (см. выше).

Ограничитель напряжения VD16 предназначен для защиты схемы от перенапряжений.

Принципиальная схема радиационно-стойкого излучателя ИК диапазона, представленная на рис.4, была собрана на дискретных элементах и показала свою работоспособность.

Выводы

Предложено схемное решение для температурной стабилизации мощности излучения лазерного диода. В рассмотренном примере схемы питания лазерного диода, управляемой сигналами ТТЛ логики, для наиболее точной температурной стабилизации необходимо использование цепочки приблизительно из 11 диодов.

С целью уменьшения времени включения лазера, точку покоя лазерного диода предложено выбирать в начале крутого подъема вольтамперной характеристики ($\approx 0,2$ В при комнатной температуре). Это позволяет на порядок уменьшить время включения лазера.

Сам лазерный излучатель устойчив к радиационным воздействиям. Таким образом, радиационная стойкость лазера, в целом, обеспечивается применением радиационно-стойкой элементной базы, поскольку в предложенной схеме питания выбор режима работы не требует использования встроенного фотодиода.

Литература

- [1] Иванов В.И., Аксенов А.И., Юшин А.М. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник. –М.: Энергоатомиздат, 1988, 448с.
- [2] Киселев В.К., Оболенский С.В., Семьин Г.Н., Труфанов А.Н. Лазер, устойчивый к изменению температуры окружающей среды и воздействию радиации //Научно-технический сборник “СТОЙКОСТЬ-2000”. –М.: Паимс, 2000, 248с.

The radiation-hard circuit for the laser diode feed providing stability to the ambient temperature change ⁺⁾

V.K.Kiselev¹⁾, G.N.Sem'in, A.N.Trufanov

*Measuring Systems Research Institute named after Yu.Ye. Sedakov
Nizhni Novgorod, 603950, GSP - 486, Russia*

S.V.Obolensky²⁾

Nizhni Novgorod State University, Gagarin Avenue 23, Nizhni Novgorod 603950, Russia

The circuit of a feed of the laser diode, providing temperature stability of the radiation power is described. Radiating stability is achieved by application of radiation-tolerant element base. The circuit decision approximately allows to reduce by the order time of an issue of the laser diode for a mode of generation, in comparison with ordinary time of the laser diode switching on.

⁺⁾ Proc. NATO Project SfP-973799 Semiconductors 2nd Workshop. Nizhni Novgorod, 2002

¹⁾ Phone: +7-8312-666130

²⁾ Phone: +7-8312-656032; Fax: +7-8312-656416; E-mail: obolensk@rf.unn.ru