

где a — постоянная решетки и ν — «частота перескоков к ближайшему соседу»^{*}). Этот параметр зависит от интеграла перехода, т. е. от перекрытия волновых функций ближайших соседей. Вместе с плотностью состояний выражение (3.6) дает проводимость σ_{E_c} .

Если энергия Ферми расположена в области локализованных состояний, вклад распространенных состояний в проводимость может быть без труда выражен через формулу Кубо — Гринвуда. Из (1.85) находим

$$\sigma = \frac{1}{k_B T} \int \sigma_E f_0 dE, \quad (3.7)$$

где $f_0 \approx \exp[(E_F - E)/k_B T]$. Интеграл должен охватывать все распространенные состояния, т. е. энергии от E_c до ∞ . Если, в заключение, сделать аппроксимацию $\sigma_E = \sigma_{E_c}$, получим

$$\sigma = \sigma_{E_c} \exp[-(E_c - E_F)/k_B T]. \quad (3.8)$$

Проводимость, таким образом, является активированной, причем энергия активации соответствует расстоянию между энергией Ферми и краем подвижности. Температурная зависимость этой проводимости такая же, как в полупроводниках, в которых энергия Ферми расположена в запрещенной зоне. Эта эквивалентность, безусловно, вытекает из принятого нами допущения, что локализованные состояния ниже E_c не дают вклада в проводимость. Поэтому выражение (3.8) должно быть расширено, чтобы включить эти вклады. Его существенное отличие заключается в том, что для $T = 0$ проводимость σ исчезает ниже E_c . Носителю заряда невозможно диффундировать из одного локализованного состояния в другое без какой-либо затраты энергии. Лишь тепловые колебания решетки делают переходы возможными. Поэтому ниже E_c механизмом переноса является *перескок с участием фонона* (*phonon assisted hopping*). Обратимся теперь к рассмотрению этого вопроса.

§ 32. Вероятность перескока

Мы уже встречались в § 12 с прыжковой проводимостью, обусловленной перескоками носителя заряда между локализованными состояниями. Там причиной локализации было образование малых поляронов. Переход электрона из самоиндуцированной потенциальной ямы к соседнему узлу решетки стал возможен благодаря соответствующему локальному искажению решетки. Переход происходит за счет участия фонона.

В неупорядоченных решетках энергии локализованных состояний простираются по широкому интервалу. Смежные локализован-

^{*}) Имеется в виду вероятность перехода в единицу времени носителя к ближайшему соседу. (Примеч. пер.)