

06.2;07

## Полупроводниковые преобразователи непрерывного лазерного излучения в импульсное излучение

© П.Г. Кашерининов, А.Н. Лодыгин, И.С. Тарасов

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию 22 мая 2003 г.

Рассматривается возможность создания полупроводникового преобразователя постоянного лазерного излучения видимого и инфракрасного диапазона в импульсное излучение.

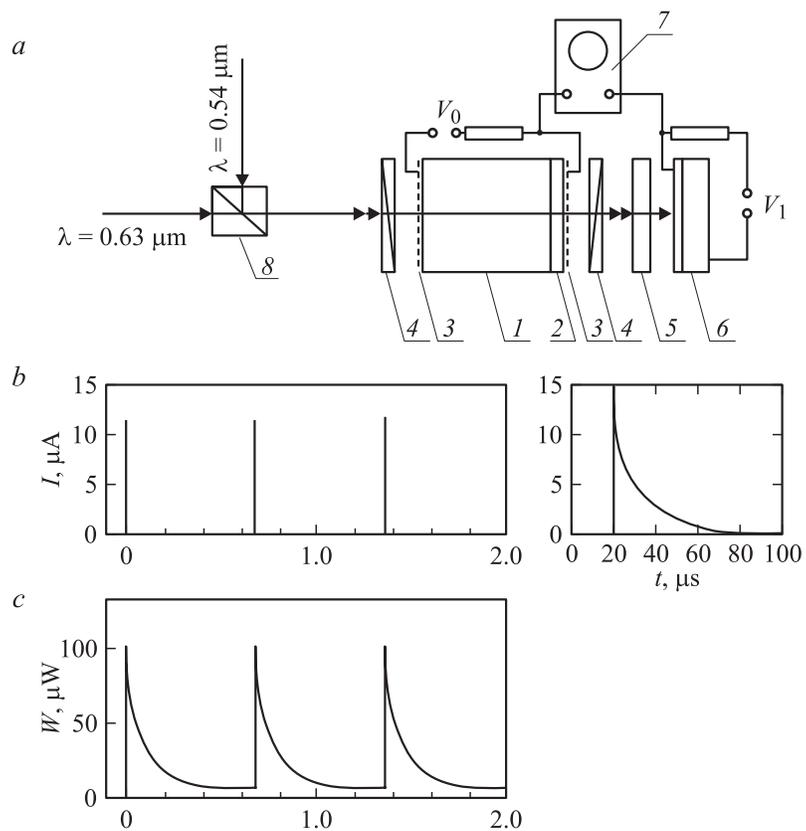
Предлагается полупроводниковый преобразователь постоянного лазерного излучения видимого и инфракрасного диапазона в импульсное излучение на структуре металл–диэлектрик–полупроводник с газовым слоем в качестве диэлектрика. Преобразователь представляет собой размещенную между скрещенными поляризаторами структуру: металл–слой газообразного диэлектрика–полупроводниковый изолирующий электрооптический кристалл. К структуре прикладывается постоянное напряжение ( $V_0$ ), структура освещается тонким лучом постоянного светового потока, частично поглощаемого в кристалле, параллельно направлению электрического поля в структуре. При этом на выходе преобразователя наблюдаются световые импульсы с частотой следования, определяемой интенсивностью светового потока. Как показано [2] приложенное к такой структуре внешнее напряжение ( $V_0$ ) распределяется между изолирующим электрооптическим кристаллом и слоем газового диэлектрика в соответствии с их емкостями. Величина приложенного напряжения ( $V_0$ ) подбирается таким образом, что напряженность электрического поля в газовом слое оказывается несколько ниже критического значения напряженности поля газового разряда ( $E_{cr}$ ).

При прохождении через структуру светового потока в кристалле на границе со слоем газового диэлектрика накапливается электрический заряд за счет поглощенного в кристалле света, вызывающий перераспределение приложенного напряжения между кристаллом и газовым

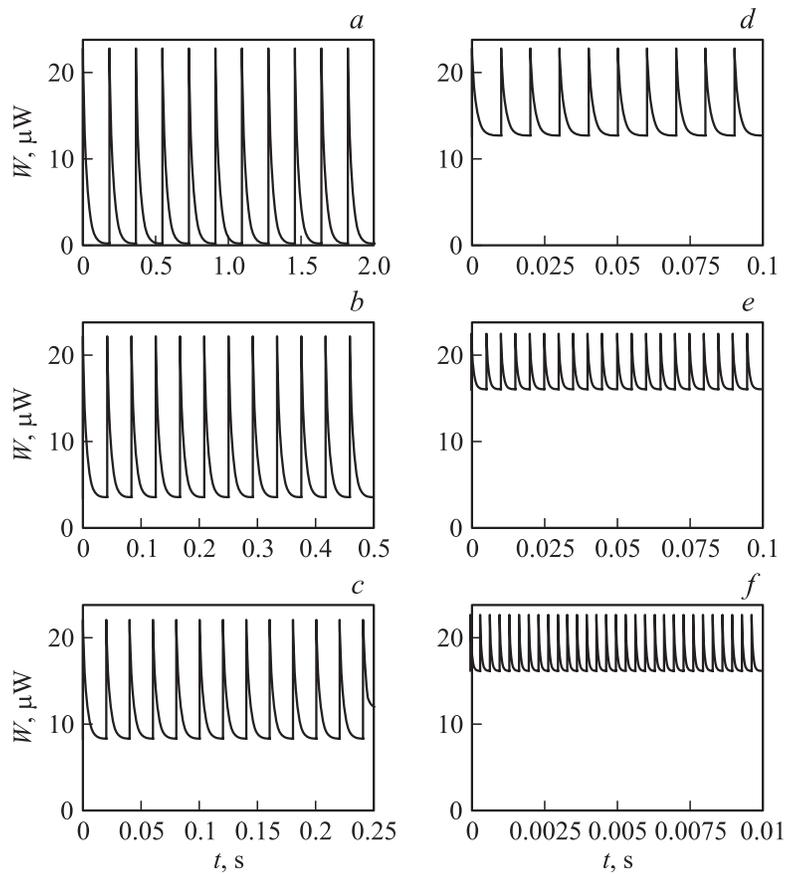
диэлектриком. По мере накопления заряда в кристалле напряженность электрического поля в газовом слое увеличивается и достигает критического значения ( $E_{cr}$ ). При этом проводимость газового диэлектрика увеличивается на много порядков величины и накопленный в кристалле электрический заряд вытекает из структуры. После этого распределение напряженности электрического поля в структуре возвращается к своему первоначальному значению. Этот процесс носит циклический характер [1–4].

При облучении структуры тонким световым лучом (диаметром  $d < 5 \cdot 10^{-2}$  см) циклическое перераспределение напряженности электрического поля в структуре происходит непосредственно под освещаемым участком ее поверхности и модулирует интенсивность не поглощенной в кристалле части светового потока на выходе устройства за счет продольного эффекта Поккельса. При этом на выходе устройства наблюдаются световые импульсы с частотой, определяемой интенсивностью потока. При освещении преобразователя двумя сведенными тонкими световыми потоками, один из которых не поглощается в кристалле (инфракрасное излучение), на выходе структуры наблюдаются импульсы инфракрасного излучения с частотой следования, определяемой интенсивностью поглощаемого светового потока.

На рис. 1, *a* представлена схема такого преобразователя на кристалле силиката висмута при освещении его двумя сведенными тонкими лучами (диаметром  $d = 5 < 10^{-2}$  см) слабо поглощаемого светового потока с длиной волны ( $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$ ) и сильно поглощаемого светового потока ( $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$ ) параллельно направлению электрического поля. На рис. 1, *b* представлены величина и форма электрических импульсов газового разряда во внешней цепи структуры при освещении генератора только одним световым потоком ( $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$ ,  $W_0 = 9 \cdot 10^{-4}$  W), а на рис. 1, *c* — величина и форма оптических импульсов на выходе преобразователя, регистрируемых с помощью фотодетектора на экране двухлучевого осциллографа. Как видно из рис. 1, *b*, *c*, передние фронты этих импульсов совпадают по времени, при этом длительность токовых импульсов газового разряда (рис. 1, *b*) значительно меньше длительности оптических импульсов на выходе генератора (рис. 1, *c*). Это связано с тем, что токовые импульсы в структуре появляются только тогда, когда напряженность электрического поля в газовом слое достигает значения газового разряда ( $E_{cr}$ ), их длительность определяется временем вытекания электрического заряда из кристалла при газовом



**Рис. 1.** Преобразователь оптических импульсов на структуре металл–газовый диэлектрик–полупроводник. *a* — схема эксперимента: 1 — изолирующий электрооптический кристалл силиката висмута (толщина  $d = 0.15$  см), 2 — слой газового диэлектрика (толщиной  $d_0 = 10^{-2}$  см), 3 — оптически прозрачные электроды, 4 — скрещенные поляризаторы, 5 — оптический фильтр-пробка для светового потока  $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$ , 6 — фотодетектор, 7 — осциллограф, 8 — призма; *b* — временная зависимость токовых импульсов газового разряда во внешней цепи на структуре металл–газовый диэлектрик–полупроводник при освещении преобразователя постоянным световым потоком ( $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$ ,  $W_0 = 9 \cdot 10^{-4}$  Вт); *c* — временная зависимость оптических импульсов на выходе преобразователя при освещении тем же световым потоком. Приложенное к структуре напряжение  $V_0 = 1100$  В.



**Рис. 2.** Оптические импульсы на выходе преобразователя на кристалле висмута силиката при его освещении двумя сведенными тонкими постоянными световыми потоками ( $\lambda = 0.63$  и  $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$ ). Мощность светового потока с длиной волны  $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$ ,  $W_0$  (mW):  $a - 0$ ;  $b - 0.05$ ;  $c - 0.12$ ;  $d - 0.2$ ;  $e - 0.4$ ;  $f - 2.0$ . Мощность светового потока с длиной волны  $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$  постоянна:  $W_0 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ W}$ ,  $V_0 = 1500 \text{ V}$ .

разряде. Длительность же оптических импульсов на выходе генератора определяется временем накопления в кристалле электрического заряда до его критического значения.

На рис. 2 представлены величина и форма оптических импульсов на выходе преобразователя при освещении его двумя сведенными тонкими световыми потоками ( $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$  и  $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$ ). Видно, что при неизменной мощности излучения с длиной волны  $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$  ( $W_0 = 0.9 \text{ mW}$ ,  $V_0 = 1500 \text{ V}$ ) частота следования световых импульсов на выходе преобразователя ( $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$ ) целиком определяется мощностью светового потока с длиной волны  $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$ . При изменении мощности этого потока ( $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$ ) в диапазоне ( $W_0 = 0-2 \text{ mW}$ ) частота следования импульсов на выходе генератора  $f$  изменяется в диапазоне  $f = 6-300 \text{ Hz}$ . Глубина модуляции этих импульсов уменьшается с увеличением частоты их следования за счет инерционности рассасывания электрического заряда при газовом пробое. Частота следования импульсов увеличивается с увеличением приложенного к структуре напряжения  $V_0$  при неизменных параметрах световых потоков. Такой модулятор позволяет преобразовывать мощные световые потоки постоянного инфракрасного излучения, не поглощаемого в кристалле преобразователя, в импульсное излучение с помощью маломощного постоянного излучения, поглощаемого в кристалле.

## Список литературы

- [1] *Кашерининов П.Г., Лодыгин А.Н.* // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23. В. 4. С. 23–29.
- [2] *Кашерининов П.Г., Лодыгин А.Н.* // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. В. 22. С. 64–69.
- [3] *Кашерининов П.Г., Лодыгин А.Н.* // ФТП. 1999. Т. 33. В. 12. С. 1475–1478.
- [4] *Бондарев А.Д., Кашерининов П.Г., Лодыгин А.Н., Мартынов С.С., Хрунов В.С.* // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. В. 3. С. 67–72.