

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗОННЫХ СТРУКТУР GaN И InN

Ибадуллин М.М.

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доц. Пащенко А.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. Микроэлектроники, электронных приборов  
и устройств, тел. (057) 702-13-62)

e-mail: [razevic@mail.ru](mailto:razevic@mail.ru). 0935445128

Among the complex semiconductor compounds the first place on the frequency of use in electronic devices occupy a double (binary) semiconductors connections of type of  $A^{III}B^V$ , which form the basis for optoelectronics and high-speed microwave – devices.

Нитрид галлия имеет две модификации кристаллической структуры: кубическую и гексагональную типа «вюрцит». Для гексагональной структуры кристаллической решетки характерно, что минимум зоны проводимости находится в центре зоны Бриллюэна (рис. 1 а), где эффективная масса является изотропной и составляет  $(0.19 \dots 0.21)m\text{эВ}$ .

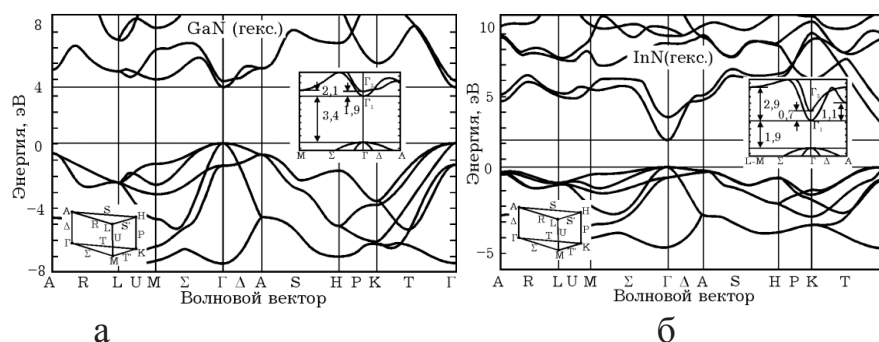


Рисунок 1 – Закон дисперсии для: а - GaN с гексагональной структурой кристаллической решетки; б - InN с гексагональной структурой кристаллической решетки

Изотропная эффективная масса для верхней  $\Gamma$ -долины составляет  $(0.9 \dots 1)m\text{эВ}$  [4]. Важным параметром с точки зрения эмиссионных и контактных свойств является энергия электронного сродства, которая определяется как расстояние от дна зоны проводимости до уровня вакуума и для нитрида галлия равна 4.1 эВ [3].

Структура зоны проводимости для гексагонального нитрида индия представлена на рис. 1 б. В данном случае представлена ширина запрещенной зоны, которая в зависимости от температуры принимает значение около 2 эВ. Согласно [4] это значение около  $(0.65 \dots 0.7)m\text{эВ}$ . Дну зоны проводимости соответствует центральная  $\Gamma_1$ -долина с практически изотропной эффективной массой, которая равна  $(0.04 \dots 0.07)m\text{эВ}$ .

$\Delta$ -долина, расположена в  $\Delta$  – направлении на энергетическом расстоянии порядка  $(0.7 \dots 2.7)m\text{эВ}$ .  $\Gamma_2$  –долина, расположена также в центре зоны

Бриллюэна выше на (1.1...2.6) эВ [2, 3]. Им соответствует значительная анизотропия эффективных масс  $m_l^*/m_t^* = 0.84/0.16$ , поэтому скалярное значение омической эффективной массы  $m_c^* \approx 3m_t^*/2 \approx 0.24m_0$ , а эффективная масса плотности состояний в одной долине  $m_d^* = 0.28m_0$ . Отмечается и наличие высших долин в зоне проводимости InN, лежащих между точками L и M на высоте  $\Delta_{\Gamma ML} = (2.9 \dots 3.9)m_0$  эВ [3], с эффективной массой плотности состояний с учетом всех долин  $1.08m_0$  эВ.

Условно можно подразделить применение данных соединений по следующим областям: GaN – коротковолновые лазерные диоды оптических систем накопления данных, лазеры импульсного и непрерывного действия голубого и УФ – диапазонов, транзисторы с высокой подвижностью электронов, СВЧ – транзисторы; InN – светодиоды, лазерные диоды и высокочастотные транзисторы, полупроводниковые фотопреобразователи для УФ- области спектра, силовая электроника, зонная инженерия.

На основе выше указанных данных можно сделать заключение, что для структуры как GaN так и InN минимум зоны проводимости приходится на  $\Gamma$  - долину, которая в свою очередь расположена в центре зоны Бриллюэна. Однако, в случае GaN изотропная эффективная масса составляет  $(0.19 \dots 0.21)m_0$  эВ, а для InN это значение равно  $(0.04 \dots 0.07)m_0$  эВ. Для сравнения, значение эффективных масс GaN и InN меньше чем у полупроводников четвертой группы периодической системы – кремния  $(1.08 \dots 0.56)m_0$  эВ и германия  $(0.55 \dots 0.37)m_0$  эВ. Учитывая теорию электронного транспорта Друде о том, что дрейфовая скорость носителей заряда обратно пропорциональна эффективной массе заряда электрона, а быстродействие в интегральных микросхемах зависит от скорости носителей заряда, малая эффективная масса – одна из причин того, что GaN и InN используются вместо кремния в приложениях, где требуется широкая полоса пропускания.

#### Список литературы:

1. Москалюк В. А. Сверхбыстродействующие приборы электроники / В.А. Москалюк, В.И. Тимофеев, А.В. Федяй – К.: НТУУ "КПИ". – 2012. – С. 84 – 88.
2. Chen S., Wang G. High-field properties of carrier transport tin bulk wurtzite GaN: A Monte Carlo perspective / S. Chen, G. Wang // J.Appl. Phys. – 2008. – Vol.103. – P.023703-1 - 023703-6.
3. Физикотехнический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, New Semiconductor Materials, Characteristics and Properties URL: <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/>.
4. Давыдов С.Ю. Оценки параметров нитридов элементов третьей группы: BN, AlN, GaN и InN / С.Ю. Давыдов // Физика и техника полупроводников. - 2002. - № 36. - Вып. 1. - С. 45 - 47.