

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.373.826.038

А. С. Ефимов, В. А. Жмудь, И. В. Падюков

(Новосибирск)

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ИСТОЧНИК ТОКА  
ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

Описан источник постоянного тока для полупроводникового инжекционного лазера с возможностью управления от ПЭВМ. Расчетами гарантируется пять порядков стабильности и воспроизводимости величины тока накачки. В лабораторных условиях экспериментально установлено, что нестабильность тока составляет  $10^{-6}$ .

**Введение.** Полупроводниковые инжекционные лазеры с токовой накачкой [1], обладающие такими достоинствами, как малые габариты, высокий КПД, низкий уровень шумов, применяются в физических экспериментах для оптической накачки твердотельных лазеров и в качестве непосредственных источников когерентного излучения [2—4]. В последнем случае большое значение приобретает установка и поддержание тока накачки с точностью пять—шесть порядков в полосе частот температурных дрейфов (0—0,1 Гц), поскольку его нестабильность порождает изменения длины волны и мощности излучения [2]. Зависимость этих параметров оптического излучения от тока накачки весьма существенна согласно [4]:

$$\partial \lambda / \partial I = 0,2 \text{ мкм/мА},$$

$$\partial P / \partial I = 0,2 \text{ мВт/мА} (\sim 4 \% / \text{мА}).$$

В работе [5] описан источник, в котором «путем тщательного подбора компонентов схемы и контроля за условиями окружающей среды» дрейф тока уменьшен до величины 1 мкА/ч при среднем значении 150 мА. В результате продемонстрирована стабильность частоты лазерного излучения  $\pm 10$  МГц на протяжении интервалов времени более 1 ч. Существует большое количество статей на эту тему, в том числе более поздних [6], но достигнутые параметры по стабильности в них существенно (на порядок) хуже. В представленном в настоящей статье источнике тока полученные в [5] результаты улучшены за счет схемных решений и новейшей элементной базы [7, 8].

**Описание устройства.** Упрощенная схема источника тока показана на рис. 1. Стабильность тока обеспечивается работой прецизионного ОУ, поддерживающего напряжение на токозадающем резисторе равным предписываемому напряжению с выхода потенциометра управления. Опорное напряжение формируется источником на основе микросхемы AD780JN, питание которой стабилизируется микросхемой КР142ЕН5Г, а она, в свою очередь,

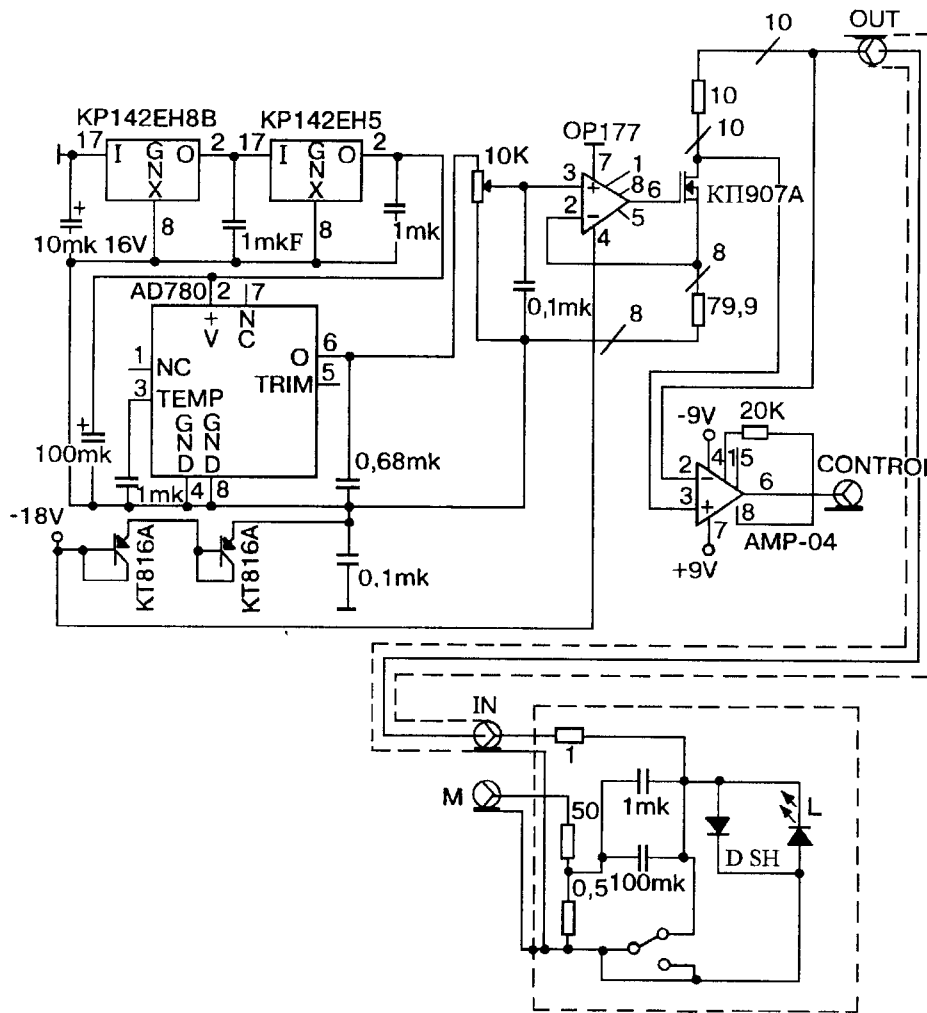


Рис. 1. Упрощенная схема источника тока

питается от стабилизатора KP142EH8B. Такое решение позволяет дешевыми средствами обеспечить весьма существенную стабильность при малых габаритах. Два транзистора в диодном включении создают небольшое смещение общей точки токозадающего резистора и потенциометра управления относительно входа отрицательного питания ОУ для надежного запирающего полевого транзистора в крайнем нижнем положении движка потенциометра. Полупроводниковый лазер включается в истоковую цепь транзистора последовательно с измерительным сопротивлением, напряжение на котором измеряется инструментальным усилителем AMP-04 и служит для контроля величины тока. Какие-либо коммутации питания инструментального усилителя и его выходного сигнала практически не оказывают влияния на величину тока лазера и не опасны для его эксплуатации.

В корпусе прибора полупроводниковый лазер шунтируется обратно включенным германиевым диодом либо диодом Шоттки, а для ВЧ-модуляции предусмотрена емкостная цепь, соединяющая его с аттенуатором модулирующего сигнала. Также предусматривается замыкатель, который шунтирует лазер на время отключения внешних разъемов, что позволяет исключить пробой  $p-n$ -перехода статическим электричеством при коммутациях всех видов.

С целью исследования дрейфов источника использовалась эквивалентная нагрузка, один конец которой имел общую точку с дополнительным прецизи-

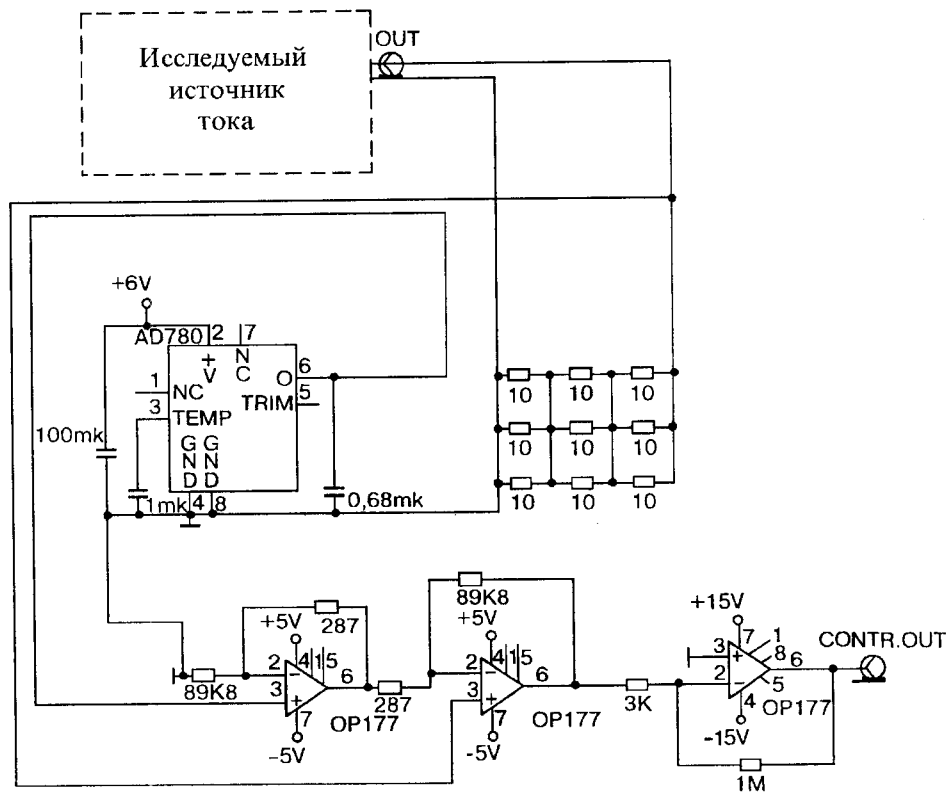


Рис. 2. Схема исследования дрейфов источника

онным источником опорного напряжения (рис. 2), а разность потенциалов на выходе этого источника и на втором конце нагрузки измерялась инструментальным усилителем, далее усиливалась таким образом, что общий коэффициент преобразования составлял 10 В/мкА. Был записан дрейф тока за 120 мин в лабораторных условиях (рис. 3), а также выход в режим при сохранении положений регулировок по прошествии двух дней (рис. 4). Кроме того, была исследована зависимость тока от температуры электронной части схемы и

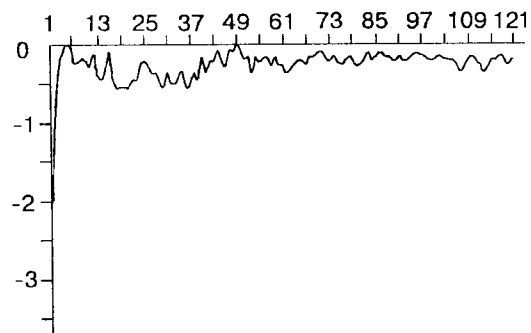


Рис. 3. Свободный дрейф тока (мкА) при комнатной температуре

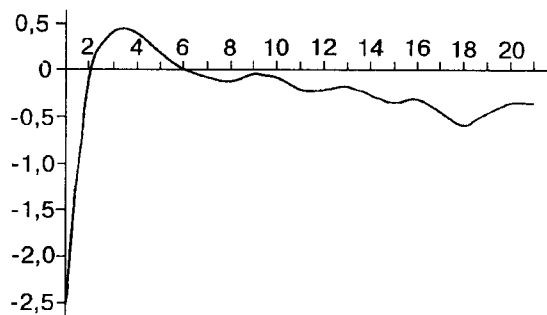


Рис. 4. Вхождение в режим тока (мкА) через 48 ч после выключения в тех же условиях

экспериментально оценено влияние температурного дрейфа токоизмерительного резистора.

По результатам испытания можно утверждать, что при диапазоне регулирования от 0 до 300 мА дрейф тока за 60 мин не превышает  $\pm 0,3$  мкА (т. е.  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ ). При этом обеспечивается шаг управления менее 3 мкА, смещение тока от напряжения питания не превышает 0,1 мкА/В, температурный дрейф тока составляет 0,06 мкА/°С, выходное сопротивление источника тока не менее 5 МОм, средняя воспроизводимость тока около 0,3 мкА.

Самая существенная составляющая нестабильности тока в этом устройстве порождается чувствительностью движка потенциометра к механическим вибрациям.

Представленные на рис. 3, 4 зависимости получены в лабораторных условиях, ударные воздействия на схему вызывают скачки на единицы микроампер. Эта нестабильность устраняется применением либо ЦАП соответствующей разрядности (18 и более), либо «цифроуправляемых потенциометров» (ЦУП), таких, как AD8402, AD8403. Они позволяют сохранить единственный источник питания, обеспечить гальваническую развязку от канала управления и за счет каскадирования по схеме «грубо—точно» обеспечить требуемую плавность регулировки тока, при этом исключить влияние вибраций. Схема включения ЦУП показана на рис. 5.

При разделении на каналы «грубо» и «точно» может возникнуть нелинейность и даже немонотонность характеристики управления, для устранения которой следует применить калибровку с последующей программной коррекцией. Калибровка может быть осуществлена достаточно точно с помощью относительно недорогого 24-разрядного АЦП на базе микросхемы AD7714.

**Заключение.** Описанный источник тока для полупроводникового лазера по долговременной стабильности и воспроизводимости величины тока превосходит известные устройства подобного типа. Возможно изготовление модификаций этого устройства на другие значения рабочего тока накачки (до 2 А) с сохранением величины относительной стабильности тока.

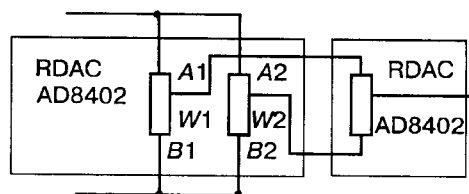


Рис. 5. Включение цифроуправляемых потенциометров по схеме «грубо—точно»

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В. Г., Дуб А. Д., Жмудь А. М., Фромичев В. В. Полупроводниковый инжекционный лазерный излучатель для магнитооптических накопителей // Автометрия. 1994. № 5. С. 70.
2. Физика полупроводниковых лазеров: Пер. с японск. /Под ред. Х. Такумы. М.: Мир, 1989.
3. DeVoe R. G., Brewer R. G. Laser-frequency division and stabilization // Phys. Rev. A. 1984. P. 2827.
4. Баркан И. Б., Павленко Л. К., Павлов В. Е. Особенности спектральной перестройки полупроводникового лазера ИЛПН-102 // Перестраиваемые лазеры и их применение: Сб. научн. трудов АН СССР /Под ред. В. П. Чеботаева. Новосибирск, 1988.
5. Bradley C. C., Chen J., Hulet R. Q. Instrumentation for the stable operation of laser diodes // Rev. Sci. Instrum. 1990. 61, N 8. P. 2097.
6. McAdam K. B., Steinbach A., Wieman C. A narrow-band tunable diode laser system with grating feedback, and a saturated absorption spectrometer for Cs and Rb // Am. J. Phys. 1992. 60, N 12. P. 1098.
7. Analog Devices, Inc.: Design-in Reference Manual: Data Converters, Amplifiers, Special Linear Products, Support Components, 1994.
8. Maxim. New Releases Data Book, 1995. V. IV.
9. Жмудь В. А., Столповский А. А. Устройство стабилизации режима работы полупроводникового лазера // Автометрия. 1988. № 2. С. 104.
10. Волков Е. Г., Жмудь В. А., Кругляк З. Б. Программно-управляемый полупроводниковый лазер для магнитооптической памяти // Автометрия. 1992. № 1. С. 45.

*Поступило в редакцию 2 июля 1996 г.*

---

Реклама продукции в нашем журнале — залог Вашего успеха!