

АВТОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ИЗ ГЕРМАНИЯ, УПРАВЛЯЕМАЯ
ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Т.М.Лифшиц, А.Л.Мусатов

В работе [1] нами были приведены результаты исследования автоэлектронной эмиссии из монокристаллов Ge, легированного Au. Было показано, что при охлаждении до температуры жидкого азота, когда этот материал становится достаточно высокоомным ($\rho \sim 10^6 + 10^8$ ом см), ток автоэлектронной эмиссии ограничивается объемным сопротивлением образца. Вольт-амперная характеристика эмиссионного тока имеет вид:

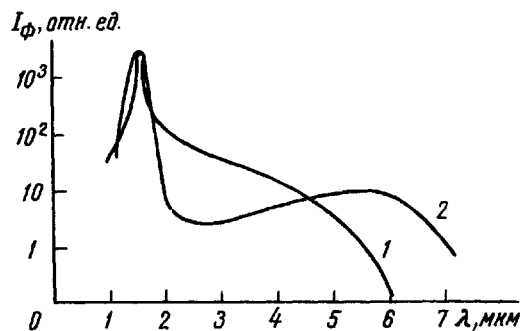
$$I = A \exp\left(-\frac{V_0}{V-IR}\right), \quad (1)$$

где R - сопротивление образца, V_0 - некоторое характерное для данного образца напряжение, определяемое геометрическими размерами эмиттирующей части образца (острие) и работой выхода его поверхности. Величины V_0 и R определяются непосредственно из опыта. В [1] было также показано, что в области напряжений, при которых вольтамперная характеристика существенно нелинейна, освещение образца, уменьшая его сопротивление, вызывает резкое возрастание эмиссионного тока. При этом само острие в сильном электрическом поле оказывается низкоомным и в отсутствие освещения, а

134

действие последнего сводится к перераспределению напряжения между вакуумным промежутком и объемом эмиттера. В настоящем сообщении мы приводим результаты измерения спектрального распределения фотодобавки эмиссионного тока, возникающей под действием инфракрасного излучения.

Образцы *Ge*, легированного *Au* и компенсированного *Sb* (*n*- и *p*- типа), представляли собой штабики размером 15х1х1 мм, заостренные с одного конца методом электрохимического травления. Радиус острия, по измерениям на электронном микроскопе, составлял 0,1 + 0,5 мк. Образцы крепились в азотном кристате (см. [1]) таким образом, чтобы острие было обращено к аноду, расположенному на расстоянии 2-3 мм от него. Одна из граней образца могла освещаться пучком инфракрасного света от монохроматора ИКС-12, модулированным с частотой 400 гц. При измерениях в области 2 + 7 мк для устранения рассеянного света использовался германиевый фильтр.



Спектральная характеристика управляемой светом эмиссии из германия:
1 - *n* - тип, 2 - *p* - тип

На рисунке приведены кривые спектрального распределения части эмиссионного тока, вызванной освещением, для образцов *n*- и *p*- типа (в расчете на единицу мощности падающего излучения). Из рисунка видно, что в данном случае представляется возможность управлять электронной эмиссией из полупроводника инфракрасным светом с длинами волн от 1 до 6 + 7 мк. Напомним, что известные фотоземиссионные катоды эмитируют электроны лишь под действием света с длинами волн $\lambda < 1,5$ мк.

Спектральные зависимости эмиссии, представленные на рисунке, практически совпадают со спектрами фотопроводимости G_0 , легированного Au n - и p -типа соответственно (см., например, [2]).

Зная параметры полупроводника и пользуясь вольтамперной характеристикой (I), нетрудно рассчитать квантовый выход описываемого инфракрасного катода для области примесного поглощения света.

Для образцов n -типа, например, имеем (для случая малых сигналов)

$$\gamma = \frac{\mu \nu_x N_{Au} \tau \sigma_{\phi} E}{[1 + e \mu n \nu_y \nu_x \frac{(V - E_0 \nu_x)^2}{I_0 V_0 \nu_x}] \nu_x} \quad (2).$$

Здесь μ - подвижность электронов, N_{Au} - концентрация дважды ионизованных атомов золота, σ_{ϕ} - сечение фотоионизации этих атомов, τ - время жизни фотоносителей, E - напряженность электрического поля в объеме образца, e - заряд электрона, n - концентрация электронов в объеме образца, а ν_x, ν_y, ν_z - линейные размеры образца (ось Ox совпадает с направлением тока, ось Oz - с направлением освещения).

Для стандартных высокоомных образцов n -германия, легированного золотом ($\rho = 10^8$ ом см, μ (77°K) = 10^4 см²/всек, $N_{Au} = 5 \cdot 10^{14}$ см⁻³, $\tau = 2 \cdot 10^{-5}$ сек) при напряжении анод-катод $V = 4 \cdot 10^3$ в, квантовый выход для длины волны $\lambda = 2$ мк ($\sigma_{\phi} = 1 \cdot 10^{-16}$ см²), рассчитанный по формуле (2), оказывается равным $\gamma = 0,12$ эл/фотон. Экспериментально получено значение квантового выхода для этой длины волны $\gamma_{эксп} = 0,06$ эл/фотон. В области собственного поглощения света ($\lambda = 1,4$ мк) квантовый выход $\gamma_{эксп} = 2$ эл/фотон. Это соответствует фоточувствительности катода, равной $\approx 2,5$ а/вт.

Из формулы (2) видны особенности работы описываемого катода: необходимость начального темнового тока (в описанном выше примере этот ток был равен $I_0 = 4,5 \cdot 10^{-8}$ а), а также уменьшение фоточувствительности при больших интенсивностях светового потока, падающего на образец.

В заключение отметим, что описанным здесь методом, при соответствующем подборе полупроводника и легирующей примеси, можно построить автоэмиссионный катод, чувствительный практически к любой области ИК-спектра.

Институт радиотехники и
электроники
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
18 декабря 1965 г.

Литература

- [1] М.С.Каган, Т.М.Лифшиц, А.Л.Мусатов, А.А.Шеронов. Физ.твёрдого тела, 6, 722, 1964.
- [2] П.Круз, Л.Макглоулин, Р.Макквистан. Основы инфракрасной техники (перев. с англ.), стр. 420, 1964.