

именных строках и столбцах транспарантов T_1 и T_3 . В этом случае искомыми значениям квадратичных форм будут пропорциональны значения освещенностей на диагональных элементах выходной матрицы, где должны быть установлены фотоприемники. Места расположения фотоприемников выделены на рис. 2 темными квадратами. Рассматриваемая некогерентная оптическая система обладает высоким коэффициентом использования светового потока и повышенной точностью вычислений, особенно тогда, когда ее осветительная часть содержит линзо-растровые элементы [4].

Согласно [5] произведение числа строк, имеющихся на транспарантах T_1 и T_3 , является постоянной величиной и определяется выражением

$$(T+1)(P+1) = (1/2\lambda)(F_1/F)(L/F)L = \text{const.} \quad (4)$$

где F — фокусное расстояние объектива 11; F_1 — эквивалентный фокус оптического блока, составленного из объективов 2–4; L — размер рабочего поля; λ — средняя длина волны применяемого некогерентного источника света (см. рис. 1). В нашем случае параметр $(T+1)$ определяет возможное число параллельных каналов в системе, а параметр $(P+1)$ — возможное число признаков во входном векторе Z . Эти параметры, как следует из (4), взаимосвязаны. Если один из них выбран произвольно, то второй должен быть определен из выражения (4).

Признаки входного вектора Z размещаются на транспаранте T_1 вдоль строки. Это означает, что

$$(G+1) = (P+1), \quad (5)$$

где $G+1$ — размерность транспаранта вдоль оси x . Исходя из условия (5) можно определить размерность транспаранта T_2 , на котором воспроизводятся элементы обратной ковариационной матрицы.

Пусть для вычисления квадратичной формы применена оптическая система, для которой $F_1/F=1/3$, $L/F=1/5$, $L=60$ мм и $\lambda=0,5 \cdot 10^{-3}$ мм. Тогда из выражения (4) получим, что $(T+1)(P+1) \sim 4 \cdot 10^3$. Если принять, что число параллельных каналов равно 32, то входной вектор будет содержать ~ 128 признаков. Размерности транспарантов: $T_1 - 32 \times 128$, $T_2 - 128 \times 128$, $T_3 - 128 \times 32$. Выходная плоскость системы состоит из 32×32 элементов; из них информативные — 32 элемента, расположенные по диагонали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нежевенко Е. С., Твердохлеб П. Е. Когерентно-оптические методы распознавания одномерных сигналов.— Автометрия, 1972, № 5.
2. Кривенков Б. Е., Михляев С. В., Твердохлеб П. Е., Чугуй Ю. В. Некогерентная оптическая система для выполнения матричных преобразований.— Автометрия, 1975, № 3.
3. Нильсон Н. Обучающиеся машины. М.: Мир, 1967.
4. Михляев С. В., Твердохлеб П. Е., Чугуй Ю. В. Линзо-растровая некогерентная оптическая система для матричных преобразований.— Опт. и спектр., 1978, т. 44, вып. 2.
5. Твердохлеб П. Е. Разрешающая способность оптической системы для матричных преобразований.— Автометрия, 1979, № 1.

Поступило в редакцию 4 июня 1980 г.

УДК 535.241.13 : 681.332

В. И. ФЕЛЬДБУШ
(Новосибирск)

УПРАВЛЯЕМЫЙ ТРАСПАРАНТ ДЛЯ ОКОНТУРИВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рассмотрен управляемый транспарант на основе монокристалла $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, структура которого идентична структуре транспаранта, описанного в [1]. Отличие состоит в том, что вместо монокристалла со срезом (100) использовался срез (110). При такой ориентации кристалла продольный электрооптический эффект отсутству-

ет, а наблюдается поперечный. Это приводит к тому, что при регистрации изображений визуализируются появляющиеся в монокристалле поперечные составляющие поля.

Поперечные поля образуются в монокристалле зарядовым рельефом, который пропорционален записываемому световому распределению $f(r, \varphi)$, где r, φ — полярные координаты. Напряженность поля в каждой точке пропорциональна скорости изменения плотности заряда, т. е. производной по направлению $\frac{\partial f(r, \varphi)}{\partial r} \frac{r}{|r|}$. Следовательно, считываемый световой сигнал является функцией этой производной, т. е.

$$I_{сч}(r, \varphi) = F \left[\frac{\partial f(r, \varphi)}{\partial r} \frac{r}{|r|} \right],$$

где $I_{сч}(r, \varphi)$ — считываемое световое распределение. Причем направление вектора r зависит от взаимной ориентации монокристалла и поляризации считывающего светового потока. Вид функции F пока неизвестен.

Эксперименты проводились на установке, описанной в работе [1]. На управляемый транспарант подавалось синусоидальное напряжение с амплитудой 3 кВ и частотой 50 Гц.

Эффект дифференцирования (окоптуривания) в горизонтальном направлении матрицы квадратных отверстий, проецируемой на управляемый транспарант, показан на рис. 1. (Размер одного квадрата на управляемом транспаранте 70 мкм.) На рис. 2, а приведена фотография участка местности, а на рис. 2, б — результат его окоптуривания в горизонтальном направлении.

Рассматриваемый управляемый транспарант может найти применение при решении задач распознавания и обработки изображений. К недостаткам транспаранта можно отнести то, что он осуществляет одномерное окоптуривание. Этот недостаток можно устранить путем использования структуры типа [2] с развернутыми друг относительно друга кристаллами или путем суммирования световых распределений с двух управляемых транспарантов, один из которых осуществляет окоптуривание в направлении x , а другой — в направлении y .

Определение разрешающей способности и чувствительности рассмотренного управляемого транспаранта вызывает затруднение, так как он реагирует на контраст и градиент яркости в исходном изображении. Поэтому для данного транспаранта эти понятия необходимо переопределить или заменить другими.

Основным отличием предлагаемого управляемого транспаранта по сравнению с описанным в [2] является то, что он не критичен к неоднородностям кристаллов, которые в данном случае приводят лишь к колебаниям яркости вдоль контуров изображения.

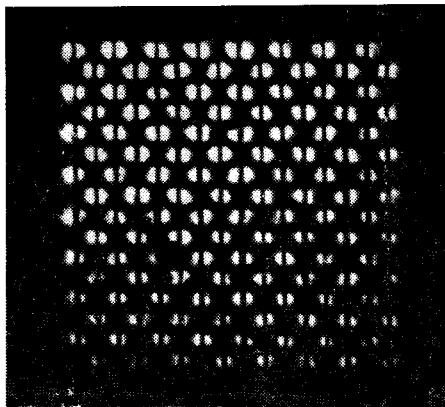


Рис. 1.

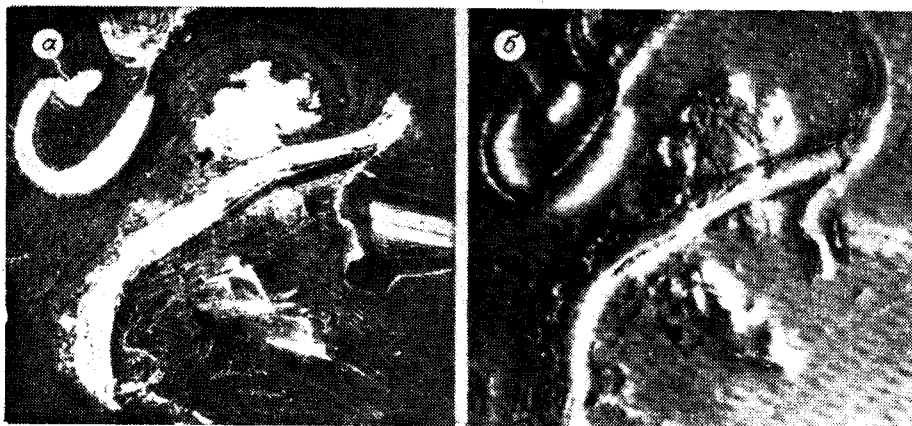


Рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клико А. Т. и др. Пространственно-временные модуляторы света на монокристаллах $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$.— Автометрия, 1976, № 4.
2. Котляр П. Е., Нежевенко Е. С., Опарин А. Н., Фельдбуш В. И. Дифференциальные управляемые транспаранты для обработки оптической информации.— В кн.: Оптическая обработка информации. Л.: ЛИЯФ, 1979, с. 155—162.

Поступило в редакцию 29 апреля 1980 г.

УДК 621.383.032.217.2

В. И. БУДАРНЫХ, В. Ф. КРАСНОВ
(Новосибирск)

ПРИМЕСНОЕ РАССЕЯНИЕ ГОРЯЧИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ОБЛАСТИ ОБЪЕМНОГО ЗАРЯДА ДЫРОЧНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Вопросы рассеяния горячих электронов в области объемного заряда полупроводников p -типа актуальны, в первую очередь, в связи с интенсивным развитием работ по созданию фотоэммиттеров с отрицательным электронным средством [1]. При описании процесса прохождения фотовозбужденных электронов через приповерхностную область объемного заряда (где носители являются горячими) обычно учитывается взаимодействие с оптическими фононами в качестве основного источника энергетических потерь [2, 3]; при этом считается, что поле в объемном слое направлено нормально к поверхности, и рассматриваются исключительно одномерные модели. Вместе с тем простые оценки показывают, что рассеяние в полях заряженных центров может существенно искажать траектории электронов. Влияние примесного рассеяния на параметры эмиттированных электронов двойного рода: во-первых, примесное рассеяние, само являясь упругим процессом, меняет время пребывания носителя в области изгиба зон и тем самым увеличивает роль неупругих взаимодействий; во-вторых, носители покидают приповерхностную область со значительными составляющими поперечного импульса, что должно было бы привести к уширению распределения эмиттированных электронов по углам.

В настоящем сообщении приведен модельный расчет транспортного сечения примесного рассеяния с учетом эффекта образования примесной зоны и показано, что при достаточно больших уровнях легирования полупроводника одномерное приближение является оправданным.

Сделаем следующие предположения.

1. Все акцепторные центры заряжены (заполнены электронами).
2. В области объемного заряда полностью отсутствуют свободные носители.
3. Волновая функция электрона на акцепторном уровне имеет водородоподобный вид, и ей соответствует следующее распределение электронной плотности:

$$\rho_1(r) = (q_e/8\pi) \mu^3 e^{-\mu r},$$

где $(\mu/2)^{-1}$ — аналог боровского радиуса, а нормировочный коэффициент получен из условия $\int \rho_1 dV = q_e$; волновые функции рассеивающихся электронов аппроксимированы плоскими волнами.

4. Рассеяние на выделенном примесном центре эффективно экранируется окружающими акцепторами при прицельных параметрах, сравнимых со средним расстоянием между центрами. Мы приближенно опишем это экранирующее действие, введя дополнительную плотность зарядов

$$\rho_2 = -(q_e/8\pi) \lambda^3 e^{-\lambda r}$$

так, что полный заряд, заключенный в сфере радиуса $R \gg \lambda^{-1}$, будет близок к нулю. Параметр λ приближенно соответствует обратному расстоянию между акцепторными центрами.