

ISSN:2181-0427

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**НАМАНГАН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ
ИЛМИЙ АХБОРОТНОМАСИ**

**НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК НАМАНГАНСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**



2019 йил 3 сон

Бош муҳаррир: Наманган давлат университети ректори М.Х.Эсанов

Масъул муҳаррир: Илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректор М.Р.Кодирхонов

Масъул муҳаррир ўринбосари: Илмий тадқиқот ва илмий педагогик кадрлар тайёрлаш бўлими бошлиги Б.Уринов

ТАҲРИРҲАЙЪАТИ

Физика-математика фанлари: *акад. С.Зайнобиддинов, акад. А.Аъзамов, ф-м.ф.д., проф. Ў.Розиқов, ф-м.ф.д., проф. М.Тўхтасинов, ф-м.ф.д., доц. Б.Саматов.*

Кимё фанлари- *акад.С.Рашидова, акад. А.Тўраев, акад. С.Нигматов, к.ф.д., проф. Ш.Абдуллаев, к.ф.д., проф. Т.Азизов.*

Биология фанлари- *акад. К.Тожибоев, акад. Р.Собиров, б.ф.д. А.Баташов.*

Техника фанлари- *т.ф.д., проф. А.Умаров, т.ф.д., проф. С.Юнусов.*

Қишлоқ хўжалиги фанлари – *г.ф.д., доц. Б.Камалов, қ-х.ф.н., доц. А.Қазақов.*

Тарих фанлари – *акад. А.Асқаров, с.ф.д., проф. Т.Файзуллаев, тар.ф.д, проф. А.Расулов, тар.ф.д., проф. У.Абдуллаев.*

Иқтисодиёт фанлари – *и.ф.д., проф.Н.Махмудов, и.ф.д., проф.О.Одилов.*

Фалсафа фанлари – *акад., Ж.Бозорбоев, ф.ф.д, проф. Ф.Турғунбоев, ф.ф.д., проф. М.Исмоилов, ф.ф.н., О.Маматов, PhD Р.Замилова.*

Филология фанлари – *акад. Н.Каримов, акад. Т.Мирзаев, фил.ф.д., проф. Н.Улуқов, фил.ф.д.,проф. Ҳ.Усманова. фил.ф.д.,проф. Б.Тухлиев.*

География фанлари - *г.ф.д., доц. Б.Камалов, г.ф.д., проф.А.Нигматов.*

Педагогика фанлари- *п.ф.д., проф. У.Иноятлов, п.ф.д., проф. Б.Ходжаев, п.ф.д., проф., Л.Муминова, п.ф.д., проф. Н.Эркабоева, п.ф.д., проф.Ш.Хонкелдиев.*

Тиббиёт фанлари – *б.ф.д. Ғ.Абдуллаев, тиб.ф.н., доц. С.Болтабоев.*

Психология фанлари – *п.ф.д.,проф З.Нишанова, п.ф.н., доц. М.Махсудова*

Техник муҳаррир: А.Бойдедаев

Таҳририят манзили: Наманган шаҳри, Уйчи кўчаси, 316-уй.

Тел: (0369)227-01-44, 227-06-12 **Факс:** (0369)227-07-61 **e- mail:** ilmiy@inbox.uz

Ушбу журнал 2019 йилдан бошлаб Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси Раёсати қарори билан физика-математика, кимё, биология, фалсафа, филология ва педагогика фанлари бўйича Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхатига киритилган.

“НамДУ илмий ахборотномаси – Научный вестник НамГУ” журнали Ўзбекистон Матбуот ва ахборот агентлигининг 17.05.2016 йилдаги 08-0075 рақамли гувоҳномасига биноан чоп этилади. НамДУ Илмий-техникавий Кенгашининг 10.07.2019 йилдаги кенгайтирилган йигилишида муҳокама қилиниб, илмий тўплам сифатида чоп этишга рухсат этилган (Баённома № 7). Мақолаларнинг илмий савияси ва келтирилган маълумотлар учун муаллифлар жавобгар ҳисобланади.

МУНДАРИЖА

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ

01.00.00

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

- 1 Evasion problem for movements with acceleration on constraint of granwoll type
Horilov M.A, Soyibboev U.B, Hamitov A.A..... 3
- 2 Ba'zi aniq integrallarni interpolyatsion ko`phadlar yordamida taqribiy hisoblash
Sattorov A.M, Xo`jaxonov Z.Z..... 8
- 3 Нормал бўлувчи иккига тенг бўлган холда иккинчи тартибли кэли дарахтидаги ферромагнетик изинг модели учун кучсиз даврий Гиббс ўлчовлари
Рахматуллаев М.М, Бурхонова З.А..... 12
- 4 Pursuit problem in movement with acceleration for controls on constraint of granwoll type
Mirzamaxmudov U.A, Doliyev O.B, Ahmedov O.U..... 23
- 5 Кучли лигерланган яримўтказгичларда тақиқланган зона кенглигини ўзгариши
Дадамирзаев М.Г, Шаробаев Н.Ю, Тургунов М..... 28

КИМЁ ФАНЛАРИ

02.00.00

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

CHEMICAL SCIENCES

- 6 Полимер - полимер комплекслар асосида композицион материаллар олиш
Ахмедов А.М, Комилов Қ.Ў, Курбанова А.Д..... 35
- 7 Рух нитратининг нитрокарбамид, бензамид ва бензой кислота билан аралаш лигандли янги координацион бирикмалари
Шарипова Л.А, Азизов Т.А, Ибрагимова М.Р, Холматов Д.С..... 42
- 8 Experiments of world scientists on cotton cellulose
Sulaymanov A.U, Umarov A.V..... 48

БИОЛОГИЯ ФАНЛАРИ

03.00.00

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

BIOLOGICAL SCIENCES

- 9 Роль биоактивных веществg. lucidum в улучшенииэнергетикимитохондрийипатологическихсостояний организма
Рахматова Н.О, Абдуллаев Г.Р, Ахмеров Р.Н, Ниязметов Б.А..... 55
- 10 Fauna and ecology of nematode of the genus *haemonchus* (nematoda: haemonchidae) - endoparasites of animals
Abramatov M.B, Kuchboev A.E, Allanazarov O.Y..... 63
- 11 Кальцийни митохондрияларда фосфатидилхолин, фосфатидилэтанолламин ва уларнинг лизошакларига таъсири
Солиев Н, Мирзаолимов М..... 67
- 12 Айдар-арнасой кўллар тизими яйловларининг биологик хилма-хиллигини сақлаш
Мавланов Х, Қодиров Ф.Ў..... 71
- 13 Минерал ўғитларнинг доривор мойчечак (*chatomilla recutita* l.) хом-ашёси ва 78

КУЧЛИ ЛИГЕРЛАНГАН ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАРДА ТАҚИҚЛАНГАН ЗОНА КЕНГЛИГИНИ ЎЗГАРИШИ

Дадамирзаев Музаффар Гуломкодирович

Наманган муҳандислик-қурилиш институти катта ўқитувчи.

Шарибаев Носир Юсупжанович

Наманган муҳандислик-технология институти ф-м. фанлари доктори, доцент.

Тургунов Муслим

Наманган Давлат Университети магистрант

Аннотация: кучли лигерланган яримўтказгичларда тақиқланган зона кенглиги спектри тадқиқ қилинган. Яримўтказгичлардаги тақиқланган зона кенглигини лигерланиш даражаси ва ҳароратга боғлиқлигини кўрсатувчи модел тавсия қилинган. Шу модел ёрдамида яримўтказгичларда тақиқланган зона кенглиги ўрганилган

Калит сўзлар: тақиқланган зона, лигерланган яримўтказгич, модель, ҳароратга боғлиқлик, спектр, кучли лигерланиш.

ИЗМЕНЕНИЯ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ СИЛЬНОЛЕГИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Дадамирзаев Музаффар Гуломкодирович

Наманганский инженерно-строительный институт, ст. преподаватель.

Шарибаев Носир Юсупжанович

Наманганский инженерно-технологический институт доктор ф-м. наук, доцент.

Тургунов Муслим

Наманганский Государственный Университет, магистрант.

Аннотация: Исследованы спектры ширина запрещенной зоны в сильно легированных полупроводниках. Предлагается модель, для описания запрещенной зоны полупроводника в зависимости от степени легирования и от температуры. С помощью модели исследуются изменения ширины запрещенной зоны.

Ключевые слова: запрещенная зона, легированный полупроводник, модель, температурная зависимость, спектр, сильное легирование.

CHANGES OF THE WIDTH OF THE BAND GAP OF STRONGLY ALLOYED SEMICONDUCTOR

Dadamirzaev Muzaffar Gulomkodirovich

Namangan Institute of Civil Engineering, Art. teacher.

Sharibaev Nosir Yusupzhanovich

Namangan Institute of Technology DSc, f-m. Sciences, associate professor.

Turgunov Muslim

Namangan State University undergraduate.

Abstract: The spectra of the band gap in heavily doped semiconductors are studied. A model is proposed for describing the band gap of a semiconductor depending on the degree of doping and

on temperature. With the help of the model, changes in the width of the forbidden zone are investigated.

Keyword: forbidden zone, doped semiconductor, model, temperature dependence, spectrum, strong doping.

Введение. Введение примесей в кристаллическую решетку при низкой концентрации не меняет ширину запрещенной зоны полупроводника и не влияет на энергетический спектр электронов. Только появляются дискретные уровни в запрещенной зоне. Когда концентрация примесей становится достаточно большой, меняется энергетический спектр и ширины запрещенной зоны кристалла[1].

В сильнолегированных полупроводниках особую роль играет взаимодействие носителей заряда с примесными атомами. Поглощение света с частотой меньшей пороговой $\omega = Eg/h$ естественно связано с наличием хвоста плотности состояний в запрещенной зоне. Полная концентрация уровней на хвостах меняется от вещества к веществу и от образца к образцу и часто оказываются довольно большой до 10^{19} - 10^{20} см⁻³.

Значения коэффициента поглощения света при $h\omega < Eg$ зависит от степени легирования. Здесь могут участвовать в основном самые глубокие уровни на хвостах плотности состояний значения $\alpha(\omega)$ при $\omega < Eg/h$ могут оказаться малыми. Наблюдаемые на опыте величины коэффициента поглощения представляет собой результат некоторого усреднения по координатам атомов примеси (о совокупности этих координат говорят, как о концентрации примеси). Из за случайного распределение концентрация примесей в различных частях образца разные. При выполнении измерения производится усреднение по конфигурациям [2].

При слабом легировании электрон взаимодействует с одним атомом примеси. Энергия взаимодействия одна и та же для всех электронов. При сильном легировании потенциальная энергия электрона зависит от положений сразу нескольких примесей. Энергия носителей становятся случайными величинами. При дальнейшем увеличении концентрации примесей становится заметным перекрытие волновых функций электронов локализованных на различных атомах примесей и примесный уровень размывается в зону. Об этом эффекте говорят как квантовом уширение уровня. [3]. Эти уширения дискретных уровней приводят к уменьшению ширины запрещенной зоны.

Модель температурной зависимости ширины запрещенной зоны в полупроводниках

Тепловое уширение энергетических уровней в разрешенных зонах и в запрещенной зоне кристалла также приводит к температурным изменениям ширины энергетических щелей. При низких температурах тепловое размытие энергетических уровней слабое и щель между уровнями в зависимости от температуры меняется по-разному. Расширения или сжатия ширина запрещенной зоне зависят от многих факторов. Одним из главных факторов определяющих ширину энергетических щели является критическое значение концентрации энергетических состояний. Когда критическая концентрация N_k равна плотности энергетических состояний $N_s=N_k$, область энергией с меньшей концентрацией, чем

$N_k, N_s(E) < N_k$ определяет область запрещенных состояний. И на оборот, когда область энергией с большей концентрацией, чем $N_k, N_s(E) > N_k$ энергия разрешенных состояний. Условия $N_s(E) = N_k$ определяет край запрещенной зоне, дно зона проводимости E_c , и потолок ВЗ E_v . При таком подходе температурная зависимость запрещенной зоны определяется температурной зависимостью плотности состояний.

В работе [4,5] построена математическая модель спектра ППС разложением в ряд по $GN(E_0, E_i, T)$ функциям. Где $GN(E_0, E_i, T)$ является производная по энергии от вероятности ионизации электронов с энергетического уровня. С помощью которого, было анализирована температурная зависимость дискретных энергетических уровней в запрещенной зоне кремния. Функция $GN(E_0, E_i, T)$ определяет наличия энергетического уровня. Модель усовершенствовалась [6, 7, 8] для анализа спектра ПС в широком энергетическом диапазоне. Рассмотрим эту модель для данной задачи. Разложим спектр плотности энергетических состояний, $N_s(E_0, T)$ по $GN(E_0, E_i, T)$ согласно модели в виде:

$$N_s(E) = N_{sn}(E) + N_{ss}(E) + N_{sp}(E) \quad (1)$$

$N_{sn}(E, T)$ для зоны проводимости:

$$N_{sn}(E, T) = \sum_{i=1}^n N_{n0} \sqrt{E_i - E_c} GN(E_i, E, T) \Delta E \quad \text{при } E > E_c \quad (2)$$

$N_{sp}(E, T)$: для валентной зоны:

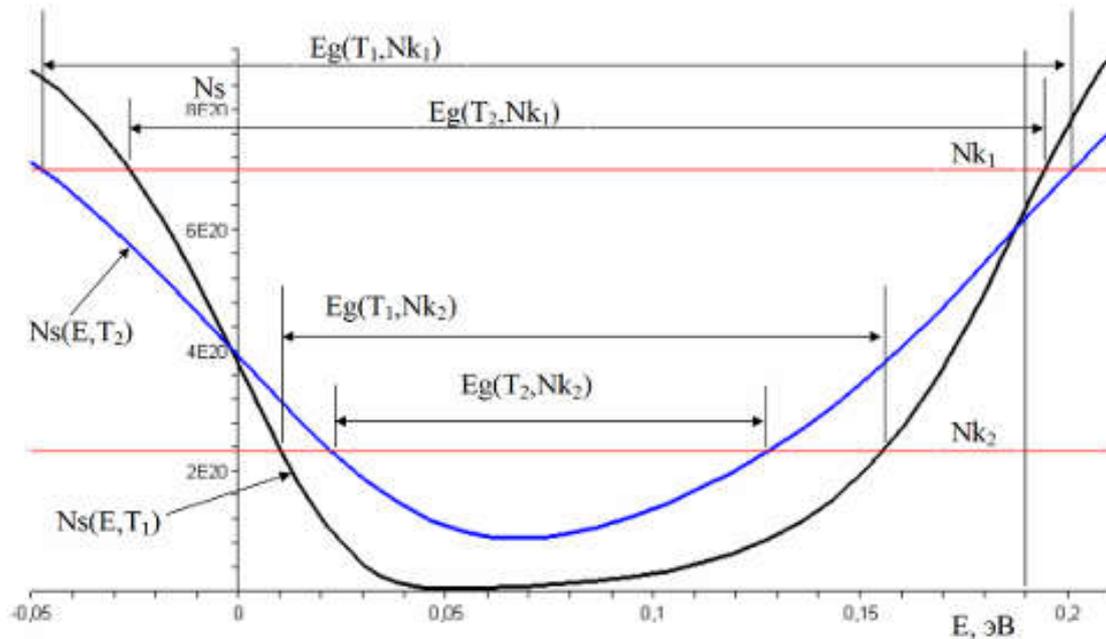
$$N_{sp}(E, T) = \sum_{i=1}^n N_{p0} \sqrt{E_p - E_i} GN(E_i, E, T) \Delta E \quad \text{при } E < E_v \quad (3)$$

$N_{ss}(E, T)$ для запрещённой зоны:

$$N_{ss}(E, T) = \sum_{i=1}^n N_{ssi}(E_i) GN(E_i, E, T) \quad \text{при } E_c > E > E_v \quad (4)$$

$$\text{Где } GN(E_0, E_i, T) = \frac{1}{kT} \exp\left(\frac{1}{kT}(E_i - E_0) - \exp\left(\frac{1}{kT}(E_i - E_0)\right)\right) \quad (5)$$

здесь E_i - может пробегать по всей валентной, запрещенной зоне и зоны проводимости. N_{s_i} -концентрация энергетических состояний соответствующая для энергии E_i , E_0 -энергия состояний, T -температура. k - постоянная Больцмана.



N_{k1}, N_{k2} -критическая концентрация. $T_1 < T_2$ -температура.

Рис. 1. Спектр плотности энергетических состояний узкозонных полупроводников построенный по математической модели (1).

В зависимости от поведения функции $N_s(E_0, T)$ и критического значения концентрации N_k температурная зависимость энергетических щелей могут быть поразному (см. рис. 1). При концентрации N_{k0} ширина запрещенной зоны слабо зависит от температуры. В частности, при концентрации ниже некоторой N_{k0} с ростом температуры ширина запрещенной зоны должен уменьшаться. Максимальное значение ширина запрещенной зоны имеет при $T \rightarrow 0$. В большинстве полупроводниках ширина запрещенной зоны уменьшается с ростом температуры. Эта соответствует к случаи $N_k < N_{k0}$.

При больших критических концентрациях $N_k > N_{k0}$ с ростом температуры ширина запрещенной зоны увеличивается. Большинство полупроводников $N_k < N_{k0}$, критическая концентрация меньше N_{k0} на пример *Si, Ge, GaAs* и др. Однако, в некоторых полупроводниках на пример *PbS, PbTe* и др. холкогениды свинца ширина запрещенной зоны увеличивается с ростом температуры, т.е. критическая концентрация достаточна большая $N_k > N_{k0}$. По этому, с ростом температуры, ширина запрещенной зоны увеличивается. Увеличения или уменьшения ширина запрещенной зоны с ростом температуры можно объяснить с помощью теплового расширения.

Изменение ширины запрещенной зоны в сильнолегированных полупроводниках

В работе [9] наблюдается поглощения монохроматического света в частотах ниже порогового. Сильным легированием кремния ширина запрещенная зона уменьшилось до 0.6 эВ. Красная граница для энергии фотонов уменьшилось с 1.2 эВ до 0.6 эВ. Следовательно, легирования с примесями глубокими уровнями расширяют зона проводимости и валентную зону. Это усиливает поглощение света ниже красной границе.

Поглощения на свободных носителях в кристаллических полупроводниках обычно наблюдаются тогда, когда величина энергии меньше края фундаментального поглощения. Поглощения в интервале 0.5-0.9 эВ для кремния обусловлены примесными состояниями в запрещенной зоне. Примесные состояния уменьшают ширину запрещенной зоны полупроводника. Свойства никеля в кремний изучается широко. Это связано с технической простотой легирования и формирования кластеров. Легированием кремния никелем, в основном, изучены материалы с не большой концентрацией примеси до 10^{15} - 10^{16} см⁻³. При таких концентрациях примеси ширина запрещенной зоны полупроводника практически не меняется. Повышение концентрации приводит к изменению свойства энергетических щелей и других характеристик материала. Особенно при высоких концентрациях примеси образуются кластеры с большой плотности энергетических состояний в запрещенной зоне кремния, который приводит к примесной проводимости. Этим изменяется электропроводимость, которая означает уменьшения запрещенная зона полупроводникового материала.

Учитывая, что запрещенную зону в полупроводниках можно определить по плотности энергетических состояний, т. е. область, где не высокая плотность энергетических уровней означает запрещенную зону материала [1] введем понятия величины критической концентрации $N_{S_{extr}}$. Величина $N_{S_{extr}}$ определяет границу между запрещенной и разрешенной зоны. Энергия E_c -дно зоны проводимости и E_v -потолок валентной зоны соответствующие плотности энергетических состояний $N_{S_{extr}}$, где для всех $[E_c, E_v]$ соответствуют плотности энергетических состояний $N_s < N_{S_{extr}}$.

Используем усовершенствованный модель [6, 7, 8] для анализа спектра плотности состояний в широком энергетическом диапазоне для данной задачи. Разложим спектр плотности энергетических состояний, $N_s(E_0, T)$ по $GN(E_0, E_i, T)$ согласно (1), (2), (3), (4) и (5). В нашей задаче температура не меняется $T=300$ К. По валентной зоне и по зоны проводимости соответствующая концентрация энергетических состояний $N_{S_i} = 10^{23}$ см⁻³. Наличие энергетических уровней в запрещенной зоне определяются по данным эксперимента [10].

Для простоты будем считать коэффициенты N_{S_i} -концентрация дискретных энергетических состояний по энергии E_i для запрещенной зоны пропорционально меняются по величине коэффициентов полученных экспериментов легирования с малыми концентрациями примесей [9,11,12]. Теперь остаётся определить параметр $N_{S_{extr}}$ -критическая концентрация. Это определяется экспериментом и для каждого материала определяется значение $N_{S_{extr}}$. В работе [10] исследован кремний легированный никелем. Получено распределение плотности поверхностных состояний по запрещенной зоне для $Al-SiO_2-n-Si$ структур с концентрацией примеси N_i 10^{10} - 10^{11} см⁻² [9]. Из полученного спектра плотности поверхностного состояний, получен спектр плотность состояний. На рисунке 2 приведены спектры плотности состояний для разных концентраций примеси. Наличие примеси Ni в $n-Si$ приводит изменению спектра N_s и образованию явно выраженных пиков в близи энергий со значениями $E_1-0,17$ эВ, $E_1-0,34$ эВ, $E_1-0,39$ эВ. Объемная концентрация получена из

поверхностных по формуле $N_s = N_s s^{\frac{2}{3}}$, концентрация примеси соответственно 10^{15} - 10^{16}см^{-3} .

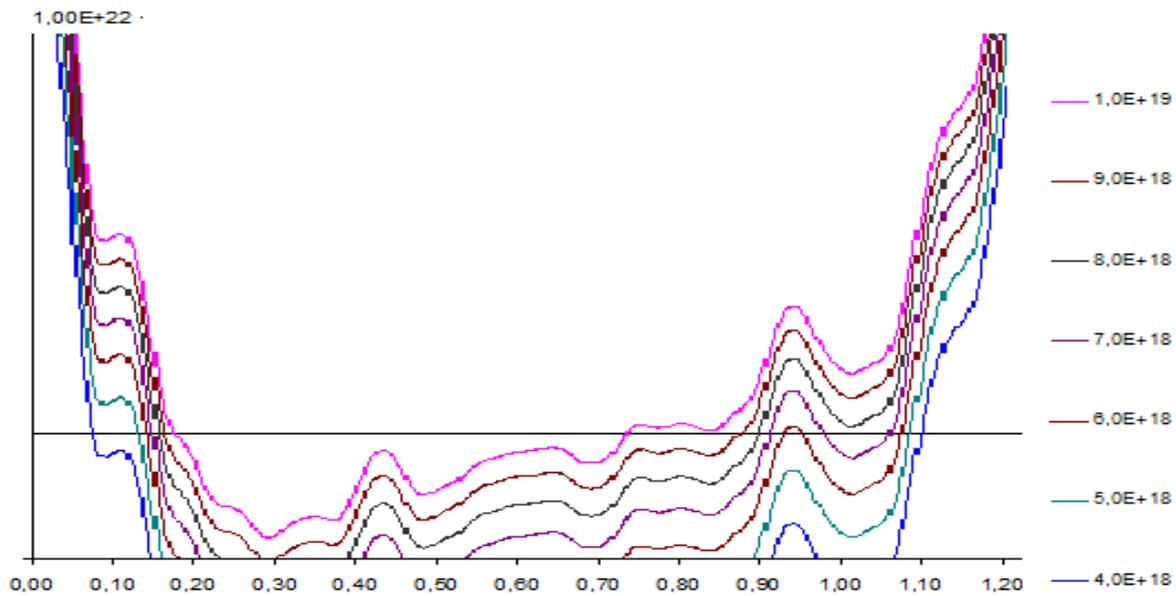


Рис. 2. спектр плотности состояний сильнолегированного полупроводника

Заклучение

Легирования Si с примесями Ni высокой концентрации способствует появлению примесной проводимости, благодаря чему повышается электропроводимость полупроводника. Меняются энергетические спектры, т.е. получается новый полупроводниковый материал. Исследования показали, что кремний легированный повышением концентрации никелем можно управлять шириной запрещенной зоны полупроводника. Результаты показывают, что при достаточно высокой концентрации примеси 10^{19}см^{-3} можно получить полупроводниковый материал $Si(Ni)$ с шириной запрещенной зоны в пределах $E_g=0.3 \text{эВ}$. Кроме этого появляется возможность управления шириной запрещенной зоны с изменением концентрации примеси.

Литература

1. Мотт Н., Девис Э. "Электронные процессы в некристаллических веществах", - М.Мир1982с
2. Бонч-Бруевич Л., Звьягин И.П., Кайпер Р., Миронов Г., Эндерлайн Р., Эссер Б. Электронная теория неупорядоченных полупроводников. -Москва.1981. Наука. 384; С.
3. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников; С. Г. Физика полупроводников. - М.: Наука, 1977.
4. [4] Гулямов Г., Шарипбаев Н.Ю. Определение ППС границы раздела, полупроводник-диэлектрик, в МДП-структуре // ФТП – Санкт Петербург, 2011, - Т.45. №2. -; С. 178-182.
5. Гулямов Г. Г., Шарипбаев Н. Ю., Определение дискретного спектра ППС МОП Структур $Al-SiO_2-Si$, облученных нейтронами // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2012, № 9, С. 13-17
6. Gulyamov G., Erkaboev U. I., Sharibaev N.Yu. The temperature dependence of the density of states in semiconductors // World Journal of Condensed Matter Physics. - Irvine CA, USA, 2013. - vol.3 №.4. -pp.216-220.

7. Г.Гулямов, Н.Ю. Шарипбаев, Исследования температурной зависимости ШЗЗ Si и Ge с помощью модели // Физическая инженерия поверхности, 2013, т.11, № 2 с.231-237
8. Гулямов Г., Шарипбаев Н.Ю., Влияние эффективной массы плотности состояний на температурную зависимость ширины запрещенной зоны в твердых растворах $p\text{-Bi}_2\text{-xSb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ // Физическая инженерия поверхности, 2013, т.11, № 2 с.20-23
9. Bakhadyrkhanov M.K., Mavlyanov A.Sh., Sodikov U.Kh., Khakkulov M.K., Silicon with Binary Elementary Cells as a Novel Class of Materials for Future Photoenergetics, // Geliotekhnika, 2015, No. 4, pp. 28–32.
10. Гулямов Г., Каримов И.Н., Шарипбаев Н.Ю., Эркабоев У. Определение ППС на границу раздела полупроводник диэлектрик в структурах $Al\text{-SiO}_2\text{-Si}$ и $Al\text{-SiO}_2\text{-}n\text{-Si}\langle Ni \rangle$ при низкой температуре // Узбекский физический журнал. - Ташкент, 2010 - 12(№3), -С.143-146.
11. Баграев Н.Т., Клячкин Л.Е., Кузьмин Р.В., Маляренко А.М., Машков В.А., Инфракрасное излучение из кремниевых наноструктур, сильно легированных бором // Физика и техника полупроводников, 2012, том 46, вып.3
12. Ромака В.А., Rogl P., Ромака В.В., Kaczorowski D., Стаднык Ю.В., Корж Р.О., Крайовский В.Я., Ковбасюк Т.М. Особенности зонной структуры и механизмов проводимости полупроводника $n\text{-HfNiSn}$, сильно легированного Lu // Физика и техника полупроводников. Год 2015, выпуск 3, Статья стр. 299