

Рис. 6. Радиальное распределение составляющих  $G_z$  и  $G_r$ , а также модуля  $G$  температурного градиента при боковом нагреве тигля (вариант 23):

а — при тепловом экранировании кристалла; б — при тепловом экранировании флюса; в — при тепловом экранировании кристалла и флюса

сравнению со случаем, когда дополнительное тепловое экранирование и погруженный нагреватель отсутствуют. При этом минимальных значений достигает и  $G_r(R)$ , а радиальное распределение значений  $G_z$  и  $G$  становится наиболее равномерным.

Сделаны следующие выводы:

1. В случае, когда дополнительный нагреватель отсутствует, значения осевого и радиального температурных градиентов почти не зависят от соотношения между потоками  $q_0$  и  $q_1$ .

2. Мощность дополнительного нагревателя имеет предел (критическая мощность), превышение которого приводит к возникновению «паразитной» кристаллизации материала на стенке тигля.

3. Значение критической мощности дополнительного нагревателя возрастает при переходе от донного нагрева тигля ( $q_0 > 0, q_1 = 0$ ) к донно-боковому ( $q_0 > 0, q_1 > 0$ ) и далее к боковому ( $q_0 = 0, q_1 > 0$ ) и боковому с донным теплоотводом ( $q_0 < 0, q_1 > 0$ ). При этом уменьшается осевой температурный градиент на оси кристалла (примерно в 2 раза) и вблизи поверхности (примерно в 2½ раза) и возрастает радиальный градиент (примерно в 2 раза вблизи поверхности кристалла).

4. Форма радиального распределения осевого и радиального температурных градиентов при отсутствии дополнительного нагревателя почти не зависит от соотношения между тепловыми потоками  $q_0$  и  $q_1$ . При включенном дополнительном нагревателе величина соотношения между  $q_0$  и  $q_1$  влияет на форму радиального распределения значений осевого и радиального температурного градиентов; наиболее равномерное распределение значений осевого градиента и модуля температурного градиента достигается в варианте бокового нагрева тигля.

5. Характер зависимости осевого температурного градиента от мощности дополнительного нагревателя зависит от соотношения между  $q_0$  и  $q_1$ : при донном нагреве тигля зависимость имеет промежуточные минимум и максимум, в то время как при боковом нагреве с донным теплоотводом эта зависимость является монотонно убывающей.

6. Лучшие результаты с учетом значений осевого и радиального температурных градиентов, а также равномерности их радиального распределения, достигаются при боковом варианте нагрева тигля и мощности дополнительного нагревателя, близкой к критической величине, с применением теплового экранирования кристалла и флюса. В этом случае значения осевого и радиального температурного градиента уменьшаются в несколько раз.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ковтун Г. П., Кравченко А. И., Щербань А. П. Установка для выращивания малодислокационных монокристаллов GaAs большого диаметра // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2001.— № 6.— С. 52—53.
2. Мильвидский М. Г., Освенский В. Б. Структурные дефекты в монокристаллах полупроводников.— М.: Металлургия, 1984.
3. Жуков А. И. Расчет температурных полей в кристаллах, выращиваемых по методу Чохральского // Препринт ХФТИ 92-17.— Харьков: ХФТИ, 1992.
4. Growley A. B., Stern E. J., Hurlle D. T. J. Modelling of the growth of GaAs by LEC technique. 1. Thermal distribution in the crystal // J. Cryst. Growth.— 1989.— Vol. 97, N 3.— P. 697—708.
5. Moduoye G. O., Bacon D. J., Evans K. E. Computer modelling of temperature and stress distribution in LEC-grown GaAs crystals // Ibid.— 1991.— Vol. 108, N 2.— P. 627—636.

#### ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ В 2005 ГОДУ

- 220 лет со времени установления (1785) французским ученым Ш.-О. Кулоном основного закона электростатики (закона Кулона).
- 150 лет назад (1855) итальянский метеоролог Л. Пальмери изобрел сейсмограф для измерения силы землетрясений.
- 50 лет назад (1955) в США создан первый транзисторный компьютер.

Из "Календаря юбилейных и памятных дат в области естествознания и техники на 2005 год".— М.: Политехнический музей, 2004.

- 150 лет назад (1855) английский физик и изобретатель Д.-Э. Юз запатентовал созданный им буквопечатющий телеграфный аппарат.
- 125 лет назад (1880) русский ученый-физик и биофизик П. И. Бахметьев создал проект одноканальной телевизионной системы со спиральной оптико-механической разверткой изображения ("телефотограф").
- 125 лет назад (1880) открыт пьезоэлектрический эффект французскими учеными физиком П. Кюри и кристаллографом Ж. Кюри.

Сегодня перспективу развития оптоэлектронных микро- и нанозлектронных элементов электронной техники связывают с применением синтезированных с помощью ЭВМ голограмм. Технология изготовления сложных микрорельефов этим методом достигла такой точности, что ошибка координаты структуры в десятую долю микрона на поле  $d=300$  мм считается браком.

Локализация света в объектах объемом  $V \ll \lambda^3$  ( $\lambda$  — длина световой волны) позволяет увеличить плотность записи информации оптических носителей до величины  $10^{11}$  бит/см<sup>2</sup> [10]. Отклик вещества на такой локализованный свет изменяется вблизи наноструктур по сравнению со случаем свободного пространства. Однако спектральная селективность сохраняется до размеров  $\approx 3$  нм. Это позволяет распространить идеи и методы многоуровневой оптической памяти [1—3] и на регистрирующие среды на основе наноструктур, что должно привести к значительному повышению плотности записи информации.

Важным шагом на пути практической реализации идеи стало развитие технологий получения высокодисперсных частиц с узким распределением их по размерам и наличием у них свободной поверхности [11]. И если в методах [1—5] использовались классические размерные эффекты, то при переходе к наноразмерным средам для получения спектральных отличий трехмерных элементов сигналаграммы предлагается использовать как классические, так и квантовые размерные эффекты. В частности — трехмерного конфайнмента, оказывающего в области прозрачности наночастиц радикальное влияние на их свойства [11].

При одномерной многоуровневой записи каждая наночастица будет хранить информацию в  $N$  бит, если в ней используют наночастицы, отличающиеся по  $2^N$  спектрам. При этом частицы одной градации оптического сигнала (соответствующие одной  $N$ -битовой комбинации) могут быть однозначно интерпретированы считывающим устройством.

Форма и размеры частиц влияют также на интенсивность и индикатрису вторичного свечения [11]. Последняя является сложной функцией размеров, формы и относительного показателя преломления частицы.

Приведенные соображения и составляют основу метода трехсторонней записи информации в каждую

наночастицу, что приведет к повышению плотности записи информации до значений  $3N \approx 10^{12}$  бит/см<sup>2</sup>. Для считывания такой информации могут быть использованы методы регистрации комбинационного рассеяния и другие, рассмотренные в [10], а также метод устранения фазовой неоднозначности [12] при интерферометрическом методе считывания с микроструктурного носителя.

### Выводы

Использование для двоичной записи информации 2–3-мерных элементов сигналаграммы приводит к возможности повышения плотности записи информации в  $(2—4)N$  раз по отношению к традиционным методам (типа DVD), а также к  $N$ -кратному увеличению скорости чтения.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Demekhin V. V. Vertical information writing for optical storages // Optoelectronics Instrumentation and Data Processing.— 1997.— N 6.— P. 58—60.
2. Демехин В. В. Обработка, передача и хранение  $k$ -уровневой информации при использовании  $m$ -частотных ( $m > k$ ) оптических сигналов // Электромагнитные волны и электронные системы.— 2001.— Т. 6, № 4.— С. 64—67.
3. Демехин В. В. Метод записи  $k$  бит ( $k \geq 2$ ) в одном элементе сигналаграммы нелинейного носителя информации // Реєстрація, зберігання і обробка даних.— 2000.— Т. 2, № 4.— С. 7—11.
4. Пат. 5854779 США. Optical disk reader for reading multiple levels of pits on an optical disc.— 1996.
5. Пат. 6381724 США. Method and apparatus for modulation encoding data for storage on multi-level optical recording medium.— 2000.
6. Демехин В. В. Использование метода входных адмитансов для разработки новой информационной технологии записи-считывания бинарных данных // Радиофизика и электроника.— 2001.— Т. 6, № 3.— С. 338—340.
7. На пороге квантовой эры // Компьютерные вестн.— 2001.— № 39.— С. 13—18.
8. Ребане К. К. Два замечания о фотонных кристаллах // Оптика и спектроскопия.— 1999.— Т. 86, № 26.— С. 988—989.
9. Перестраиваемые фотонные кристаллы // Успехи физических наук.— 2003.— Т. 173, № 5.— С. 570.
10. Летохов В. С. Проблемы нанооптики // Там же.— 2001.— Т. 169, № 3.— С. 345—346.
11. Бобович Я. С. Нанопизика диэлектрических сред и ее место в оптоэлектронике // Оптический журнал.— 2001.— Т. 68, № 1.— С. 7—17; № 3.— С. 3—18.
12. Гужов В. И., Картавых Е. В. Проблема фазовой неоднозначности и ее решение в лазерной интерферометрии // Автоматрия.— 2000.— № 5.— С. 102—107.

### ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ В 2005 ГОДУ

- 75 лет назад (1930) выпущен первый отечественный коротковолновый четырехламповый приемник КУБ-4, разработанный в Центральной радиолaborатории группой радиолюбителей во главе с А. В. Кершаковым.
- 30 января — 75 лет со дня запуска (1930) первого в мире радиозонда для исследования атмосферы, изобретенного метеорологом П. А. Молчановым.
- 18 февраля — 50 лет со дня организации (1955) Всероссийского научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ).
- 27 февраля — 80 лет назад (1925) инженер О. А. Адамьян подал заявку на разработанный им проект

- механической системы трехцветного телевидения с последовательной передачей цветов.
- 15 марта — 75 лет со дня рождения (1930) Ж. И. Алферова, ученого в области физики полупроводников и квантовой электроники, лауреата Нобелевской премии.
- 9 апреля — 85 лет со дня рождения А. В. Ржанова (1920—2000), ученого в области физики диэлектриков и полупроводников, полупроводниковой электроники.
- 10 апреля — 125 лет назад (1880) военный связист Г. Г. Игнатьев продемонстрировал в Киевском университете систему связи с одновременным использованием провода как для телефонной, так и для телеграфной передачи текста.

рами ведущих зарубежных производителей. Целью работы было показать, что на основе разработанных отечественных термоэлектрических сенсоров и сравнительно несложной схемотехники возможно производство надежных и простых в эксплуатации автономных приборов с характеристиками не хуже зарубежных аналогов [1], но на 1,5—2 порядка дешевле.

Дальнейшая работа над устройством заключалась в «осовременивании» элементной базы, расширении возможностей дистанционного локального измерения температуры разного рода объектов, в повышении помехозащищенности, верификации и архивации данных исследований.

На рис. 4 приведена принципиальная электрическая схема прибора на основе программируемых микроконтроллеров серии PIC (Microchip). Хотя приведенная схема прибора в значительной мере повторяет рис. 2 и не настолько очевидна с точки зрения принципа действия, однако значительно более адаптирована к функциональному и информативному расширению, вполне пригодна для SMD-исполнения. Существенное преимущество данного решения усматривается также в том, что микроконтроллер может быть относительно легко перепрограммирован на другие объекты, допускает до десятков алгоритмов работы с внешним устройством памяти, архивацию данных измерений и др.

Следующим этапом работы была разработка дистанционного устройства извещения о локальном повышении температуры различного рода объектов. Для простоты изложения остановимся лишь на одном возможном применении — извещателе пожарном дистанционном объемном. (Такое название в некоторой мере условно, поскольку в нормативных документах Украины такой класс приборов, в отличие от мировых стандартов, пока не предусмотрен [5].)

Принцип действия данного извещателя заключается в регистрации некоторого порогового значения электромагнитного излучения (ИК-, УФ- или видимого спектра), что позволяет фиксировать повышение температуры или открытое пламя. На рис. 5 приведена принципиальная электрическая схема пожарного извещателя. Извещение о локальном повышении температуры реализуется, в данном случае, аналоговым (безадресным) путем увеличения тока в шлейфе.

Изготовленные опытные образцы извещателей показали чувствительность не хуже  $\pm 3^\circ\text{C}$  в границах телесного угла 1 ср на расстоянии до 5 м. Чувстви-

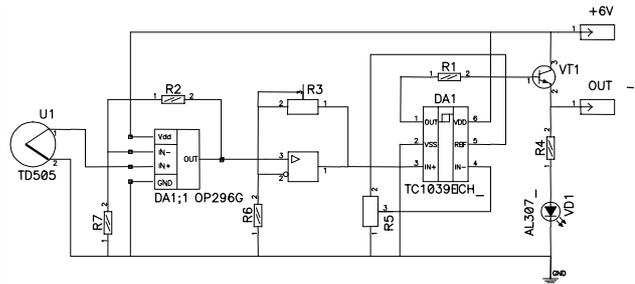


Рис. 5

тельность устройства обеспечивает возможность его применения в пожарной и охранной технике согласно существующим мировым требованиям.

Очевидно, что представленные схемотехнические решения представляют собой иллюстративный вариант: разработаны устройства, которые включают процессоры с соответствующей защитой от электрических наводок, верификацией и архивацией данных. Отметим только, что ток потребления в дежурном режиме не превышает 200 мкА, а в режиме срабатывания составляет до 20 мА. Такое изменение тока в шлейфах может быть надежно зафиксировано центральным пультом.

### Выводы

Пленочные термоэлектрические преобразователи представляются вполне пригодными для разработки и создания приборов дистанционного измерения температуры в различных областях и имеют преимущества по сравнению с традиционными устройствами. Неселективность приемников, низкое выходное сопротивление, воспроизводимость характеристик, сравнительно невысокая себестоимость определяют конкурентоспособность таких устройств.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. The infrared temperature / Handbook, Omega Engineering Inc.— North American Edition, 1994.
2. Фигурнов Э., Мрыхин С. Инфракрасный термометр // Радио.— 1981.— Вып. 5.— С. 18—20.
3. Бирюков С. Применение АЦП КР572ПВ5 // Радио.— 1998.— Вып. 8.— С. 62.
4. Кушнерев А. Микро мощный стабилизированный преобразователь напряжения // Радио.— 1989.— Вып. 5.— С. 74.
5. ДБН В.2.5-13—98. Гос. строит. нормы Украины. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Пожарная автоматика зданий и сооружений.— Киев: Гос. комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины, 1999.

### ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ В 2005 ГОДУ

- 18 апреля — 50 лет со дня смерти А. Эйнштейна (1879—1955), физика-теоретика, одного из основателей современной физики, лауреата Нобелевской премии.
- 23 апреля — 40 лет со дня запуска (1965) первого отечественного автоматического спутника космической системы связи "Молния-1".
- 28 июля — 90 лет со дня рождения (1915) Ч.-Х. Таунса, американского физика, одного из основателей квантовой электроники, лауреата Нобелевской премии.
- 4 августа — 75 лет назад (1930) советский ученый Л. А. Кубецкий подал авторскую заявку на изобретен-

- ный им фотоэлектронный умножитель, ставший родоначальником нового класса электронных приборов.
- 18 сентября — 70 лет со дня рождения (1935) Ю. В. Гуляева, ученого в области радиофизики, электроники, акустики.
- 22 октября — 30 лет назад (1975) выведен на орбиту первый искусственный спутник планеты Венера, который передал на Землю первое телевизионное изображение ее поверхности.
- 29 октября — 125 лет со дня рождения А. Ф. Иоффе (1880—1960), ученого-физика, создателя отечественной физической школы, пионера исследования полупроводников.

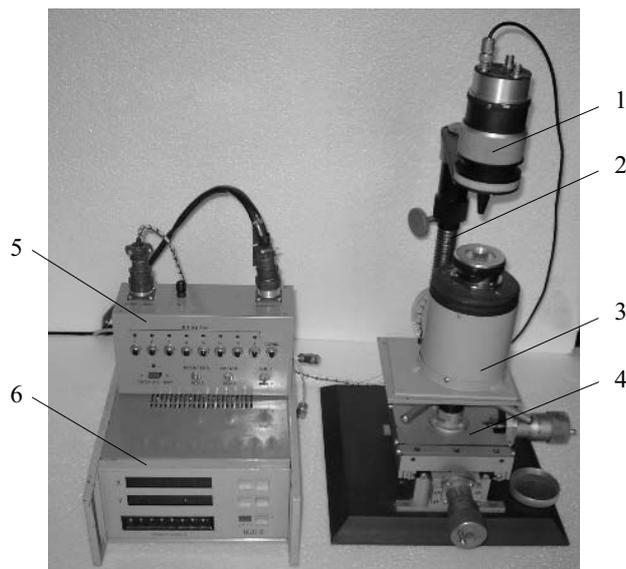


Рис. 3. Штатив с координатным столиком:  
1 — излучатель; 2 — штатив; 3 — устройство для измерений; 4 — координатный столик; 5 — коммутатор; 6 — переносное цифровое устройство

фотометра-радиометра «Кварц-01» (ОАО «Кварц», г. Черновцы). Излучатель 2 крепится на координатный столик 3, размещенный на окне камеры тепла и холода, что дает возможность перемещать источник излучения по приемным площадкам фотоприемников.

Измерение фотоэлектрических параметров в нормальных климатических условиях производится вне камеры тепла и холода, при этом излучатель крепится к штативу 2 (рис. 3), а фотоприемник с колодкой размещаются на другом координатном столике. Передвижение фотоприемника по координатам  $X$  и  $Y$  осуществляется с помощью микровинтов, связанных с электронно-оптическим преобразователем. Электрический сигнал преобразователя подается на цифровое пересчетное устройство 6, табло которого отображает значение линейного перемещения фотоприемника. Перемещение фотоприемника по координате  $Z$  осуществляется с помощью микровинта до получения максимального сигнала.

Измерительные приборы 14, 16 и 17 на рис. 1 относятся к регистрирующему устройству для измерения параметров электрических импульсов на выходе приемника излучения, а также его шумовых характеристик.

Определение временных характеристик приемников излучения в реальном времени осуществляется осциллографом С1-122А. Оценка длительности нарастания и спада фотосигнала производится по уровню 0,1 и 0,9, а длительности импульсной характерис-

тики — примерно на уровне 0,1 пикового значения фотосигнала. В измерительном комплексе ИКФ-009 использован режим внешней синхронизации, при котором открываются широкие возможности для исследования временных характеристик фотосигнала. Достигнутая погрешность измерения временных параметров не превышает  $\pm 4\%$ .

Измерение напряжения шума осуществляется микровольтметром типа ВЗ-57 при отсутствии подачи на фоточувствительный слой приемника излучения импульсного фотосигнала и воздействия фонового сигнала. Мощность источника фонового излучения устанавливается с помощью специального фотодиода, откалиброванного по спектральной чувствительности.

Для измерения параметров многоплощадочных приемников излучения используется координатный столик с электронным отсчетом, имеющий возможность перемещать приемник излучения по координатам  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  с точностью  $\pm 10$  мкм.

Входящие в состав ИКФ-009 измерительные приборы и устройства установлены на приборной стойке и соединены между собой электрическими проводами и кабелями. Выбранная система компоновки измерительного комплекса позволяет:

- улучшить взаимную экранировку между узлами и приборами, в результате чего уменьшаются паразитные связи и уровень наводок;

- широко использовать нормализацию узлов и приборов, что упрощает возможность модернизации при определении параметров различных типов фотоприемных устройств;

- повысить производительность работы оператора и снизить вероятность появления грубых ошибок при измерениях;

- существенно упростить наладку и ремонт аппаратуры, а также ее поблочную проверку, что позволяет быстро обнаружить неисправность и оперативно ее устранить.

Использование комплекса ИКФ-009 позволяет значительно сократить время и стоимость этапов НИР и ОКР при разработке новых приемников излучения и повысить достоверность измеряемых параметров при высокой надежности эксплуатации.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Блинов И. Г., Кожитов Л. В. Оборудование полупроводникового производства. — М.: Машиностроение, 1986.
2. Дунаенко А. Х., Фотий В. Д., Ащеулов А. А. Камера тепла и холода для изделий фотоэлектронной техники // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2003. — № 6. — С. 51—52.
3. Ащеулов А. А., Бутенко В. К., Докторович И. В. и др. Ультрафиолетовый радиометр диапазона 300...400 нм // Там же. — 2004. — № 4. — С. 31—32.

#### ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ В 2005 ГОДУ

- 2 декабря — 125 лет со дня рождения Н. Д. Папалекси (1880—1947), одного из основоположников отечественной радиофизики и радиотехники.
- 8 декабря — 100 лет со дня рождения Ю. Б. Кобзарева (1905—1992), ученого в области радиотехники и радиофизики.
- 9 декабря — 40 лет со времени основания (1965) Московского государственного института электронной

- техники (технического университета).
- 27 декабря — 120 лет со дня рождения П. В. Шамова (1885—1982), ученого в области ТВ-техники, одного из основоположников советской школы телевидения.
- 200 лет со дня смерти К. Шаппа (1763—1805), французского механика, изобретателя оптического телеграфа.