

# «ДЫРОЧНАЯ» ПРОВОДИМОСТЬ И ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В СВЕТОДИОДАХ

## Ильченко Л.И.

Ильченко Леонид Иванович – кандидат технических наук, доцент.  
г. Владивосток

*“Нет ничего важнее истины.  
И каждый ученый должен к ней стремиться....”.*  
Уильям Крукс

**Аннотация:** анализируя существующую теорию электронно-дырочной электропроводности, отмечен ряд противоречий, ставящих под сомнение наличие и участие не только «дырок», но и электронов в качестве носителей электрического тока. Исходя из изложенной нами ранее квантовой теории передачи электроэнергии особыми квантами – эфиронами, предложена новая модель легирования полупроводников и образования пограничного слоя. В этой модели первостепенное значение придается контактной разности потенциалов и прецессии орбит электронов, но не валентности примесного элемента и диффузии электронов. Предложен новый механизм работы светодиодов и образования фотонов как результат **тормозного взаимодействия** p-эфионов и прецессирующих n-орбиталей электронов.

**Ключевые слова:** полупроводник, светодиод, электронно-дырочная электропроводность, эфионы, пограничный слой, p-n переход, работа выхода, контактная разность потенциалов, тормозное излучение.

## "HOLE" CONDUCTIVITY AND BREMASSILE RADIATION IN LEDS

### Ichenko L.I.

Ichenko Leonid Ivanovich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
VLADIVOSTOK

*“There is nothing more important than the truth.  
And every scientist should strive for it”....”.*  
William Crookes

**Abstract:** Analysing the existing theory of electron-hole electrical conductivity, a number of contradictions have been noted, questioning the presence and participation of not only 'holes' but also electrons as carriers of electric current. Based on the previously stated quantum theory of electric energy transfer by special quanta - aetherons, a new model of semiconductor doping and boundary layer formation is proposed. In this model, the primary importance is given to the contact potential difference and precession of the orbits of electrons, rather than the valence of the impurity element and electron diffusion. A new mechanism of LED operation and photon formation as a result of the inhibitory interaction between p-etherons and precessing n-orbitals of electrons is proposed, braking radiation.

**Keywords:** semiconductor, light-emitting diode, electron-hole conductivity, etherons, boundary layer, p-n junction, output work, contact potential difference.

УДК 537.12/537.13

### ВВЕДЕНИЕ

Майкл Фарадей в 1833 году открыл необычную, отличающуюся от металлов температурную зависимость электропроводности сульфида серебра, наблюдая ее увеличение при повышении температуры. К 1838 году Фарадей нашел ещё 5 веществ с подобными свойствами. Позднее такие вещества назовут полупроводниками. 23 декабря 1947г., когда У. Браттейн и Дж. Бардин продемонстрировали первый в мире транзистор с точечным контактом, считается днем рождения полупроводникового триода.

Носителями электрического тока в полупроводниках и некоторых металлах, как бесспорно следует из опытов Э. Холла [1], могут служить не только отрицательные, но и положительные «заряды». При этом, в соответствии с зонной теорией Друде-Лоренца, под отрицательными «зарядами» приняты носители электрической энергии — «свободные электроны» как единственно возможные. Поиск положительных частиц-зарядов оказался затрудненным, и остановились на «дырках».

«Понятие о подвижных «дырках» было впервые введено мной в 1926 году», сообщает читателям Я.И. Френкель [2, с. 321]. (Других ссылок на подтверждение авторства нами не найдено). Впоследствии для «дырочной» проводимости, обнаруженной кроме того у многих металлов, такому предложению было найдено и соответствующее теоретическое обоснование, которое, естественно, не противоречило, но «подкрепляло» зонную теорию: «...Если зона проводимости металла укомплектована почти полностью(?), то остающиеся в ней незаполненные уровни – дырки – ведут себя как частицы, обладающие положительной эффективной массой(?) и положительным зарядом(?). Такие металлы имеют дырочную проводимость, вследствие чего знак постоянной Холла у них положительный(?)» [3, стр. 503]. Физическим сообществом предложение считать положительно заряженные переносчики электрического тока «дырками» было принято [4, 5].

Такие и подобные “обоснования” вызывают больше вопросов чем ответов не только к теории «дырочной», но и к зонной теории проводимости Друде-Лоренца. Как нами отмечено в одной из работ: “Дырки, как не материальные образования, переносить электрическую энергию не способны, и определять их движение в качестве “положительных зарядов” по Лоренцу невозможно. Положительный заряд принадлежит ядру атома проводника, а сила Лоренца реально действует только на движущиеся заряженные частицы. На дырки, не имеющие заряд, массу и не движущиеся, а лишь последовательно образующиеся – сила Лоренца не действует. Поэтому наблюдаемая «антиэлектронная» электропроводность обусловлена не дырками, но чем-то, реально имеющим «положительный» заряд” [6]. Но чем?

Кроме того, особые свойства электропроводности пограничного слоя между двух полупроводников, а также при переходе металл-полупроводник в диодах Шоттки, обуславливают незаменимость полупроводниковых приборов для микроэлектроники. Существующая теория, пытаясь объяснить p-n переход, основывается на неверных представлениях об электропроводности в целом, и потому не может адекватно отражать реальность работы полупроводников.

В предыдущих опубликованных нами работах [6-14] показана несостоятельность существующих представлений, основанных на зонной теории “электронного газа” Друде-Лоренца об электрическом токе и ложность теории «дырочной» проводимости. В настоящей работе с позиции изложенных ранее представлений об электричестве как о передаче энергии электромагнитными квантами – эфиронами, рассматривается новая теория «дырочной» проводимости полупроводников, p-n перехода и пограничного слоя.

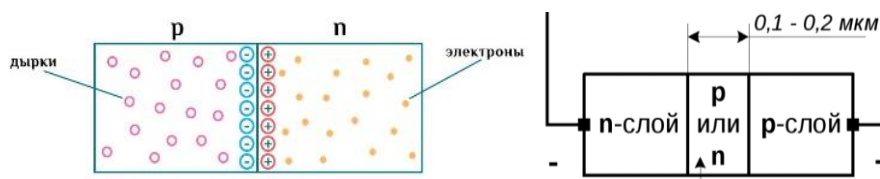
### 1. Гипотезы легирования, пограничного слоя и p-n перехода.

Как и почему при легировании полупроводников изменяется их электропроводность с электронной на дырочную и наоборот – вопрос остается так же далек от понимания, как и «что такое «дырочная» электропроводность»? Общепринято [4, 5, 15], что при легировании элементами III группы таблицы Менделеева (акцепторами, например, бором, алюминием, галнием, в которых отсутствует четвертый валентный электрон), создаются “разорванные связи” (дырки), которые могут свободно перемещаться – в результате получается электропроводящий полупроводник p-типа. В то же время легирование элементами V группы, (донорами электронов, такими как фосфор, сурьма, мышьяк, имеющими пять электронов на внешней орбите) приводит к появлению дополнительных валентных электронов, которые освобождаясь от атомов-доноров делают полупроводник n-типа.

«В действительности, исключений из этого правила едва ли не больше, чем его подтверждений. Никакими примесями не удалось изменить p-тип проводимости у селена и теллура. Аналогично, никакие примеси не изменили n-тип проводимости у CdS и HgSe, а также p-тип проводимости у ZnSb. И, как можно видеть, в ряде случаев легирование атомами из V группы – т.е., казалось бы, донорами электронов – даёт проводимость p-типа. Имеются и противоположные «неправильные» случаи – особо отметим легирование сернистого свинца железом и кобальтом, т.е. металлами, у которых меньше валентных электронов, чем у серы и свинца» [16].

Эти наблюдения вполне подтверждают предлагаемые нами другие представления об электро-дырочной проводимости, определяемой не наличием или отсутствием «свободных» электронов, но возможностью орбитальных электронов генерировать кванты электромагнитного взаимодействия (эфироны) с магнитными полями противоположного направления. Учитывая отмеченные противоречия существующей «дырочной» теории p-n перехода, это подтверждается еще в большей мере.

Современная теория образования пограничного слоя p-n перехода была предложена Уильямом Шокли, представив в 1951г. первый трехслойный германиевый транзистор [17]. Теория построена на стандартной модели «свободных электронов» и зонной теории [17, 18]. Считается, что при приведении в контакт полупроводников с n- и p-проводимостью на границе раздела из-за градиента концентрации “свободных” носителей заряда (электронов в n- области и дырок в p- области) возникают встречные диффузионные потоки: электронов из n- в p- полупроводник и дырок из p- в n- область. В итоге вблизи перехода в p- области скапливаются электроны, а в n-области наоборот, – дырки, и на границе полупроводников образуются два слоя с зарядами противоположного знака, что порождает в переходе пограничный слой зарядов и электрическое поле с разницей потенциалов (0,3-0,6 В), образуя барьер, препятствующий дальнейшему движению зарядов (рис.1). Благодаря этому, подключив источник питания плюсом к r-полупроводнику, а минусом – к n-полупроводнику, обратном пограничному слою, через полупроводник пройдет электрический ток. Однако, поменяв полюса, при подключении в обратном направлении в пограничном слое возникает высокий потенциальный барьер, преодолеть который основным носителям практически невозможно— в r-n-переходе проявляется выпрямляющий эффект. Такая трактовка теории образования и работы пограничного слоя вызывает, кроме отмеченных ранее парадоксов, ряд других вопросов.



*Во-первых*, относительно диффузии электронов и дырок. Гипотетическое предположение о диффузии электронов из *электронейтрального* проводника p-типа в *электронейтральный* полупроводник p-типа по причине разного содержания в них электронов – ничем не обосновано и неверно. Диффузия веществ (по законам А. Фика) происходит в средах за счет разности их концентраций и, естественно, не может продолжаться при достижении равновесного или насыщенного состояния. Первоначальное, до контакта, содержание электронов в исходных полупроводниках и p-, и r-типа находилось в «насыщенном» состоянии, подтверждаемое электронейтральностью полупроводника. Введение в любое вещество (металл, полупроводник, изолятор) дополнительных электронов, нарушающее его электронейтральность, – просто невозможно и не мыслимо, тем более путем диффузии.

*Во-вторых*, какие силы могут удерживать “скопившиеся” отрицательно заряженные электроны в пограничном r-слое компактно, преодолевая кулоновские силы отталкивания между собой? Если это электрические силы притяжения оставшихся положительно заряженных ядер n-полупроводника, то почему они не работали раньше, при диффузии?

*В-третьих*, причиной возникновения *контактной разности потенциалов (КРП, потенциала Вольты)* считается разная *работа выхода для разных металлов*, теоретически определяемая как разность значений энергий уровня вакуума и уровня энергии Ферми. Предполагается, что при контакте различных металлов электроны с более высоких уровней одного металла будут переходить на более низкие уровни другого металла, что приводит к тому, что первый металл заряжается положительно, а второй — отрицательно.

Все эти три представления о *контактной разности потенциалов, работе выхода и энергии Ферми* – математически безупречны, но противоречивы, не имеют ничего общего с реальностью физических процессов и носят чисто предположительный, гипотетический характер. Поверхности металлов (полупроводников) действительно различаются по энергетическому уровню и способны при контакте обмениваться энергией, но не путем передачи электронов, что и рассмотрим подробнее.

**1. Контактной разности потенциалов (КРП).** Обычно определение КРП проводят “конденсаторным методом”, при котором обкладками конденсатора служат измерительный электрод и поверхность детали. При контакте из материала с меньшей работой выхода электроны (как предполагается) начнут переходить в металл с большей работой выхода. Избыточные заряды  $q$  на обкладках конденсатора создают контактную разность потенциалов  $U$ , которая зависит от расстояния  $d$  между измерительным электродом и деталью  $U = q/C = q \cdot d / (\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S)$  и может быть определена. (“При увеличении расстояния  $d$  между обкладками конденсатора контактная разность потенциалов увеличивается” [19].) (?)

Такая *конденсаторная методика* вызывает ряд возражений. Здесь не принимаются во внимание те экспериментальные факты, что “заряд” на конденсаторе накапливается и сохраняется не на обкладках, а в разделительной диэлектрической среде [13, 20]. Причем, такая методика определения КРП может быть названа *конденсаторной* лишь условно, т.к. в реальном конденсаторе после соединения, контакта пластин, заряды, имеющиеся на одной из пластин, нейтрализуются, и напряжение  $U$  между обкладками, как ни раздвигай пластины, останется равным нулю.

В случае же *конденсаторной методики определения КРП* напряжение  $U$  после контакта по мере раздвижения пластин увеличивается, что не может быть в реальном конденсаторе. Кроме того, в этих опытах отмечается, что часто результаты проведенных измерений сильно разнятся, однако, при этом не обращается внимание на простую зависимость между величиной измеряемого напряжения  $U$  и *скоростью раздвижения пластин* конденсатора. Но такая закономерность, подобная электромагнитной индукции  $\mathcal{E}_{Д.С.} = \Delta\Phi/\Delta t$ , очень существенна, явно неслучайная, как еще одно свидетельство того, что причиной разности потенциалов разных металлов служит энергетическая составляющая, но не количество электронов.

**2. Работа выхода.** Как считается – это минимальная энергия, которую необходимо *сообщить электрону для его удаления* из объема твердого тела (полупроводника) или как разность значений энергий электронов уровня вакуума и уровня энергии Ферми. Работа выхода обычно определяется практически при термоэлектронной эмиссии по вольт-амперной характеристике в простейшей двухэлектродной лампе — вакуумном диоде. В этих опытах, начиная с работ Дж. Томсона и его ошибочных выводов [10], не учитывается воздействие электрического поля на орбитали электронов, их прецессию и последующую эмиссию соответствующих полярных квантов – эфиронов. Из анализа этих опытных данных, как показано в наших работах, следует, что при термоэлектронной эмиссии в катодных лучах электронолучевой трубки (вакуумном диоде, электронной пушке) – *никакие электроны не излучаются*. Следовательно, в традиционном представлении не может быть и *работы выхода электронов*. “Работа выхода” определяется дополнительной энергией прецессирующих орбит электронов, необходимой для эмиссии из нагретого катода квантов электромагнитного взаимодействия – эфиронов. Причем, эфироны при эмиссии из прецессирующих орбит электронов могут иметь самый различный потенциал, определяемый как электрическим, так и степенью нагрева – тепловым полем [12].

**3. Энергия Ферми  $E_F$ .** По определению согласно квантовой статистике Ферми-Дирака, это *кинетическая энергия прямолинейного движения валентных электронов* в металле при  $T=0K$ . Но это определение (постулат) противоречит классическим представлениям модели атома Бора-Резерфорда с *орбитальным вращением*, а не с *прямолинейным движением электронов*, и экспериментальным результатам, например, спектральному анализу излучения. Поэтому применять понятие *энергия Ферми  $E_F$*  для описания каких-либо физических процессов с участием электронов следует ограниченно, учитывая орбитальный характер его движения.

## 2. Суть электрического тока. Что скрывается под «дырочной» проводимостью.

Электропроводность таких металлов как **ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, цирконий, ниобий, молибден, цинк, рутений, родий, кадмий, церий, празеодим, неодим, иттербий, гафний, тантал, вольфрам, рений, придий, таллий, бериллий, свинец**, определяя заряд носителей по коэффициенту Холла, имеет противоположный знак заряду электрона и следует отнести к “дырочному” [21]. Однако на этом предпочитают не акцентировать внимание, т.к. это “не очень соответствует теории свободных электронов”. В полупроводниках и перечисленных металлах в опытах Холла ток течет так же, как и в других обычных проводниках из меди, алюминия, серебра, золота и т.д., в том же направлении и по одним и тем же законам электротехники, кроме одного: магнитное поле проводника с током, определяемое по правилу буравчика, направлено противоположно правилу. (Аналогично, противоположная направленность электромагнитной силы правилу левой руки Ампера – другое проявление этой же закономерности). С чем связана необычность проявления магнитного поля для полупроводников и отмеченных металлов?

Общепринято, что при электрическом токе по проводам «свободные электроны гонит» сила Лоренца. При этом электрический ток можно рассматривать как перенос энергии, состоящей из двух: электрической и магнитной. Если этот перенос обусловлен перемещением электронов, то закономерен вопрос, как и откуда в движущемся электроны при дрейфовой скорости в пределах 0,6–6 мм/с создается магнитное поле, перемещающееся по проводам со скоростью света? Ответы на подобный и другие вопросы электропроводности рассматривались нами в отмеченных предыдущих работах и можно свести к следующему.

Во-первых, электрический ток представляет собой не направленное движение электронов, но передачу энергии квантами электромагнитного взаимодействия – «эфиронами», подобным квантам фотонам, осуществляющим обмен тепловой энергии [12]. При воздействии внешнего электрического или магнитного полей, в соответствии с теорией Дж. Лармора и элементарной теорией гироскопа, орбиты электронов в атомах под действием силы Лоренца совершают прецессию, энергия которой и передается эфиронам.

По современным воззрениям, рассматривая орбитальный момент импульса электрона на орбите, по аналогии, как это было сделано для гиромагнитного отношения  $Le = mvR$ , во всех источниках принимается скорость ларморовской прецессии неизменной  $\Omega_L = eB/2m$ , не зависящей от положения орбит относительно вектора внешнего электрического или магнитного поля  $B_{вн}$  [7]. Такой вывод делается в предположении, что орбитально вращающийся электрон в ИСО представляет собой «отрицательно заряженный шарик», не учитывая его внутреннее вращение и спин.

В действительности же по теории гироскопа, рассматривая прецессию в ИСО как отношение момента внешних сил  $M$  (электромагнитных) действующих на электрон к его орбитальному моменту импульса  $L_e = Jorb \cdot \omega_5$ , получим другие закономерности: для магнитных сил – уравнение (1), и для электрических – уравнение (1а):

$$\begin{aligned}\Omega_L &= M/Le = B \cdot Pm \cdot \sin \theta / Jorb \cdot \omega_5 & (1) \\ \Omega_L &= E \cdot eR \cdot \sin \theta / Jorb \cdot \omega_5 & (1a)\end{aligned}$$

где:  $M = B \cdot Pm \cdot \sin \theta$ ;  $Pm = I \cdot S$  – орбитальный магнитный момент электрона,  $S$  – площадь орбиты электрона,  $\theta$  – угол между вектором напряженности внешнего электрического поля  $E$  (или магнитной индукции  $B$ ) и вектором орбитальной угловой скорости  $\omega_5$  (орбитального магнитного момента электрона  $Pm$ );  $Le = Jorb \cdot \omega_5$  – момент импульса электрона,  $Jorb$  – момент инерции орбитального вращения.

Прецессирующие орбиты электронов преобразуют нейтральные атомы в электромагнитные диполи-торы, которые обычно принимались за «ионизированные атомы» (рис.2а). Кинетическая энергия таких прецессирующих электронов больше чем в стационарном состоянии на величину  $\Delta W_{прец} = I \cdot \Omega_L^2 / 2$ . При прекращении действия внешнего поля электроны, возвращаясь в стационарное состояние, излучают эту дополнительную энергию в виде квантов электромагнитной энергии (названные условно эти кванты – «эфироны») (эфроны) или «aetherons»).

В этих квантах и заключается суть электрического тока. Эфироны, состоят из двух ортогональных вихрей среды, векторы скоростей которых соответствуют силовым линиям магнитного поля (с.л.м.п.), направленным перпендикулярно распространению электрического тока, и силовым линиям электрического поля (с.л.э.п.), вихревую природу которого гениально предсказал Дж.К. Максвелл (рис. 2).

Как следует из уравнений (1), (1а) и рис. 2, не только величина вектора угловой скорости прецессии  $\Omega_L$ , но и его *направленность* определяется углом наклона  $\theta$  вектора угловой орбитальной скорости электронов  $\omega_5$  относительно вектора напряженности внешнего электрического (магнитного) поля. При наклоне орбиты  $(0-180)^\circ$  вектор прецессионного вращения  $\Omega_L$  сонаправлены с внешним полем  $E_{вн}$  ( $B_{вн}$ ). Однако, как видно из рис. 2а, при этом силовые линии собственного электрического поля  $E$  кванта-диполя направлены против внешнего поля. Такие кванты соответствуют “электронной”,  $n$ -проводимости, и могут быть названы  $n$ -кванты или  $n$ -эфироны. При наклоне орбит в пределах  $(180-360)^\circ$  прецессирующие орбитали приобретают угловую скорость  $\Omega_L$ , а, следовательно, и магнитный момент  $P_\Omega$  *противонаправленный* внешнему полю (рис. 2б). Силовые линии собственного электрического поля  $E$  в этом случае сонаправлены с внешним полем, соответствуя “дырочной”  $p$ -проводимости,  $p$ -эфироны.

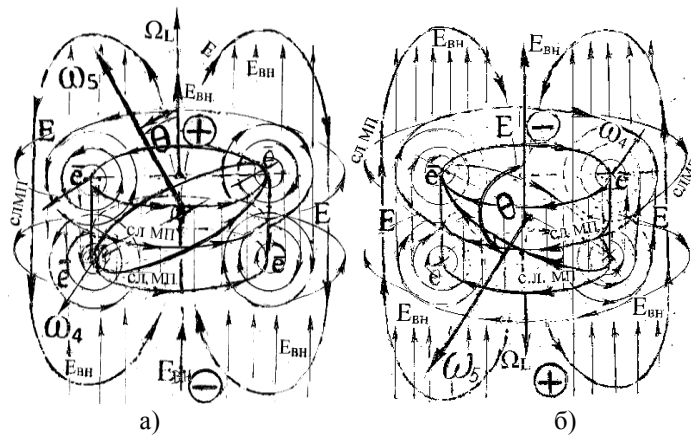


Рис. 2. Прецессия орбит с образованием полярных диполей при различных углах наклона вектора орбитальной скорости  $\omega_5$  к вектору внешнего магнитного (электрического поля):  
 а)  $180^\circ \geq \theta \geq 0$  (n-эфирон); б)  $360^\circ \geq \theta \geq 180^\circ$  (p-эфирон).

Двойственность образования носителей электрического тока может быть распространяется, видимо, и на магнитные явления. Два противоположных вида магнетизма – ферро- и диамагнетизм создают, очевидно, именно прецессирующие электроны n-типа или p-типа (без излучения эфиронов). Если прецессия n-типа определяет ферромагнетизм, то p-типа будет определять диамагнетизм. Этим, видимо, можно объяснить диамагнетизм лягушек, левитацию их в магнитном поле.

### 3. Квантовая теория легирования и p-n перехода. Как работает светодиод.

В дальнейших построениях будем исходить из установленного нового положения относительно того, что электроны всегда, при всех тепловых, электрических, магнитных и прочих внешних воздействиях остаются на своих орбитах, подчиняясь не законам классической механики прямолинейного движения ИСО, но законам вращательного движения тел в неинерциальной системе отсчета (НИСО). Согласно этому положению, сила Лоренца *не может «гнать» электроны по проводам* при электрическом токе, но всегда вызывает только прецессии их орбит по Лармору.

Главным условием изменения электропроводности полупроводников при легировании от введенных примесей (примесная проводимость) считается, как уже отмечалось, *отличие валентности примеси от валентности основного элемента*. Между тем, добавление в кристалл кремния примеси фосфора в количестве 0,001% увеличивает проводимость более чем в 100000 раз, а при введении лишь одного атома индия на  $10^8 - 10^9$  атомов германия – в миллионы раз! [22]. Очевидно, что при легировании полупроводника важное значение имеет не количество электронов у примесного элемента, но их энергетический уровень. Только эти наблюдаемые факты могли бы и должны были поставить под сомнение гипотезу электронно-дырочной проводимости. Но не поставили.

Со времен Вольта (1800г.) известно, что при контакте на границе двух разнородных металлов возникает *разность потенциалов*, – “вольта-потенциал” или “контактная разность потенциалов” (КРП). Естественно, так проявляется *энергетический уровень наружных валентных орбит электронов*, определяемый орбитальной угловой скоростью  $\omega_5$  и моментом инерции  $I$  (размером орбит)  $W_k = I\omega_5^2/2$  и индивидуальный как для металлов, так и других элементов таблицы Менделеева,

Но вопрос, как передается энергия от электронов с большей энергией к электронам другого металла с меньшей энергией, несмотря на единство взглядов, соответствующих современным представлениям Стандартной модели, имеет ряд противоречий и поэтому нельзя признать решенным. По этим представлениям взаимодействие между электронами осуществляется через электромагнитное поле виртуальными частицами, бозонами, носителями этого поля.

Однако, подобно тому, как в *макромире* окружающей Природы проявляются силы притяжения-отталкивания при изменении скорости (давления) воздушной или водной сред (торнадо, полет самолетов, сближение судов на параллельных курсах, водовороты и т.д.), аналогично взаимодействие между частицами *микромра* (электронами) осуществляется непосредственно через разделяющую среду “туннельным эффектом” так же без участия виртуальных частиц (признавая, что вакуум – это не «пустота»).

В *легирующих элементах* уровень энергетического состояния внешних электронов атомов примесных соединений отличается, и может быть, как более, так и менее соответствующего уровня собственного полупроводника. Под действием этой разницы энергий (КРП, контактной разницы потенциалов), орбитальные электроны либо полупроводника, либо легирующих элементов, подобно, как и при воздействии внешнего электрического или магнитных полей, прецессируют, что обычно принимается за их ионизацию, образование дырок или электронов (рис. 2). Прецессирующие электроны атомов с меньшей КРП могут приобрести как n-, так и p-проводимость, что определяется составом и структурой этих элементов.

Таков же механизм образования *p-n перехода в пограничном слое двух полупроводников*, когда электроны с более высоким энергетическим уровнем одного легированного полупроводника индуцируют прецессию электронов пограничного слоя другого полупроводника с более низким энергетическим уровнем. Светоизлучающие диоды, полупроводник с p-n переходом, в которых протекание электрического тока вызывает интенсивное излучение, работают, очевидно, по такому же принципу.

Как предполагалось, при подаче прямого напряжения на светодиод в области р-п-перехода пограничного слоя между электронами и дырками (носителями противоположного заряда) происходит рекомбинация, сопровождающаяся излучением света, т.е. электроны, поглощая дырки (пустоту) выделяют энергию? Возможно ли такое?

По нашим же представлениям работа светоизлучающего диода основана на принципе тормозного излучения. Интенсивное выделение тепла одновременно с излучением можно отнести к подтверждению такого механизма.

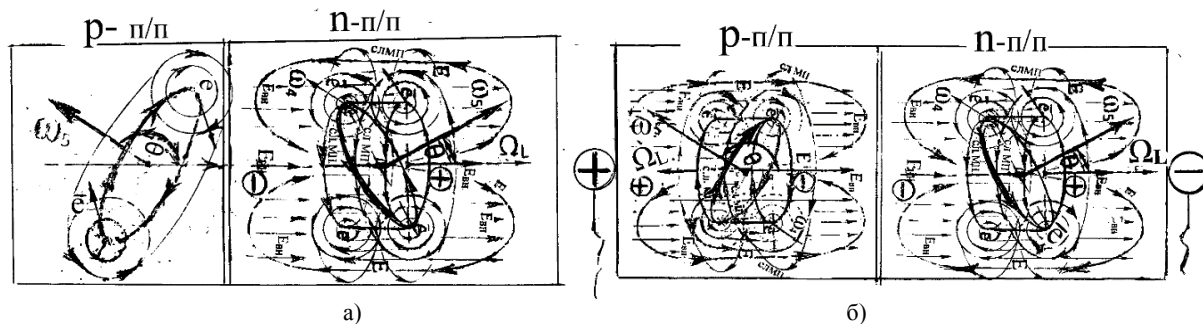


Рис. 3. р-п переход, светоизлучающий диод: а) до подачи напряжения, б) после подачи напряжения.

Пограничный слой в р-п полупроводнике определяется энергетическим воздействием электронов полупроводника с большей КРП на электроны ближайших к месту контакта атомов с меньшей КРП. Как видно из рис.3а, орбитальные электроны р-проводника вызывают прецессию электронных орбит п-полупроводника.

При подаче прямого напряжения (положительного потенциала на р-полупроводник, рис 3б) электроны обоих полупроводников под действием внешнего электрического поля начнут прецессировать и излучать соответствующие кванты электромагнитного поля различной полярности: р- и п-эфионы. Эти кванты-эфионы не могут ни аннигилировать, ни рекомбинировать в силу того, что электрические составляющие их электромагнитного поля (силовые линии электрического поля) расположены навстречу друг другу, как видно из рис.3б. В связи с этим такие кванты, отталкиваясь друг от друга, не смогут сблизиться. В то же время р-эфионы, воздействуя на прецессирующие п-орбитали электронов и препятствуя, тормозя излучение п-квантов, переводят прецессирующие орбитальные электроны в «возбужденные» состояния, которые при переходе их на стационарные орбиты излучают фотоны (свет). Таков по нашим представлениям механизм излучения света светодиодами.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

1. Попытка объяснить экспериментально наблюдаемую реальность существования двух видов противоположно «заряженных» носителей электрической энергии введя «электронную» и «дырочную» проводимость, вызывает ряд неразрешимых вопросов, свидетельствуя о своей несостоятельности.

2. Основываясь на представлениях Лармора о прецессии электронных орбит при воздействии на них электрического или магнитного поля, предложено рассматривать излучение энергии из прецессирующих орбит особыми квантами электромагнитного излучения – эфионами.

3. Показано, что кванты эфионы представляют собой диполи с двумя противоположно расположенными электрическими и магнитными силовыми линиями вихревых полей, образуя при различной направленности «электронные» и «дырочные» носители электрического тока.

4. На границе контакта р-п-полупроводников с различной контактной разностью потенциалов образуется р-п-переход не из электронов и дырок, а из прецессирующих орбит электронов полупроводника с более слабым энергетическим потенциалом Вольта (КРП).

5. Предложено объяснение принципа работы светодиодов торможением квантов излучения р-полупроводника (р-эфионов) прецессирующими орбитами электронов п-полупроводника, переходом орбиталей в возбужденное состояние и последующим излучением ими квантов фотонов.

В предлагаемом описании принципа светоизлучения, несмотря на его согласованность, тем не менее остается вопрос: почему все происходит так, а не иначе?? И это требует дальнейших исследований.

#### Список литературы / References

1. Hall E.H. On a New Action of the Magnet on Electric Currents. //American Journal of Mathematics, (1879). 2(3), 287. doi:10.2307/2369245 (Холл Э.Х. "О новом действии магнита на электрические токи". //Американский математический журнал. (1879). JSTOR. 2 (3): 287-292./ doi:10.2307/2369245. ISSN 0002-9327. JSTOR 2369245.
2. Френкель Я.И. К тридцатилетию советской физики. //Теоретическая физика в СССР за 30 лет /УФН т. XXXIII, вып.3, 1947.
3. Физическое материаловедение. Учебник для вузов в 6 томах / Под общей ред. Б.А. Калина/ Том 1. Физика Твёрдого Тела / Г.Н. Елманов, А.Г., В.И. Скрытный, Е.А. Смирнов, В.Н. Яльцев – М.: МИФИ, 2007. – 636с.;

4. *Неменов Л.Л., Соминский М.С.* Основы физики и техники полупроводников. «Наука», Л., 1974. –397с.
5. *Иоффе А.Ф.* Полупроводниковые термоэлементы. / М.—Л. Изд-во АН СССР, 1956. –194 с. //Иоффе А.Ф. Полупроводники в современной физике. /М.— Л., 1954. – 356 с.
6. *Ильченко Л.И.* Суть электрического тока. Часть 2. Миф о «дырках» и дырочной пароводимости. // «Вестник науки» (Международный научный журнал) № 12 (69) Том 4. 2023 г. С. 1168 – 1179. DOI 10.24412/2712-8849-2023-1269-1168-1179
7. *Ильченко Д.В., Ильченко Л.И.* Электромагнетизма, или что не мог знать фон Браун. //Проблемы современной науки и образования. №9 (154).. 2020. DOI 10.24411/2304-2338-2020-10902.
8. *Ильченко Д.В. Ильченко Л.И.* Электродинамика. Часть1. Природа сил электромагнитной индукции. Новый взгляд; Лоренц или Лармор? //Проблемы современной науки и образования. №4 (161). 2021 DOI 10.24412/2304-2338-2021- 10402
9. *Ильченко И.В., Ильченко Д.В., Ильченко Л.И.* Электродинамика. Ч.2. Единство вихревых и потенциальных полей. //Проблемы современной науки и образования. №8 (177) Ч.1. 2022. DOI 10.24412/2304-2338-2022-10801.
10. *Ильченко И.В., Ильченко Л.И.* Суть электрического тока (Часть1. От катодных лучей – до топливных и гальванических элементов) // Проблемы современной науки и образования. №5 (183) 2023. DOI 10.24411/2304-2338-2023-10501. (Электродинамика. Ч.3).
11. *Ильченко Л.И.* Суть электрического тока. Часть 2. Миф о «дырках» и дырочной пароводимости. // «Вестник науки» (Международный научный журнал) № 12 (69) Том 4. 2023 г. С. 1168 – 1179. DOI 10.24412/2712-8849-2023-1269-1168-1179
12. *Ильченко Л.И.* Суть электрического тока. Часть3. Не электроны, но эфироны – кванты электромагнитного взаимодействия. / Вестник науки и образования №1 (144) 2024 г. DOI: 10.24411/2312-8089-2024-10108
13. *Ильченко Л.И.* Генератор Ван де Граафа, синхротрон. Эфироны и природа синхротронного излучения. //Вестник науки и образования. 2024. № 4 (147). Часть 1. DOI: 10.24411/2312-8089-2024-10404.
14. *Ильченко Л.И, Ильченко И.В.* «Ложные истоки релятивизма. Нейтрино в катодных лучах и позитроны». //Вестник науки и образования. 2024. № 6 (149). DOI: 10.24411/2312-8089-2024-10603
15. *Шалимова К.В.* Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985. — 392 с.
16. *Гришаев А.А.* Новый взгляд на электрические и оптические явления в полупроводниках.
17. *Шокли Уильям.* Электроны и дырки в полупроводниках: с приложениями к транзисторной электронике. //Серия Bell Telephone Laboratories, Ван Ностранд.// ISBN 0882753827, 780882753829 (1950).
18. *Лысенко А.П.* Физические процессы в *p-n* переходе. Московский государственный институт электроники и математики (технический университет) М.; – 2009.
19. *Лешко В. С.* Моделирование процессов в датчике прибора измерения контактной разности потенциалов. /Вестник Приамурского государственного ун-та им. Шолом-Алейхема. № 1(50). 2023/ DOI: 10.24412/2227-1384-2023-150-36-41
20. *Митчел Уилсон.* Американские ученые и изобретатели. / Изд-во Знание. Москва; - 1975. С. 136 // Где хранится заряд в конденсаторе? Опыт Франклина.// YouTube. com>watch.GetAClass- Физика в опытах и экспериментах.
21. *Филипенко Г.Г.* К вопросу о металлической связи в плотнейших упаковках химических элементов. Библиофонд. Гродно, 1996.
22. Примесная проводимость полупроводников. [Электронный ресурс]. URL: /ru.wikipedia.org>/(Дата обращения:15.08.2024).