

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

ОЛИМПИАДА-2018

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

ОТКРЫТЫЙ БИЛЕТ

1. Определите плотность тока термоэмиссии (A/m^2), если материал термокатода имеет эффективную работу выхода $\varphi_{эфф} = 1,5$ эВ, температура катода $T_k = 900$ К, проницаемость потенциального барьера $D = 0,95$.

Решение

Плотность тока термоэмиссии можно определить, используя уравнение Ричардсона – Дэшмана:

$$j_{\Delta} = A_0 \cdot D \cdot T_k \cdot e^{-\frac{e\varphi_{эфф}}{k \cdot T_k}} = 120 \cdot 10^4 \cdot 0,95 \cdot 900^2 \cdot e^{-\frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 900}} = 3,85 \cdot 10^3 \text{ A/m}^2,$$

где $A_0 = 120 \cdot 10^4 \frac{A}{m^2 \text{ Град}^2}$ – универсальная постоянная термоэмиссии;

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Ответ: $3,85 \cdot 10^3 \text{ A/m}^2$.

2. Найдите максимальную энергию (эВ) электронов, выходящих с поверхности фотокатода под действием монохроматического пучка света с длиной волны $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$ м, если эффективная работа выхода фотокатода $\varphi_{эфф} = 0,5$ эВ.

Решение. Фотон имеет энергию $h\nu$, которую, попадая на фотокатод, отдает электрону в кристалле. Электрон, получив энергию $h\nu$, покидает кристалл фотокатода, если этой энергии достаточно для выхода. При выходе из кристалла электрон теряет энергию, равную эффективной работе выхода кристалла ($\varphi_{эфф}$).

Выйдя из кристалла фотокатода, электрон в вакууме имеет кинетическую энергию, равную $\frac{mv^2}{2}$. В результате можно записать уравнение:

$$\frac{mv^2}{2} \equiv h \cdot \frac{c}{\lambda} - \varphi_{эфф} = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-7}} - 0,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,139 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 5,7 \text{ эВ},$$

где $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж – постоянная Планка;

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме;

$m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг – масса электрона;

$\nu = \frac{c}{\lambda}$ – связь между частотой и длиной волны кванта.

Если известна начальная энергия электрона в кристалле (φ_0), то уравнение баланса энергий можно записать:

$$\varphi_0 + h\nu - \varphi_{\text{эфф}} = \frac{mv^2}{2}.$$

Ответ: 5,7 эВ.

3. Электрон фотокатода получил энергию кванта, покинул кристалл и имеет энергию в вакууме 5,7 эВ. Эффективная работа выхода фотокатода $\varphi_{\text{эфф}} = 0,5$ эВ. Какой станет энергия электрона в вакууме (эВ), если длину волны кванта увеличить в 5 раз?

Решение

Энергию кванта можно найти из уравнения:

$$h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{mv^2}{2} + \varphi_{\text{эфф}} = 5,7 + 0,5 = 6,2 \text{ эВ.}$$

При увеличении длины волны в 5 раз энергия кванта уменьшается в 5 раз и становится равной 1,24 эВ.

Теперь можно найти энергию электрона в вакууме:

$$h \frac{c}{\lambda} - \varphi_{\text{эфф}} = 1,24 - 0,5 = 0,74 \text{ эВ.}$$

Ответ: 0,74 эВ.

4. В процессе термовакuumного испарения из точечного испарителя испарилась навеска из алюминия весом $1 \text{E-}4$ кг. Определите толщину напыленной пленки при расстоянии до подложки 0,2 м. Плотность материала навески принять равной 2700 кг/м^3 . Ответ округлите после второго знака.

Решение

Толщина образующейся пленки определяется по формуле:

$$d = G/4\pi L\rho.$$

где G – вес испарившегося вещества, L – расстояние между испарителем и подложкой, ρ – плотность материала, кг/м^3 .

Ответ: $1,47 \text{ E-}5$ м.

5. В вакуумной камере объемом $0,1 \text{ м}^3$ проводится распыление фторопласта. Изменение давления составляет от 1 до 10 Па за 1 с. Определите импульсный поток газовыделения.

Решение

В общем виде поток газовыделения определяется соотношением:

$$Q = d(PV)/dt = P \cdot dV/dt + V \cdot dP/dt.$$

При постоянном объеме камеры поток натекания определится вторым слагаемым:

$$Q = 0,1 \times (10 - 1)/1 = 0,9.$$

Ответ: $0,9 \text{ Па} \cdot \text{м}^3/\text{с}$.