

фотодырки и фотоэлектроны. Это, однако, не относится к случаю однородного кристалла конечных размеров, граница которого освещается (см. § 2). Здесь в области существования фотоносителей имеется «неоднородность», создаваемая самой границей, и поэтому фотоэдс возможна.

§ 2. Фотоэдс в однородных полупроводниках

Рассмотрим полупроводник прямоугольной формы, одна из граней которого освещается сильно поглощаемым светом. Для определенности возьмем полупроводник n -типа. Для простоты расчетов мы будем также предполагать, что а) концентрация ловушек мала ($\delta n = \delta p$) и б) освещение не очень сильное, так что электропроводность σ при освещении в любой точке мало отличается от темновой электропроводности σ_0 . Тогда формула (1.2) дает

$$V_0 = \frac{e}{\sigma_0} (D_n - D_p) \int_0^d dp = \frac{e}{\sigma_0} (D_n - D_p) [\delta p(d) - \delta p(0)], \quad (2.1)$$

где d — толщина образца, а $\delta p(0)$ и $\delta p(d)$ — концентрации фотоносителей у освещенной и, соответственно, у задней поверхности. Здесь, очевидно, достаточно интегрировать только по толщине пластинки, так как в остальной части цепи $\mathcal{E}^* = 0$.

Если d хотя бы в несколько раз превышает длину диффузии L , то $\delta p(d) \ll \delta p(0)$. Избыточную концентрацию для «толстой» пластинки мы уже вычислили раньше (§ X.6):

$$\delta p(0) = \frac{L}{D} \frac{g_s}{1+S}, \quad (2.2)$$

где D — коэффициент амбиполярной диффузии, а остальные обозначения имеют прежний смысл. Поэтому окончательно получаем

$$V_0 = - \frac{e}{\sigma_0} \frac{D_n - D_p}{D_p} L \frac{g_s}{1+S}. \quad (2.3)$$

На рис. 11.2 показаны знаки заряда граней для случая $D_n > D_p$, направления поля амбиполярной диффузии \mathcal{E} и сторонней силы \mathcal{E}^* . Электроны, диффундирующие быстрее, заряжают нижнюю поверхность отрицательно, а на освещенной грани появляется положительный заряд. Рассмотренная фотоэдс, возникающая вследствие различия коэффициентов диффузии электронов и дырок, получила название эдс Дембера.

Величина эдс Дембера невелика. Примем для оценки $(D_n - D_p)/D_p \simeq 1$, $L \sim 0,1$ см, $\sigma_0 \sim 1$ Ом⁻¹см⁻¹, что типично, например, для германия. Безразмерную скорость поверхностной рекомбинации положим $S \ll 1$. Пусть, далее, образец освещается

прямым несфокусированным солнечным излучением. Расчет показывает, что в солнечном излучении число фотонов с энергией $h\omega \geq 0,65$ эВ, падающих на 1 см^2 в 1 с у поверхности Земли при ясной атмосфере, равно примерно $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Следовательно, при квантовом выходе $\nu = 1$, $g_s \sim 10^{17} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Тогда по формуле (2.3) находим, что даже при этой сильной освещенности $V_0 \sim 10^{-3} \text{ В}$.

Хотя эдс такой величины легко измерить, в действительности экспериментальное определение эдс Дембера в чистом виде сопряжено с большими трудностями. Это происходит по той причине, что при освещении, как правило, возникает еще и вентильная фотоэдс в потенциальных барьерах (§ 5), которая намного больше эдс Дембера. Потенциальные же барьеры всегда существуют как в контактах, так и вблизи свободной поверхности полупроводника вследствие поверхностного искривления зон. Поэтому эдс Дембера обычно играет роль сопутствующего эффекта в различных фотоэлектрических явлениях.

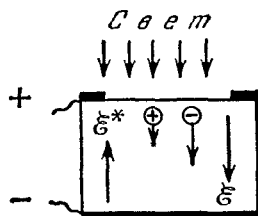


Рис. 11.2. Происхождение эдс Дембера.

§ 3. Объемная фотоэдс

Объемная, или, иначе, распределенная, фотоэдс возникает в неоднородных полупроводниках, в которых градиент удельного сопротивления отличен от нуля *). Этот тип фотоэдс мы рассмотрим на примере тонкой пластинки (или нитевидного образца), на поверхность которой проецируется световое изображение узкой освещенной щели (рис. 11.3, а). Световая щель удалена от торцов образца по крайней мере на несколько диффузионных длин, так что фотоэлектроны и фотодырки рекомбинируют, не достигая торцов, и поэтому не вызывают эдс в контактах. Опыт показывает, что между концами образца появляется напряжение, которое тем больше, чем больше градиент удельного сопротивления в месте положения световой щели.

Возникновение этой эдс поясняет рис. 11.3, б. Положим, что сопротивление изменяется вследствие изменения концентрации темновых носителей, вызванного неравномерным распределением доноров и акцепторов вдоль образца. Это значит, что энергетические зоны будут наклонными относительно постоянного уровня Ферми, или, другими словами, что в образце будет существовать внутреннее электрическое поле. Без освещения это поле, конечно, не

*) Объемная фотоэдс была обнаружена и исследована В. Е. Лашкаревым и, независимо, Я. Тауцем.