

ДИНАМИКА РЕЛАКСАЦИИ ПОЛЯ И ГЕНЕРАЦИЯ НЕРАВНОВЕСНЫХ
НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА НА ФРОНТЕ СТРИМЕРНОГО РАЗРЯДА

Прокопеня А. В. 1), Яблонский Г. П. 2)

- 1) Брестский политехнический институт
- 2) Институт физики АН РБ

The processes of unequilibrium charge carriers (UCC) generation and electric field relaxation in the near electrode area of discharge are analysed, when an electrode potential is increasing as $\varphi = \gamma_m l / l_0$ with a time of growth equal to l_0 and a drift velocity is equal to its saturation value. It is supposed that the UCC generation is provided by the electron tunneling between v- and c-zones. The calculations were made at different temperatures, for directions [100] and [1120] in the CdS crystal and for a period of time $t_0 = 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}$ s. It was shown that a maximum value of an electric field strength and UCC concentration are achieved for the least value of l_0 .

На фронте электрического разряда в кристалле (а также на начальном этапе вблизи электрода) за время действия электрического поля, напряженность которого превышает пороговое значение, генерируются неравновесные носители заряда (ННЗ) высокой концентрации. Система ННЗ теряет свою энергию при взаимодействии с кристаллической решеткой, а также за счет излучательной рекомбинации после релаксации поля. Концентрация ННЗ, оцениваемая экспериментально $n = 10^{19} \text{ см}^{-3}$, зависит от времени действия поля, которое, в свою очередь, будет определяться дрейфовой скоростью носителей заряда. Ускорение электронов ограничивается их взаимодействием с LO фононами и в полях $E = 10^5 - 10^6 \text{ В/см}$ дрейфовая скорость насчитается: $V_d = \left(\frac{\hbar \omega_{LO}}{m^*} \frac{\hbar \omega_{LO}}{2kT} \right)^{1/2}$. Чем больше V_d , тем быстрее будет происходить разделение зарядов и релаксация поля. Это предельное значение дрейфовой скорости используется при описании развития разряда, когда $E \sim 10^5 \text{ В/см}$, а концентрация ННЗ на много порядков больше, чем те, при которых проводились измерения или расчеты V_d . В данной работе ана-

лизируются процессы генерации ННЗ и релаксации поля в приэлектродной области разряда при максимальном значении дрейфовой скорости.

В случае сферического электрода напряженность электрического поля у его поверхности одинакова во всех точках и определяется отношением потенциала к радиусу электрода $E = \varphi/r$, а вектор \vec{E} параллелен вектору $\vec{\mathcal{D}}$.

Энергия поля в единице объема у поверхности электрода $w = \vec{E} \vec{\mathcal{D}}/2$ с началом генерации ННЗ будет расходоваться на их перемещение и создание объемного заряда, экранирующего поле. При этом изменение напряженности поля определяется соотношением:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\partial w / \partial t}{\partial w / \partial E} = - \frac{j}{\partial \mathcal{D} / \partial E}$$

Если потенциал электрода возрастает с косугольным фронтом $\frac{\varphi_m}{t_0}$, то

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\varphi_m}{r \cdot t_0} - \frac{e n v_d}{\partial \mathcal{D} / \partial E}, \quad (1)$$

где $\partial \mathcal{D} / \partial E$ - продольная компонента тензора диэлектрической проницаемости, умноженная на ϵ_0 .

Если в качестве механизма генерации ННЗ рассмотреть процесс межзонного туннелирования электронов, то концентрацию ННЗ можно найти из уравнения

$$\frac{dn}{dt} = \frac{N e E d}{2 \pi \hbar} \exp\left(-\frac{\pi \sqrt{2m^*} E_2^{3/2}}{2 e \hbar E}\right), \quad (2)$$

где N - плотность электронов в v -зонах, d - параметр решетки, m^* - эффективная масса электронов.

Численное решение системы (1), (2) проводилось для параметров, соответствующих температурам жидкого азота и комнатной, времени нарастания фронта $t_0 = 10^{-6}$, 10^{-8} , 10^{-10} с и направлениям $[0001]$ и $[11\bar{2}0]$ кристаллов CdS.

Найдено, что максимальное значение напряженности поля достигается при минимальной длительности фронта t_0 . Концентрация ННЗ больше в направлениях большего значения $\partial \mathcal{D} / \partial E$, резко падает с увеличением t_0 и не превышает значения $n = 10^{13} \text{ см}^{-3}$.