

УДК 681.518.3

ТЕРМОРЕГУЛЯТОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ

© 2011 г. А. Н. Дубровин, А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, С. С. Шмаков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Россия, 634050, Томск, просп. Ленина, 40

Поступила в редакцию 22.12.2011 г.

Описан терморегулятор, используемый для исследований температурных зависимостей оптического поглощения, его фотоиндуцированных изменений и эффективности двухпучкового взаимодействия на отражательных голограммах в фоторефрактивных кристаллах. Терморегулятор позволяет задавать скорость изменения температуры исследуемых кристаллов и стабилизировать температуру образца в диапазоне от +5 до +110°C с погрешностью $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

Температурные зависимости параметров нецентросимметричных кристаллов, широко используемых в качестве функциональной среды в динамической голографии и нелинейной оптике, оказывают значительное влияние на оптические эффекты, являющиеся основой для их приложений. От температуры кристалла зависят, в частности, углы фазового синхронизма при нелинейном преобразовании частоты лазерного излучения [1], его оптическое поглощение [2, 3], эффекты фотоиндуцированного поглощения света [4] и встречного двухпучкового взаимодействия на отражательных фоторефрактивных голограммах [5].

В данной статье описывается терморегулятор, использовавшийся в работах [3–5] и позволяющий как задавать скорость изменения температуры исследуемого кристалла, так и поддерживать его температуру в диапазоне от +5 до +110°C с погрешностью $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

Терморегулятор содержит модуль управления, нагревательный элемент, выполненный на основе термоэлектрического элемента Пельтье TEC1-127060-40, и цифровой термодатчик DS-1620 [6]. Для равномерного распределения температуры по объему кристалла исследуемый кристалл, элемент Пельтье и термодатчик размещаются на



Рис. 1. Функциональная схема терморегулятора.

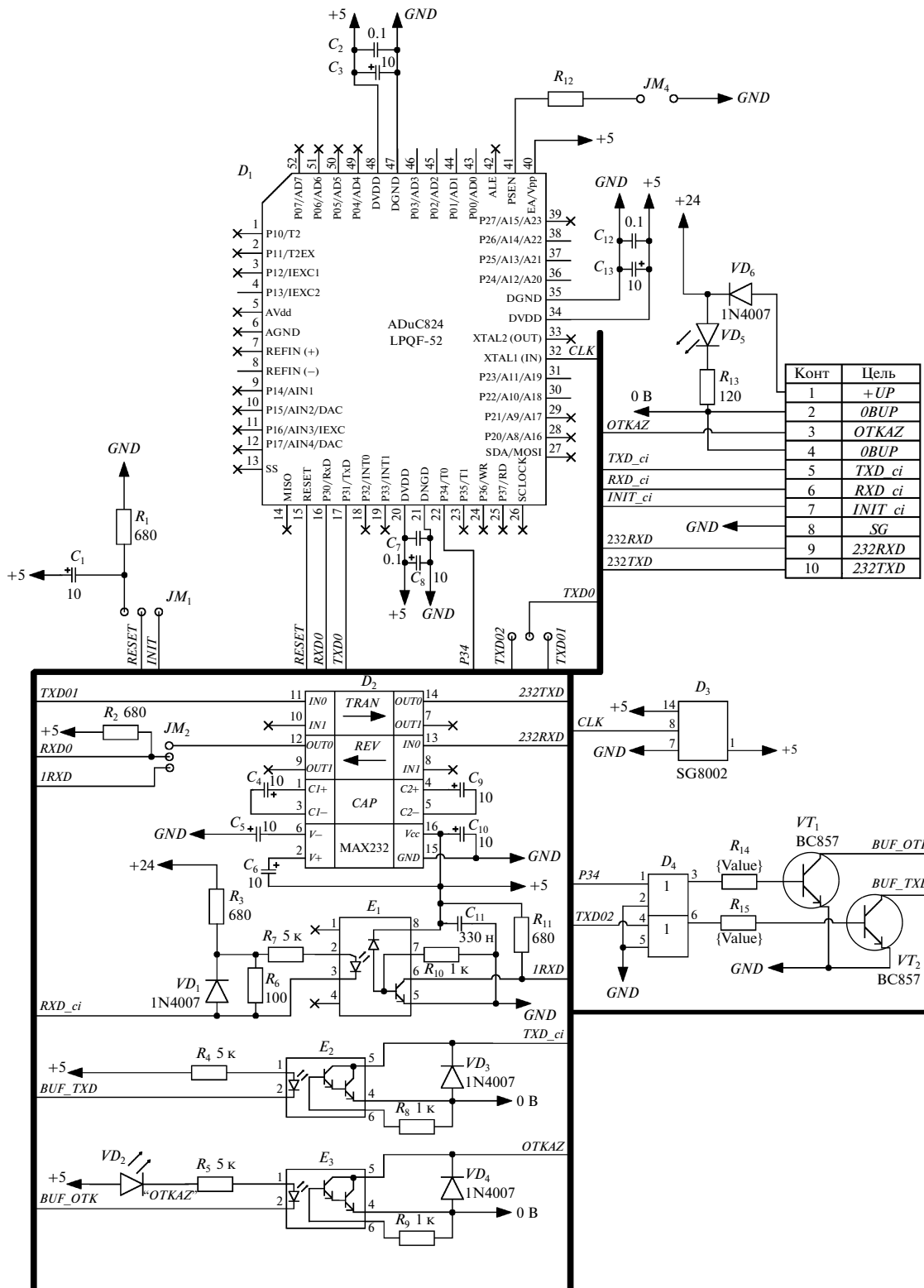


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема модуля управления терморегулятором.

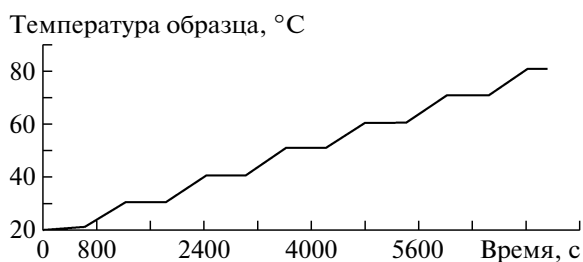


Рис. 3. Динамика роста температуры кристалла.

медной пластине $50 \times 60 \times 10$ мм. Изменением направления тока через элемент Пельтье можно либо нагревать, либо охлаждать исследуемый кристалл.

Функциональная схема терморегулятора представлена на рис. 1. Модуль управления терморегулятора построен на основе микроконтроллера ADuC824 фирмы Analog Devices [7]. Микроконтроллер осуществляет управление нагревательным элементом по заданному алгоритму и передачу полученных с датчика DS-1620 данных о температуре кристалла на персональный компьютер в режиме реального времени. Связь с компьютером реализуется через интерфейс RS-232 с помощью микросхемы MAX232 фирмы MAXIM™ [8].

Питание терморегулятора осуществляется через импульсный преобразователь напряжения с гальванической развязкой TEN32411 фирмы TRACO POWER [9]. Напряжение питания на входе преобразователя TEN32411 может находиться в диапазоне от +18 до +36 В, что делает прибор устойчивым к колебаниям питающего напряжения. Для контроля питающего напряжения в модуле предусмотрен менеджер питания, выполняющий функцию аппаратного сброса при выходе напряжения за установленные пределы. Применение для входных и выходных сигналов модуля гальванической развязки предотвращает воздействие на цифровую часть схемы опасных статических напряжений и увеличивает надежность устройства. Направление тока, управляющего нагреванием или охлаждением термоэлектрического элемента Пельтье, задавалось переключением контактов электромагнитного реле 833Н-1С-С-24VDC фирмы Song Chuan.

Электрическая схема модуля управления терморегулятором приведена на рис. 2. Источником тактовых импульсов для контроллера управления служит внешний программируемый тактовый генератор на микросхеме D_3 (SG8002 фирмы Epson) [10].

Для обеспечения гальванической развязки устройства с компьютером и с нагревательным элементом используются оптопары E_1 (HCPL-0501 фирмы Hewlett Packard) и E_2 , E_3 (H11G1 фирмы Motorola). Схема переключения направления то-

ка выполнена на логических элементах D_4 и транзисторах VT_1 , VT_2 .

Номиналы резисторов R_{14} и R_{15} (1 кОм) выбраны такими, чтобы обеспечить открытие транзисторов VT_1 и VT_2 при появлении логического сигнала на микросхеме D_4 . Резисторы R_4 , R_5 , R_7 и R_{13} являются токоограничивающими и выбираются исходя из заданной величины тока, протекающего через светодиод. Диоды VD_1 , VD_2 , VD_3 , VD_6 предназначены для защиты схемы от помех, появляющихся в процессе коммутации обмоток реле. К выводам 30, 31, 36, 37, 38 микросхемы D_1 подключались светодиоды для индикации текущего состояния работы устройства.

Используемый в терморегуляторе элемент Пельтье TEC1-127060-40 потребляет ток до 6 А при напряжении питания 12 В от отдельного источника питания. Скорость изменения температуры регулировалась путем изменения тока, протекающего через элемент Пельтье.

В качестве примера на рис. 3 представлена типичная экспериментальная зависимость изменений температуры кристалла от времени. Управление температурным режимом кристалла осуществлялось специализированным программным обеспечением. Скорость роста температуры в данном эксперименте задавалась равной $1^\circ\text{C}/\text{мин}$. Время стабилизации температуры кристалла через каждые 10°C в диапазоне $20\text{--}80^\circ\text{C}$ задавалось равным 600 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы “Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)” и ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” (Гос. контракт № 02.740.11.0553).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. М.: Физматлит, 2004.
2. Uhrich C., Hesselink L. // Opt. Lett. 2002. V. 92. № 2. P. 793.
3. Дубровин А.Н., Мандель А.Е., Шандаров С.М. и др. // Неорганические материалы. 2004. Т. 40. № 12. С. 1459.
4. Mandel A.E., Shandarov S.M., Dubrovina A.N. et al. // OSA TOPS. 2005. V. 99. P. 115.
5. Колегов А.А., Шандаров С.М., Кабанова Л.А., Каргин Ю.Ф. // Изв. вузов. Физика. 2010. № 9/3. С. 147.
6. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1620.pdf>
7. <http://www.analog.com>
8. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>
9. <http://www.tracopower.com>
10. <http://www.epson-electronics.de>