

проводниках он определяется из требования равенства в среднем в каждом элементе объема суммарного числа электронов и отрицательно заряженных дефектов и суммарного числа дырок и положительно заряженных дефектов (*условие нейтральности*)

$$n + n_{A-} = p + n_{D+}. \quad (2.43)$$

В (2.40)÷(2.42) мы уже перешли от описания распределения электронов по всем возможным энергетическим состояниям к описанию, в котором мы объединили группы электронов и группы незаполненных состояний в «коллективы». Теперь, следовательно, нас интересует *полное* число электронов в зоне проводимости, дырок в валентной зоне, электронов в дозорах и т. д. Концентрация частиц в таких коллективах может быть определена при заданной зонной структуре (плотности состояний), температуре и концентрации дефектов.

Все это предполагает, что энергетические состояния, доступные электрону, известны и что их концентрация и энергия не зависят от распределения электронов. Это не так, когда мы включаем в рассмотрение неупорядоченность решетки (вакансии и дефекты внедрения), которая сама подчинена условиям равновесия. При данной температуре не только электроны распределены по данным зонам и энергетическим уровням дефектов согласно статистике Ферми, но и полная концентрация вакансий и дефектов внедрения сама является функцией температуры. Концентрация примесных атомов также может быть функцией температуры, например, когда твердое тело находится в контакте с газообразной фазой, содержащей способные легко диффундировать атомы.

Чтобы охватить подобные проблемы, мы переходим к другому методу описания (*кинетика реакций*). Для выполнения этого мы должны переформулировать понятие «коллектив». Фактически мы уже отступили формально в (2.41) от модели коллективов зонных состояний, между которыми электроны могут переходить. Вместо электронов в валентной зоне мы ввели дырки в валентной зоне (описывая их все еще посредством химического потенциала электронов). Теперь пройдем на шаг дальше. Вместо объединения различных групп электронов в коллективы, объединяем в коллективы все частицы в твердом теле, которые способны «реагировать» друг с другом. Наряду с электронами (в зоне проводимости) и дырками (в валентной зоне), рассматриваем заряженные и незаряженные дефекты также как обособленные коллективы. В этом описании, например, релаксация электрона из зоны проводимости на донорный уровень означает реакцию свободного электрона с положительно заряженным атомом — донором с образованием нейтрального атома — донора.

Вводим концентрацию n_r частиц r -го коллектива и соответствующий химический потенциал μ_r . Условия равновесия требуют