

К. ф.-м. н. А. Г. ГОЛОВКО

Украина, г. Кизомыс, НПФ «Артур»
E-mail: argo_m@ukr.net

Дата поступления в редакцию
25.11 2002 г. — 02.04 2003 г.

Оппонент А. Г. СТЕПАНУШКИН
(ЦКБ «Ритм», г. Черновцы)

ОБЛАСТЬ ПОВЫШЕННЫХ ШУМОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ФОТОРЕЗИСТОРАХ

Показано, что существует узкая область, в которой спонтанные флуктуации падения напряжения на фоторезисторе существенно возрастают.

Качество преобразования фоторезисторами потока фотонов в электрический сигнал в значительной мере зависит от флуктуационных свойств применяемого полупроводникового материала.

В настоящей работе рассмотрены особенности проявления нестабильности смещения фоторезисторов в зависимости от длины волны облучающего света постоянной интенсивности. Они могут быть учтены при разработке высокочувствительной аппаратуры.

На **рис. 1** представлена полученная нами экспериментальная кривая зависимости средней величины отклонений величины смещения (напряжения) $\langle \delta u(t) \rangle$ на фоторезисторе в зависимости от длины волны λ освещающего монохроматического света (кривая 1). Исследуемый образец изготовлен на основе аморфного CdSe. Он был подключен к источнику постоянного напряжения $U=20$ В через нагрузочный резистор сопротивлением $R=1,8$ МОм. Спонтанно возникающие в цепи изменения падения напряжения на образце измеряли в диапазоне частот 665—735 Гц. Видно, что существует область длин волн, в которой нестабильность существенно выше.

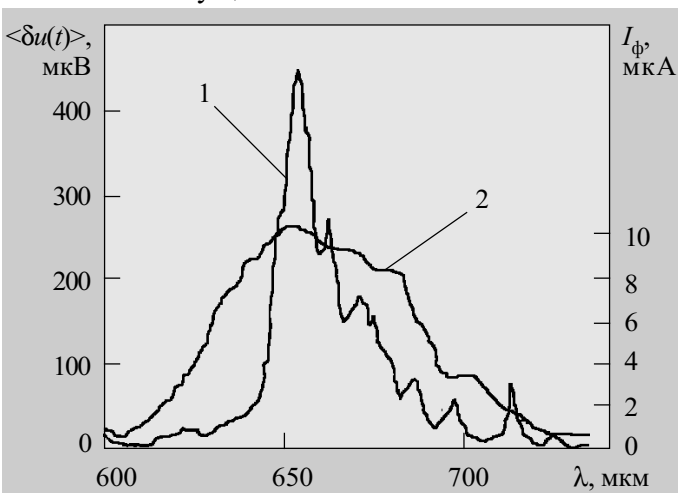


Рис. 1

Некоторые результаты аналогичных измерений для других полупроводниковых материалов приведены в [1], где наглядно показана индивидуальность указан-

ных характеристик в зависимости от структуры и состава полупроводникового материала. Причем для каждого вида полупроводников исследуемая характеристика типична и постоянна.

Рассмотрим на нашем примере, как соотносится область повышенной нестабильности с областью оптической чувствительности фоторезистора. Из рис. 1 видно, что кривая 2 фототока I_{ϕ} охватывает более широкий диапазон длин волн, чем область повышенной нестабильности. Очевидно, что для обеспечения особой чувствительности аппаратуры разработчикам можно учесть это явление. (Аналогичные кривые несложно самостоятельно получить для используемых типов фоторезисторов.)

Дальнейший анализ показывает, что область фоточувствительности образца удобно определять областью резкого снижения его сопротивления (**рис. 2**, кривая 1). При этом величина постоянного смещения фоторезистора $U(\lambda)$ для используемой схемы включения не имеет столь резких границ спада и роста (кривая 2). С учетом этого мы рассчитали относительную величину нестабильности смещения $\langle \delta u(t) \rangle U(\lambda)$ (см. кривую 3), область которой оказалась уже, чем для кривой 1 рис. 1.

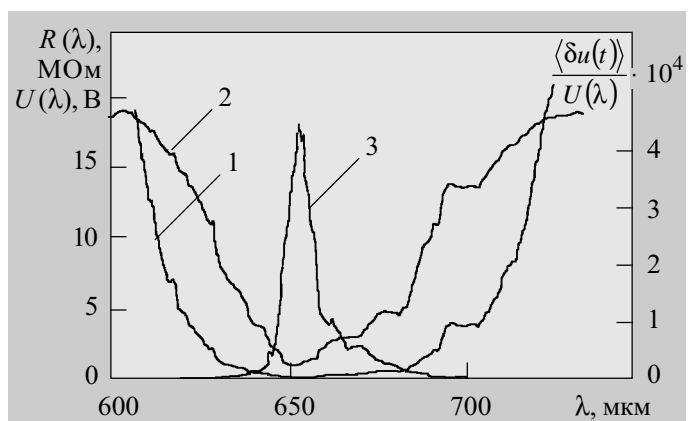


Рис. 2

Таким образом, установлено, что для фоторезистивных материалов существует полоса длин волн, которая наиболее ответственна за возникновение флуктуаций падения напряжения на образце и которая фактически определяет потребительские свойства фоторезисторов в части уровня шумов преобразования.

Природа этого явления может быть понята, если воспользоваться знаниями о генерационно-реком-

бинационных процессах в полупроводниках. Напомним, что, разделив измеренный нами параметр $\langle \delta u(t) \rangle$ на корень квадратный из ширины частотной полосы исследуемого сигнала Δf , получим флуктуационный параметр — текущий спектр $S_u(f)$ флуктуаций, связанный со спектральной плотностью $G_u(f)$ соотношением [2]

$$S_u(f) = 0,78 G_u(f)^{1/2}.$$

В области низких частот этот параметр описывает т. н. 1/f-шумы. Их максимальный уровень при фотоэффекте обусловлен протеканием межзонных обменных процессов электронами. Эти процессы определяют флуктуации электропроводности материала [3—6].

Протекание через образец электрического тока приводит к флуктуациям падения напряжения на нем. Поэтому флуктуация электропроводности $\delta g(t)$, ее среднее значение $\langle \delta g(t) \rangle$ и спектр $S_g(f)$ преобразуются электрической цепью во флуктуацию напряжения $\delta u(t)$, измеренный нами параметр $\langle \delta u(t) \rangle$ и спектр $S_u(f)$. Закон этого преобразования известен [7—9]:

$$\delta u(t) = \delta g(t) r_d U = \delta g(t) R U; \quad (1)$$

$$\langle \delta u(t) \rangle = \langle \delta g(t) \rangle r_d U = \langle \delta g(t) \rangle R U; \quad (2)$$

$$S_u(f) = S_g(f) r_d^2 U^2 = S_g(f) R^2 U^2, \quad (3)$$

где r_d — дифференциальное сопротивление образца (в случае омического образца — фоторезистора — $r_d = R$).

Обратим внимание в (1)—(3) на то, что при освещении флуктуации электропроводности образца подавляются за счет снижения величины сопротивления $R = R(\lambda)$, причем для различных длин волн — по-

разному. Одновременно уровень флуктуаций напряжения растет с увеличением смещения и силы тока.

Таким образом, в распоряжении разработчиков аппаратуры имеется несколько факторов, учет которых может снизить уровень «зашумленности» преобразованного фоторезистором сигнала.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Golovko A. G., Golovko T. A. Non-stability electric charge transport in semiconductors / Proc. of the international school conference “Physical problems in material science of semiconductors”.— Chernivtsi, 11—16 Sept. 1995.— P. 267.
2. Мирский Г. Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов.— М.: Энергия, 1972.
3. Нарышкин А. К, Врачев А. С. Теория низкочастотных шумов.— М.: Энергия, 1972.
4. Бочков Г. Н., Кузовцев Н. Е. Новое в исследованиях 1/f-шума // УФН.— 1983.— Т. 41, вып. 1.— С. 151—176.
5. Hooge F. N., Kleinpenning T. G. M., Vandamme L. K. J. Experimental studies of 1/f noise // Rep. Prog. Phys.— 1981.— Vol. 44.— P. 479—532.
6. Ван дер Зил А. Флуктуационные явления в полупроводниках.— Г.: Изд-во ИЛ, 1961.
7. Головки А. Г., Головки Т. А. Актуальные проблемы 1/f-шумов / Тр. междунар. семинара «Шумы и деградационные процессы в полупроводниковых приборах».— Москва, 27—30 нояб. 1996.— С. 140—151.
8. Головки А. Г., Головки Т. А. Новый флуктуационный закон для стационарных процессов переноса зарядов / Тр. междунар. семинара «Шумы и деградационные процессы в полупроводниковых приборах».— Москва, 17—20 нояб. 1998.— С. 264—268.
9. Головки А. Г. Проблемы флуктуаций напряжения в высокоточных электрических цепях // Автоматика. Автоматизация. Электрические комплексы и системы. (Херсон)— 1998.— № 1.— С. 77—82.

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

- Влияние циклического режима работы охлаждающего термоэлектрического устройства на его надежность. В. П. Зайков, В. Ф. Моисеев (Украина, г. Одесса)
- КМОП ИС задающего генератора с кварцевой стабилизацией частоты. В. И. Золотаревский, Л. И. Самотовка, Ю. Д. Мазалецкий, Б. А. Балай, Е. С. Товмач, А. Ф. Воцинкин (Украина, г. Киев)
- Система глобального дистанционного зондирования Земли в ИК-диапазоне с геостационарных орбит. Б. Н. Формозов (Россия, г. С.-Петербург)



- Стабильность характеристик медных пленочных термопреобразователей сопротивления. В. В. Брайловский, О. Е. Иларионов, П. М. Шпатар (Украина, г. Черновцы)
- Многофункциональный сенсор с цифровой индикацией. И. М. Викулин, С. В. Ильин, В. А. Мингалев (Украина, г. Одесса)
- Выращивание гетероструктур GaSb/InAs жидкофазной эпитаксией без растворения подложки. И. Е. Марончук, В. В. Курак, Е. В. Андропова, Е. А. Баганов (Украина, г. Херсон)

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

В номере 4 журнала за 2003 год на стр. 51 в статье «Преобразование низкочастотных флуктуаций электропроводности в датчиках с нелинейной ВАХ» в формулах (4)—(6) допущена опечатка — использован знак приближенного равенства (\approx), тогда как должна быть тильда (\sim) — как знак перехода к упрощенной формуле без коэффициентов преобразования для удобства восприятия природы протекающих процессов:

$$r_d(I) = (nkT/qI_0)[(I/I_0)+1]^{-1} \sim 1/[(I/I_0)+1], \quad (4)$$

$$U = (nkT/q) \ln[(I/I_0)+1] \sim \ln[(I/I_0)+1]. \quad (5)$$

$$S_u(f) \sim \ln[(I/I_0)+1]/[(I/I_0)+1] \sim rdU \quad (6)$$