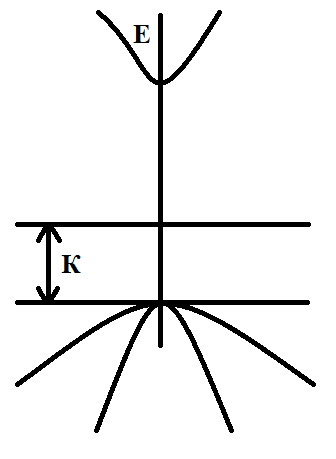
**Коробов Евгений МЕН-472801 дистант от 27.10.20**

1) Где должен располагаться уровень Ферми, чтобы первая асимптотика работала для дырок?



2) Вывести формулу *p*(*EF*) для первой асимптотики.

где

3) А теперь перемножьте эти найденные величины: *n × p*. Чем примечателен результат?

. Величина ЕF уходит, это значит, что произведение концентраций электронов и дырок не зависит от положения уровня Ферми.

Теперь проверим, соответствует ли реальное положение *EF* выбранной первой асимптотике? Рассмотрим ситуацию более конкретно. Поскольку в идеальном материале электроны возбуждаются в зону проводимости только из валентной зоны, то должно действовать соотношение *n = p,* оно называется *уравнение электронейтральности*.

4) Где должен располагаться уровень Ферми, чтобы первая асимптотика выполнялась одновременно и для электронов, и для дырок?

5) Подставив в последнее уравнение первую асимптотику для обеих компонент, найти выражение для уровня Ферми. Соответствует ли оно первой асимптотике?

Проанализировать, как он будет двигаться с температурой. При этом заложить *mv*> *mc*. Если расписать и , то получаем:

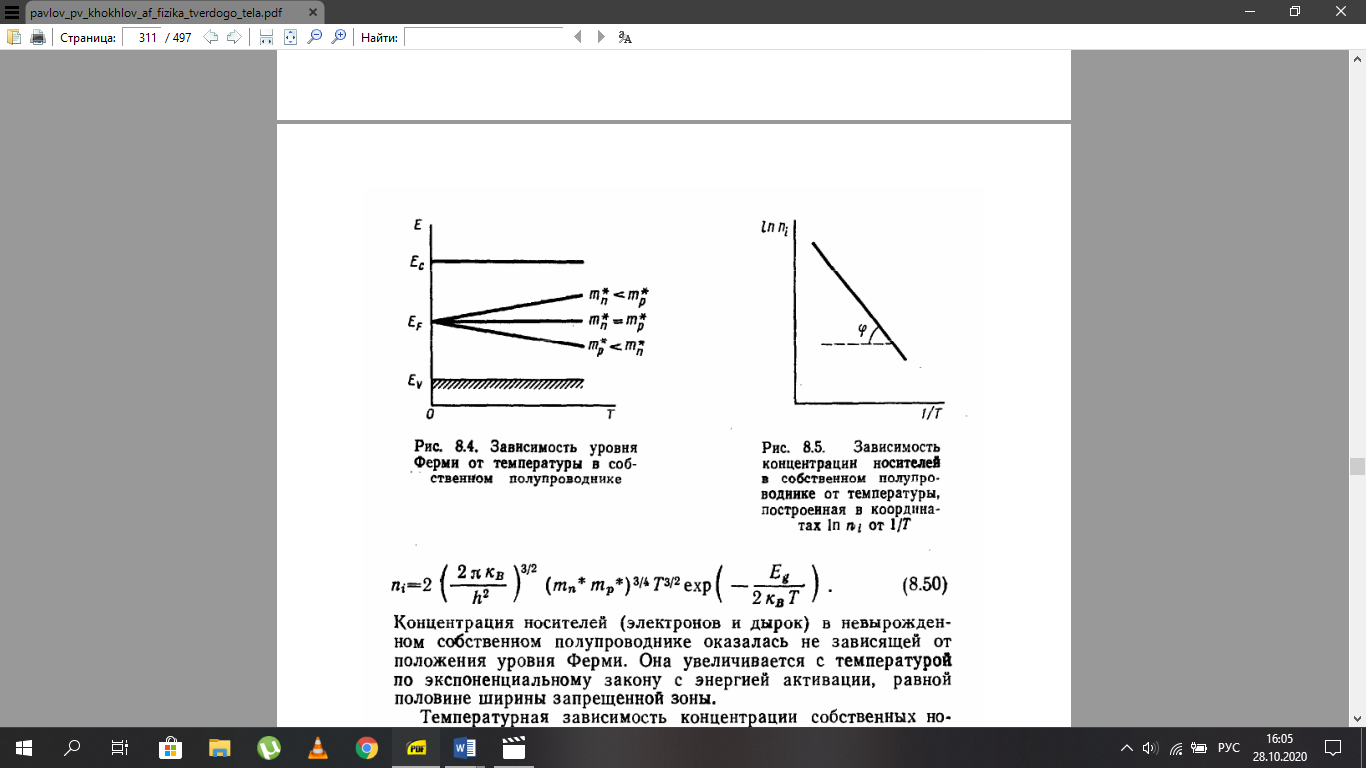
При , положение уровня Ферми лежит в середине запрещенной зоны и не зависит от температуры. В случае, когда , уровень Ферми расположен в центре запрещенной зоны только при 0 К. С увеличением температуры уровень Ферми линейно смещается к той зоне, в которой меньше эффективная масса носителей. В данном случае смещение идет в сторону электронов.

6) А теперь найденное выражение для *EF*(*T*) можно подставить назад в формулу *n*(*EF*). В этот раз концентрация должна получиться вполне определенной. Для рассматриваемого случая она называется *собственной концентрацией* *ni* (intrinsic). Как она зависит от температуры?

, где

Концентрация экспоненциально зависит от температуры, с энергией активации, равной половине ширины запрещенной зоны.

7) Допустим, вы экспериментально измерили температурную зависимость концентрации *n*(*T*). Каким образом, в каких осях, надо перестроить график этой зависимости, чтобы при существующем разбросе точек из него легко можно было определить ширину запрещенной зоны *Eg*? А какой мы уже знаем метод определения *Eg*?



Температурная зависимость концентрации собственных носителей, построенная в координатах ln(ni) от 1/Т, является прямой линией:

;

т.к. функцией можно пренебречь по сравнению с членом .

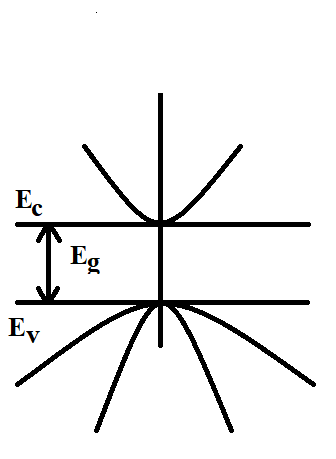
Тангенс угла наклона этой прямой равен половине ширины запрещенной зоны:

,

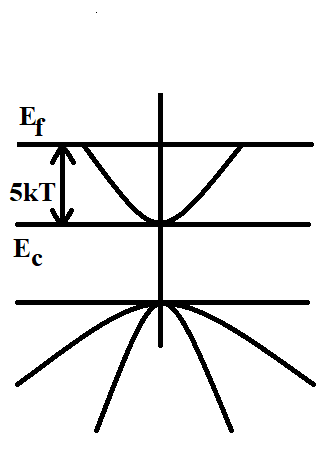
из этого следует что ширина запрещенной зоны равна:

.

Метод определения по краю поглощения:



.

8) Вернемся к формуле *n = NcF*1/2(η). Теперь рассмотрим вторую асимптотику. Где должен быть уровень Ферми по отношению к краю зоны проводимости в этом случае?

Из этого следует:

Подставим выражение интеграла Ферми в этом случае. Какая здесь ожидается температурная зависимость *n*(*T*)? Какому материалу по признаку электропроводности это должно соответствовать:

В данном случае концентрация не зависит от температуры.

Я думаю, что данные материалы относятся к металлам, так как у диэлектриков концентрация носителей изменятся от температуры.