

будет экранировать взаимодействие электрон — дырка согласно (ч. I.13.20). Потенциал имеет вид

$$V = -\frac{e^2}{\epsilon r} e^{-\lambda r} \quad \text{с} \quad \lambda^2 = \frac{6\pi e^2 n}{E_F \epsilon} = \frac{12\pi e^2 n m}{\hbar^2 (3\pi^2 n)^{2/3} \epsilon}. \quad (1.59)$$

Экранирование ослабляет энергию связи электрон-дырочной пары. При критической концентрации электронов постоянная экранирования λ становится настолько большой, что электрон и дырка не могут более образовывать связанное состояние. Это случается, когда обратная величина постоянной экранирования меньше, чем расстояние электрон-дырка (боровский радиус a_0). Из (1.55) следует, что

$$a_0 \lambda > 1, \quad a_0 = \frac{\hbar^2 \epsilon}{m e^2} \quad \text{и, следовательно,} \quad n^{1/3} a_0 > \frac{1}{4} \left(\frac{\pi}{3} \right)^{1/3} \approx \frac{1}{4}. \quad (1.60)$$

Если воспользоваться приведенным межэлектронным расстоянием r , из § 6, то условие принимает вид $r_* < 2,5$.

Эта оценка хорошо согласуется с критерием вигнеровской кристаллизации. Средняя энергия электрона Хартри — Фока в модели желе является, согласно (1.42), суммой кинетической и потенциальной составляющих. В зависимости от того, которая из них доминирует, электроны электронного газа локализованы или нет. Граница раздела вида $r_* < 2,4$ следует из (1.42), если пренебречь различием между m и m^* . Это значение изменяется (незначительно), когда к E_{HF} добавляется также корреляционная энергия.

Данный механизм допускает резкий рост проводимости при переходе металл — изолятор, хотя модель Хаббарда предсказывает непрерывное, пусть быстрое, нарастание концентрации свободных носителей. Подобный резкий переход между металлическим и изоляторным характером известен как *переход Мотта*.

Переходы металл — изолятор происходят не только в соединениях переходных металлов. В стеклах, в аморфных полупроводниках, в явлении проводимости по примесной зоне, в разбавленных растворах и др. также находят резкие скачки проводимости при изменении одного из параметров (температуры, концентрации дефектов и т. д.). Не все из них являются переходами Мотта. Во многих случаях все еще не ясно, какой механизм ответствен за переход.

Следует рассмотреть следующие возможности.

Перекрывающиеся зоны (переход Вильсона). Согласно данной модели, валентная зона двухвалентных элементов заполнена, поскольку она не перекрывается с вышележащей зоной. Твердое тело с такой зонной структурой является изолятором. Напротив, если валентная зона перекрывается с более высокой зоной, незанятые состояния лежат непосредственно под самыми высокими занятыми состояниями и твердое тело ведет себя подобно металлу. Максимум валентной зоны находится тогда по оси энергий выше минимума более высокой зоны. Оба экстремума, однако, расположены при раз-