

Литература:

1. Закон Республики Казахстан "Об образовании" Постановление Правительства РК от 28 июня 2007 года N 546/
<http://adilet.zan.kz/rus/docs/P070000546>_

2. Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. П.И. Пидкасистого. – М.: Пед. общество России, 2009.

3. Борытко Н.М. Педагогика: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.М.Борытко, И.А.Соловцова, А.М.Байбаков ; под ред. Н.М.Борытко. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 496 с.

4. Мижериков В.А. Введение в педагогическую деятельность /В.А. Мижериков, Т. А. Юзефовичус.– М.: Роспедагентство, 2009.

5. Мирза Н. В. Профессионально-педагогическое общение: учеб. пособие / Н. В.Мирза. - Алматы Эверо, 2015. - 179 с.

6. Гершунский Б.С. Философия образования. - М.: Московский психолого-социальный институт, 1998. — 432 с. : ил.

7. Вербицкий А.А., Ильязова М.Д. Инварианты профессионализма. Проблемы формирования. - М.: Логос, 2011. – 288 с.

Ермаганбетов К.Т.

*ф.-м.г.к., академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарМУ-дің
профессоры*

Чиркова Л.В.

т.г. к., академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарМУ-дің доценті

Маханов К.М.

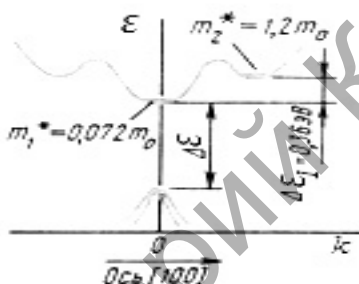
*ф.-м.г.к., академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарМУ-дің
профессоры*

ГАНН ДИОДЫНДА ЖҮРЕТІН ФИЗИКАЛЫҚ ҮДЕРІСТЕР

Көпшілік шалаөткізгіш аспаптардың жұмыс ұстанымдары шалаөткізгіштерде пайда болатын орнықсыздықтарға негізделген. Бұл орнықсыздықтар негізінен тепе-теңдікте емес термодинамикалық жүйелерде пайда болады.

Ганн жұмыс істеуінің негізінде, ерекше энергия спектрі ерекше арасенид-галлий AsGa шалаөткізгішінде (1- сурет) пайда болатын электр диполы жатады [1, 2].

Арсенид галлий GaAs шалаөткізгішінің квазиимпульс кеңістігіндегі [100] кристаллография бағытындағы энергия спектрінде екі минимум – екі өлке бар (1-сурет) [2, 3]. Бір өлке орталықта, ал екінші өлке бүйірде орналасқан. Орталық өлкедегі электрондардың эффектив массасы $m_1^* = 0,072m_0$ бүйірдегі өлкеде орналасқан элетрондардың эффектив массасынан $m_2^* = 1,2m_0$ көп кіші, яғни, $m_2^* \gg m_1^*$ теңсіздігі орыналады.



1-сурет. Арсенид галлий GaAs шалаөткізгішінің [100] кристаллография бағытында энергия жолағының құрылысы. Бұндай шалаөткізгіштерде қозғалғыштықтары әртүрлі $\mu_1 = \frac{q \langle \tau \rangle}{m_1^*}$ және $\mu_2 = \frac{q \langle \tau \rangle}{m_2^*}$ - «жеңіл» және «ауыр» электрондар болады. «Жеңіл» және «ауыр» электрондардың шоғырлану дәрежелерінің n_1 және n_2 арасындағы қатынас сырттан әсер ететін электр өрісінің кернеулігіне тәуелді ($n_0 = n_1 + n_2$ - Ганн диодындағы электрондардың орташа шоғырлану дәрежелері). Нәтижесінде, шалаөткізгіш арқылы өтетін тоқта, Ганн өндіргішінің жұмысының негізінде жататын, төмендегі ерекшеліктер пайда болады (2 - сурет).

Егер электрондардың сыртқы энергия көзінен алатын энергиясы ε энергия спектрінің өлкелерінің арақашықтықтарынан $\Delta\varepsilon$ аз, $\varepsilon < \Delta\varepsilon$ болса, электрондар

валенттік энергия жолағынан өткізгіш энергия жолағына квазиимпульстерін өзгертпей көшіп, өткізгіш энергия жолағының орталық өлкесіне орналасады, жоғары бүйірде орналасқан өлкеге электрондар өтпейді, яғни, энергия спектрі өлкелеріндегі электрондардың шоғырлану дәрежелері $n_1 = n_0$, $n_2 = 0$ шамаларына тең болады. Мұнда, n_1, n_2, n_0 - энергия өлкелеріндегі және диодтағы барлық электрондардың шоғырлану дәрежелері.

Сонымен, сыртқы электр өрісі E әлсіз, яғни, оның амасы белгілі бір шекті мәннен кіші ($E < E_{шек}$) болса, диодтағы ток тығыздығы мына қатынаспен анықталады

$$j = qn_0\mu_1 E. \quad (1)$$

Бұл жағдайда диодтың вольт-амперлік сипаттамасы Ом заңымен анықталады, оған 2-суреттегі сипаттаманың сызба бейнесінің 1- бөлігі сәйкес келеді (2-сурет).

Сыртқы энергия көзінің кенеулігі өсіп белгілі бір шектік мәннен артқада $E > E_{шек}$ электрондардың алған қосымша энергиясы $\Delta\varepsilon_1$ (1-сурет) шамасынан асып жоғарыда бүйірде орналасқан энергия спектрінің өлкесіне көшіп «ауыр» электрондарға айналады (электрон жоғарыда, бүйірде орналасқан өлкеге көшу үшін квазиимпульсін фонондармен әсерлесу арқылы өзгертеді). Егер соққылап иондау арқылы электрондар өндірілмесе олардың толық шоғырлану деңгейі n_0 өзгеріссіз қалып мына теңдік орындалады:

$$n_0 = n_1 + n_2 \quad (2)$$

Сонда диод арқылы өтетін токтың тығыздығы мына қатынаспен анықталады:

$$j = q(n_1\mu_1 + n_2\mu_2)E. \quad (3)$$

Күшті электр өрісінде ($E \gg E_{шек}$) электрондардың энергия көзінен алған қосыша энергиялары $\Delta\varepsilon_1$ шамасынан артық болғанда барлық электрондар жоғарыдағы өлкеге көшіп $n_2 = n_0$ тоқтың тығыздығы

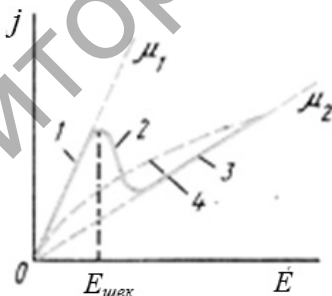
$$j = qn_0\mu_2 E \quad (4)$$

қатынасымен анықталады.

(4) – қатынас диодтың вольт-амперлік сипаттамасының 2-суреттегі сызба бейнесінің 3 – бөлігін анықтайды.

Электр өрісі кернеулігінің E мәні шекті кернеуліктің мәнінен $E_{шек}$ аздап қана үлкен болғанда ($E \geq E_{шек}$) диод арқылы өтетін тоқ «жеңіл» және «ауыр» электрондармен бірізгіде тасылады. Бұл жағдайға 2 – суреттегі диодтың вольт-амперлік сипаттамасының 2- бөлігі сәйкес келеді.

Өткізгіш емес ортада электр домендері кеңістіктегі зарядтардың толықсулары туғызатын орнықсыздықтар - электр домендерінің пайда болуына әкелетіндігі белгілі [1, 2]



2-сурет.

Өткізгіш энергия жолағының энергия спектрі екі өлкелі шалаөткізгіштен өтетін тоқтың тығыздығының электр өрісі кернеулігіне тәуелділігі; 1- тоқ тек төменгі орталық өлкенде орналасқан электрондармен тасылғанда; 2 – тоқ «жеңіл» және «ауыр» электрондармен бірізгіде тасылғанда; 4 – кристалда сыртқы электр өрісі кернеулігінен басқа жергілікті кернеулік болғанда.

Өткізгіш ортада зарядтардың толықсулары экспонента заңдылығымен, Максвелл бойынша релаксация уақыты аралығында өшеді [1]

$$\tau_m = \varepsilon / 4\pi\sigma_0 = \varepsilon / 4\pi q\mu n_0 \quad (5)$$

мұнда ε - ортаның диэлектрик өтімділігі, τ_m - Максвелл бойынша релаксация уақыты.

Зарядтардың толықсуларының Максвелл бойынша релаксация уақыты ішінде өшетіндігін былай түсіндіруге болады. Кеңістікте пайда болған зарядтардың толықсуларының таралып сіңуі олардың туғызатын өрісіне тәуелді. Кулон заңы бойынша зарядтардың өзара әсерлесу қарқыны ортаның диэлектрик өтімділігіне ε кері пропорционал. Сондықтан максвелл бойынша релаксация уақыты ортаның диэлектрик өтімділігіне ε тура пропорционал $\tau_m \sim \varepsilon$ болады. Екінші жағынан, ортаның электрөткізгіштігі үлкен болған сайын зарядтардың толықсулары тез таралып сіңеді.

Шалаөткізгіштерде орнықсыздықтарды тудыратын көлемдік зарядтың толықсуы тез таралып сіңбейді.

Ганн диодында анод пен катодтың маңында әрқашанда *кристалл ақаулары* болады. Ақау төңірегінде электр өрісінің кернеулігі E шекті кернеуліктен артық $E > E_{шек}$ болып электр зарядының толықсуы пайда болуы мүмкін. Нәтижесінде электр зарядының толықсуы маңыдағы электрондардың энергиялары артып олар жоғарыда, бүйірде орналасқан энергия спектрінің өлкесіне көшіп «ауыр» электрондарға айналады. Нәтижесінде, «жеңіл» электрондардың саны азайып «ауыр» электрондардың саны артады, яғни, шалаөткізгіштің энергия спектрінің ерекшелігі электрондар жүйесінде өздігінен жүретін үдерістерге әкеледі.

Электр өрісі әсерінен электрондар анодтан катодқа қарай тасымалданады. «Жеңіл» электрондардың электр өрісіндегі ығу жылдамдығы «ауыр» электрондардың ығу жылдамдығынан артық. Нәтижесінде «жеңіл» электрондар зарядтың толықсуы орналасқан өңірді қуып жетіп оның катод жағында теріс зарядтардың саны арттырады, ал толықсу өңірінің анод

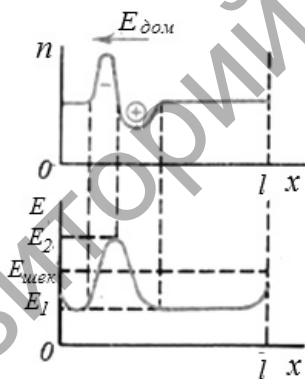
жағындағы «жеңіл» одан «қашып» онда теріс зарядтар тапшыланып, береген қоспалардың иондарымен оң зарядталады. Нәтижесінде, кристал ақауы өңірінде катод жағы теріс зарядталған, анод жағы оң зарядталған жаңа құрылым – электр диполы – домен пайда болады (3-сурет).

Сонымен, өз бетімен жүретін үдерістер электрондар жүйесінде *ерекше құрылымдардың* пайда болуына әкеледі.

«Ауыр» электрондардан тұратын доменнің кедергісі диодтың «жеңіл» электрондар қоғалатын басқа өңірлерінің кедергісінен көп артық.

Сонымен, өз бетімен жүретін үдерістер электрондар жүйесінде *ерекше құрылымдардың* пайда болуына әкеледі.

«Ауыр» электрондардан тұратын доменнің кедергісі диодтың «жеңіл» электрондар қоғалатын басқа өңірлерінің кедергісінен көп артық.



3-сурет. Домен толығымен пайда боланнан кейінгі кристалда электрондардың шоғырлану дәрежесімен электр өрісі кернеулігінің таралып орналасу заңдылықтары

Домендағы электр $E_{дом}$ өрісінің бағыты сыртқы электр өрісінің бағытымен бағыттас. Сондықтан, сыртқы өрісі өскенде домендегі электр өрісі артып, диодтың сыртқы бөлігіндегі электр өрісі кемиді. Нәтижесінде, домендегі «ауыр» электрондардың ығу жылдамдығы электр өрісімен артады, ал оның сыртындағы

«жеңіл» электрондардың ығу жылдамдығы кемиді, яғни, «ауыр» және «жеңіл» электрондар жүйелерінің арасында *өзбетімен үйлестіру* үдерістері жүреді. Белгілі бір уақыт аралығы өткенде «ауыр» және «жеңіл» электрондардың ығу жылдамдықтары теңескенде

$$v_{жс} = v_a \quad (6)$$

$$\mu_1 E_1 = \mu_2 E_2, \quad (7)$$

доменнің пайда болуы тоқталып домен катодтан анодқа қарай жылжи бастайды. Мұнда $v_{жс}$, v_a - «жеңіл» және «ауыр» электрондардың ығу жылдамдықтары.

Доменнің сыртындағы электр өрісі E_0 ішіндегі электр өрісінен E_1 кіші $E_1 > E_0$ болатындықтан $v_{жс} < v_a$ болады. Сондықтан, домен пайда болысымен диодтағы токтың тығыздығы күрт төмендейді

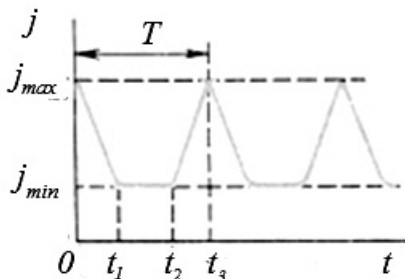
$$j_{\min} = -qn_0 v_{жс} \quad (8)$$

Диодтағы токтың тығыздығының ең кіші мәні домен катодтан анодқа қарай ығу үдерісі бойы, яғни, домен анодқа жеткенше сақталады

$$t = l/v_{жс}, \quad (9)$$

мұнда l – диод кристалының ұзындығы.

Анодқа жеткен мезетте домен жоғалып диодтағы ток ең үлкен мән j_{\max} қабылдайды, ал катод маңында жаңа домен пайда бола бастайды, үдеріс қайталанады (4-сурет).



4-сурет. Ганн диоды арқылы электр тоғының уақыт бойынша өзгеру заңдылығы: t_0 – доменнің пайда бола бастауына сәйкесті уақыт мезеті; t_1 – доменнің жоғала бастауына сәйкесті уақыт мезеті; t_2 – доменнің анодта толық жоғалып, катод маңында екінші доменнің пайда бола бастауына сәйкесті уақыт мезеті

Доменнің толық қалыптасу уақыты Максвелл бойынша релаксация уақытымен ($\tau = \varepsilon_0 \varepsilon \rho$) анықталатындықтан [1] Ганн диодында электр доменінің пайда болу шартын былай жазуға болады:

$$t_{yo} = l/v_{жс} > \varepsilon_0 \varepsilon \rho, \quad \text{немесе} \\ n_0 l \gg \varepsilon_0 \varepsilon v_{жс} / (q \mu_2), \quad (10)$$

мұнда ε_0 , ε - вакуумның, ортаның диэлектрик өтімділіктері; ρ - ортаның тығыздығы; $v_{жс}$ - «жеңіл» электрондардың ығу жылдамдығы;

Ганн диодындағы қуаттың балансын қарастырайық.

Электр домены әсерінен диодтың құрылысында және вольт-амперлік сипаттамасында келесі өзгерістер пайда болады:

- электр тоғы шоғырлану дәрежесі n_1 , ығу жылдамдығы $v_{жс}$ болатын жеңіл электрондармен тасылатын өңірмен (доменнің сыртындағы), шоғырлану дәрежесі n_2 ығу жылдамдығы v_a

болатын ауыр электрондармен тасылатын өңір (доменнің ішіндегі) пайда болып, олардың ығу жылдамдықтарының арасында $v_a < v_{ж}$ қатынасы орын алады;

- электр доменінің кедергісі диодтың қалған өңірінің кедергісінен үлкен, сондықтан домендегі кернеудің төмендеуі U_d диодтың басқа өңірлеріндегі кернеу төмендеуінен $U_{сырт}$ үлкен $U_d > U_{сырт}$ болады;

- электр домены арқылы өтетін ток тығыздығы $j_{іш}$ доменнің сыртындағы токтың тығыздығынан $j_{сырт}$ кіші. Жалпы диодтағы токтардың тығыздықтырының арасында $j_{іш} < j_{сырт} < j_a$ қатынасы орындалады. Мұнда, j_a - домен жоқ кездегі диодтан өтетін токтың тығыздығы; $j_{іш}, j_{сырт}$ диодтың ішінен және сыртқы өңірінен өтетін токтардың тығыздықтары.

Ганн диодында электр диполы жоқ және бар кездердегі бөлінетін қуаттарды талдайық.

Түсірілген сыртқы U_a кернеуі әсерінен электр домені жоқ кезде диодтан I_a тоғы өтіп диодта $I_a U_a$ қуаты бөлінеді.

Энергия көзінен диодтың алған қуаты $I_a U_a$ мынадай бағыттарда шығындалады:

- $I_{іш} U_{іш}$ – доменде бөлінетін қуат. Бұл қуат домен анодқа қарай қозғалғанда ортаның кедергісін жеңу үшін жұмсалады;

- $I_{сырт} U_{сырт}$ – доменнің сыртында орналасқан өңірде бөлінетін қуат;

- $(I_a - I_{өне}) U_a$ - доменнің пайда болуы үшін жұмсалған қуат.

Егер сыртқы энергия көзінен берілген энергия жылу энергиясына айналып ысырап болмаса, энергияның сақталу заңы бойынша келесі теңдік орындалу керек

$$U_a I_a = I_{іш} U_{іш} + I_{сырт} U_{сырт} + (I_a - I_{сырт}) U_a, \quad (11)$$

мұнда $U_d = U_a - U_{сырт}$ - домендегі кернеудің төмендеуі,

$I_a = eN/\tau_{адп}$ - электр домені жоқ кездегі диод арқылы өтетін ток.

Ганн диодында жүретін үдерістер үш түрлі уақытпен сипатталады:

- «жеңіл» электрондардың кристалл ақауларымен қатар соқтығысуының орташа уақыт бойынша аралығы – релаксация

$$\text{уақыты } \tau_{жрел} = \frac{m_{жс} \mu_{жс}}{q};$$

- электр домені бар кездегі «жеңіл» электрондардың v_a орташа жылдамдығымен ығу уақыты $\tau_{жс} = l/v_{жс}$;

- электр домені жоқ кездегі «жеңіл» электрондардың v_a орташа жылдамдығымен ығу уақыты $\tau_a = l/v_a$.

Электрондардың электр домены жоқ кездегі орташа ығу жылдамдығы v_a электр домены бар кездегі орташа ығу жылдамдығынан $v_{жс}$ үлкен, сондықтан, электрондардың диод арқылы электр диполы бар кездегі ығу уақыты $\tau_{жс}$, электр диполы жоқ кездегі ығу уақытынан кем болады.

Электрондардың диод арқылы ығу уақыттары, ығу жылдамдықтары, электр домені ішіндегі және сыртындағы электр өрісі кереуліктері араларында келесі қатынас орындалады:

$$\frac{\tau_a}{\tau_{жс}} = \frac{v_{жс}}{v_a} = \frac{E_{сырт}}{E_a} = \frac{U_{сырт}}{U_a} . \quad (12)$$

(11) – теңдіктің екі жағында $\tau_{жрел}$ уақытында көбейтіп орташа релаксация уақытына сәйкесті электрондардың энергиясының балансын аламыз

$$W_N = W_{мас} + W_{сырт} + W_{р\delta} , \quad (13)$$

мұнда W_N - релаксация уақыты $\tau_{жрел}$ ішінде энергия көзінен Ганн диодына берілген энергия; $W_{сырт}$ - электр доменінен сырттағы электрондардың энергия көзінен алған энергиясы; $W_{мас}$ - катодтан анодқа қарай жылжығанда доменнің ортаның

кедергісін жеңу үшін жұмсаған энергиясы; $W_{\rho\delta}$ - доменді жасау үшін жұмсалған энергия – доменнің потенциалық энергиясы.

(13) – теңдіктегі әр қосылғыштың өрнектерін анықтайық.

1. Егер Ганн диоды катодтан анодка қарай $U_{аы}$ жылдамдығымен ығу барысында энергия көзінен τ_a уақыты ішінде $I_a U_a$ энергиясын алып үлгерсе олардың энергия көзінен орташа релаксация уақыты $\tau_{жрел}$ ішінде алатын толық энергиясы келесі қатынаспен анықталады

$$W_N = I_a U_a \tau_{жрел} = (-qN/\tau_a) U_a \tau_{жрел} = -qNU_a \frac{\tau_{жрел}}{\tau_a}. \quad (14)$$

2. Доменнен сырттағы электрондардың релаксация уақыты $\tau_{жрел}$ ішінде энергия көзінен алатын энергиясы

$$W_{сырт} = I_{сырт} U_{сырт} \tau_{жрел} \quad (15)$$

өрнегімен анықталады.

(12) - формуласын және $I_{сырт} = I_a \frac{U_{сырт}}{U_a} = I_a \frac{E_{сырт}}{E_a}$,

$$U_{сырт} = U_a \cdot \frac{U_{сырт}}{U_a} = U_a \cdot \frac{E_{сырт}}{E_a}$$

қатынастарын пайдаланып (15) – теңдікті мына түрге келтіруге болады

$$W_{сырт} = I_{сырт} U_{сырт} \tau_{жрел} = I_a U_a \tau_{жрел} \frac{E_{сырт}^2}{E_a^2} = -\frac{qN}{\tau_a} U_a \frac{E_{сырт}^2}{E_a^2} \tau_{жрел} = -qNU_a \frac{E_{сырт}^2}{E_a^2} \frac{\tau_{жрел}}{\tau_a} = W_N \frac{E_{сырт}^2}{E_a^2}. \quad (16)$$

Кейінгі теңдікпен анықталатын энергия электрондар кристалл торының фонондарымен соқтығысқанда жылу энергиясына айналады.

3. Релаксация уақыты $\tau_{жрел}$ ішінде доменді жасауға жұмсалған энергия, яғни, реласация уақыты ішінде жиналған доменнің потенциалық энергиясы келесі қатынаспен анықталады

$$\begin{aligned} W_{р\delta} &= (I_a - I_{сырт}) U_a \tau_{жрел} = I_a \left(1 - \frac{E_{сырт}}{E_a} \right) U_a \tau_{жрел} = -\frac{qN}{\tau_a} \left(1 - \frac{E_{сырт}}{E_a} \right) U_a \tau_{жрел} = \\ &= -qNU_a \left(1 - \frac{E_{сырт}}{E_a} \right) \frac{\tau_{жрел}}{\tau_a} = W_N \left(1 - \frac{E_{сырт}}{E_a^2} \right). \end{aligned} \quad (17)$$

4. Домен катодтан анодқа қарай қозғалғанда ортаның кедергісін жеңу үшін келесі қатынаспен анықталатын энергия жұмсайды

$$\begin{aligned} W_{тас} &= I_{сырт} U_d \tau_{жрел} = I_a \frac{U_{сырт}}{U_a} (U_a - U_{сырт}) \tau_{жрел} = -\frac{qN}{\tau_a} U_a \frac{U_{сырт}}{U_a} \left(1 - \frac{U_{сырт}}{U_a} \right) \tau_{жрел} = \\ &= -qNU_a \frac{E_{сырт}}{E_a} \left(1 - \frac{E_{сырт}}{E_a} \right) \frac{\tau_{жрел}}{\tau_a} \end{aligned} \quad (18)$$

(13) – теңдіктің екі жағын диодтағы электрондардың толық санына N бөліп әр электронның релаксация уақытына $\tau_{жрел}$ тен уақыт аралығында энергия көзінен алған энергиясын анықтаймыз

$$W_N = w_{сырт} + w_{тас} + w_{р\delta} \quad (19)$$

(19) –теңдіктегі $w_{сырт}$ қосылғыш доменнен сырттағы электронның ретсіз қозғалысының кристалл ақауымен соқтығысқанда ол жылу энергиясына айналатын кинетикалық энергиясы. $w_{сырт}$ энергиясымен интегралық лагранжиан анықталады [4-7]

$$\Lambda_{\min} = m_1 \left(V_{жы}^2 \right)_{\min} = \left(w_{сырт} \right)_{\min} = \left(w_N - w_{mac} - w_{p0} \right)_{\min}. \quad (20)$$

(16)- және (17)- қатынастары бойынша диодқа түсірілген сыртқы кернеу E_a өсіп, оның шамасы шекті мәнен $E_a > E_{крит}$ асқанда, доменнің потенциалық энергиясы w_{p0m} артып, доменнен сыртта орналасқан электрондардың ретсіз қозғалысының энергиясы азаятындығын байқаймыз. Басқаша айтқанда, сыртқы кернеу E_a өсіп, оның шамасы шекті мәнен $E_a > E_{крит}$ асқанда арсенид галлий *AsGa* шалаөткізгішінде энергия спектрінің энергия өлкелері арасында электродармен алмасуы нәтижесінде «жеңіл» электрондардың саны төмендеп «ауыр» электрондардың саны өсіп электр домені пайда болады және бірмезгілде «жеңіл» электрондардың ретсіз қозғалысының кинетикалық энергиясы азаяды. Орнықты күй орнағанда диодтың электрондар жүйесінің интегралық лагранжианы ең кіші мән қабылдайды.

Сыртқы электр өрісі E шекті электр өрісінен $E_{шек}$ артқанда Ганн диодында электрондардың өз бетімен ұйымдасып электр доменнің пайда болуының негізгі механизмдері:

- арсенид галлий *AsGa* кристалының энергия спектрінің ерекшеліктері әсерінен «ауыр» электрондардың пайда болуы;
- «ауыр» электрондардың санының «жеңіл» электрондардың санының кемуі есебінен артуы;
- «ауыр» электрондардың потенциалық энергиясының өсіп, «жеңіл» электрондардың ретсіз қозғалысының кинетикалық энергиясының төмендеуі;
- Ганн диодындағы электрондар жүйесінің интегралық лагранжианының ең аз шамасына дейін азаюы.

Әдебиеттер:

1. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия. М.: Мир, 1991. 632 с.
2. Левинштейн М.Е., Пожела Ю.К., Шур М.С. Эффект Ганна. М.: Сов. радио, 1975. 288 с

3. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. М.: Высш. шк., 1987.

4. Усыченко В.Г. Самоорганизация электронов в электронных приборах, ЖТФ. 2004. Т.74. вып. 11. С. 38-46.

5. Усыченко В.Г. Энтропия, информация и сложность стационарных состояний открытых систем, не удовлетворяющих принципу локального равновесия, ЖТФ. 2005. Т.75. вып. 5. С. 19-27.

6. Усыченко В.Г. Самоорганизация электронов в электронных приборах в свете принципов механики и термодинамики, ЖТФ. 2006. Т.76. вып. 4. С. 17-27.

7. Усыченко В.Г. Электронная синергетика. Физические основы самоорганизации и эволюции материи: Курс лекции. – СПб.: «Издательство Лань», 2010 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература)

Шрайманова Г.С.

к.п.н., профессор, КарГУ имени академика Е.А. Букетова

РАЗВИТИЕ РЕСУРСНЫХ ЦЕНТРОВ ПРОФИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Современное состояние системы профессионального образования на начало XXI века характеризует динамичное преобразование в теории и практике, явившиеся продолжением не менее динамичных преобразований в экономическом, социальном и культурном развитии казахстанского общества.

Интеллектуализация рабочих профессий и различных направлений профессиональной деятельности, формирование межгосударственного рынка труда, доступность и легкость в обмене информации - все это несравненно повысило роль человеческого капитала в формировании рейтинга государств. В основе этого процесса важную роль играет профильное обучение будущего специалиста, что в свою очередь невозможно без создания системы непрерывного образования.

В этих условиях предпринимаются попытки ориентировать перспективное реформирование общего среднего образования,