

УДК 621.315.592.

## **Особенности отражения света приборными структурами на основе нитридов элементов третьей группы**

Бобученко Д.С., Доманевский Д.С., Жоховец С.В.,  
Герасимович А.А.

Белорусский национальный технический университет

К наиболее перспективным полупроводниковым материалам типа  $A^3B^5$  в настоящее время относятся двойные, тройные и четверные соединения на основе нитридов элементов III группы таблицы Д.И. Менделеева. Модельными материалами этого типа являются нитриды индия, галлия и алюминия, которые по ширине запрещенной зоны перекрывают диапазон 2-6 эв. Именно это обстоятельство, наряду с высокой эффективностью люминесценции и большой дрейфовой скоростью электронов определяет перспективность нитридов в создании светодиодов, фотовольтаических сенсоров, цветных дисплеев для ультрафиолетовой и видимой областей спектра, а также мощных, высокотемпературных и высокочастотных электрических приборов. Вместе с тем, технология получения этих материалов, несмотря на успехи, достигнутые за счет применения молекулярно-лучевой эпитаксии (МБЕ) и эпитаксии из металл - органических соединений (МОСУО), а также надежность наших знаний об их фундаментальных параметрах и влиянии различных факторов остаются недостаточными. Важнейшей причиной такого состояния является политипизм нитридов, которые даже в одном процессе кристаллизуются в двух модификациях: кубической и гексагональной, а также образуют приповерхностные и переходные слои на границе пленка-подложка с изменяющейся кристаллической структурой и значениям диэлектрической проницаемости [1]. Это затрудняет количественную интерпретацию результатов оптических экспериментов из-за необходимости разделения природной и наведенной деформациями и электрическими полями искусственной анизотропии. С другой стороны выяснение влияния различных технологических факторов позволяет получить информацию о свойствах реальных приборных структур, развить подходы к

инженерному расчету их параметров и методам контроля технологических процессов получения.

Ниже приводятся результаты изучения влияния электрических полей в барьерах Шоттки Pt-GaN и гетеропереходах, используемых для изготовления транзисторов с высокой подвижностью (HEMT) на основе гетеропереходов AlGaN/GaN. Были изучены спектры электроотражения (ЭО), получены и интерпретированы следующие результаты:

1. В спектрах электроотражения (Рис. 1) структур Pt-GaN при 5К и 295К в области 3,5 эВ наблюдались оптические переходы свободных экситонов и их фотонных повторений (А,В,С); в более низкоэнергетической области (< 3,4эВ) наблюдалось отражение на дискретных состояниях хвостов экситонной плотности состояний; при энергиях выше 3,55 эВ были заметны особенности, связанные с эффектом Франца-Келдыша.

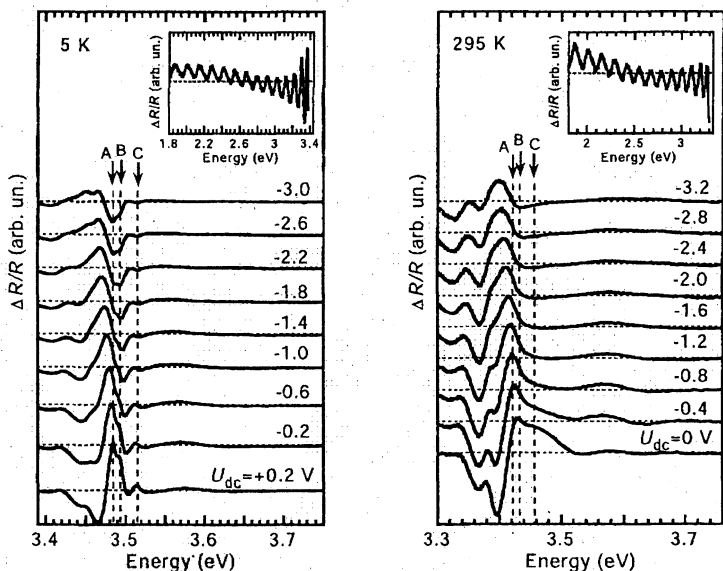


Рис. 1. Спектры ЭО Ga – плоскости диода. Пики показывают энергии экситонов в пределе нулевого поля. Вставка показывает ЭО спектры в области спектральной прозрачности ( $U_{dc} = 0,1$  V)

2. При увеличении отрицательного электрического смещения на барьере Шоттки в спектрах отражения наблюдалось низкоэнергетическое смещение и уменьшение отражения на всех экситонных состояниях (рис.2). Эти изменения были интерпретированы в рамках линейного электрооптического эффекта, который обуславливается полевыми изменениями диэлектрической функции (показателя преломления) нитрида галлия.

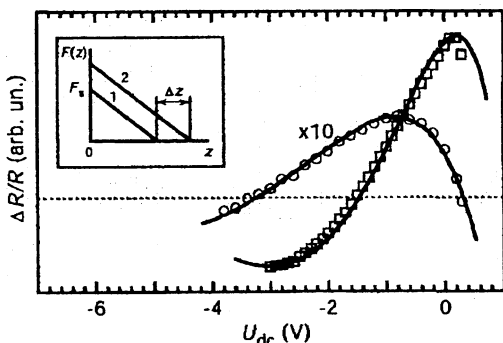


Рис. 2. «Изменения» ЭО спектров с Ga – плоскости диода для энергий фотонов А – экситона при 5К (квадраты) и 295К (кружки). Сплошные линии представляют сдвиг экспериментальных точек. Вставка показывает профили электрического поля ниже нулевого (1) и отрицательного (2) смещений напряжения

3. В спектрах фотоотражения (рис.3) гетероструктур  $\text{Al}_{0,06}\text{Ga}_{0,94}\text{N}/\text{GaN}$  в области выше края оптического поглощения тройного соединения ( $>3,55$  эВ) были обнаружены осцилляции, которые хорошо описываются квадратичным эффектом Франца-Келдыша (ФК). Экспериментально наблюдалось, что расщепление между смежными экстремумами осцилляций ФК убывает с температурой, указывая на понижение напряженности кристаллического поля на гетерогранице при повышении температуры.

4. Показано, что полученные результаты связаны с различиями в потенциальном рельефе реального и идеального кристаллов и их можно использовать для получения данных о

напряженностях полей, концентрациях примесей и дефектов структуры. Соответствующие результаты приведены в таблице 1.

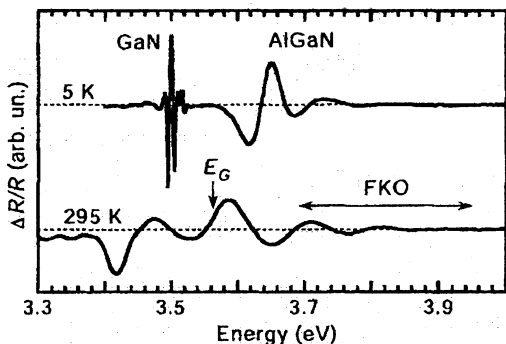


Рис. 3. Спектры фотоотражения (ФО) Ga – плоскости  $\text{Al}_{0,06}\text{Ga}_{0,94}\text{N}/\text{GaN}$ . НЕМТ – гетероструктур

Таблица 1

Концентрация ионизированных примесей ( $N_i$ ) поверхностный изгиб зон ( $V_b$ ), и напряженность электрического поля ( $F_s$ ) при нулевом поверхностном смещении для Pt/GaN диодов Шоттки с различной полярностью (Ga, N).

Полярность	5 K			295 K			$\Delta F_s^a$ (kV/cm)
	$N_i$ ( $10^{17}\text{cm}^{-3}$ )	$V_b$ (eV)	$F_s$ (kV/cm)	$N_i$ ( $10^{17}\text{cm}^{-3}$ )	$V_b$ (eV)	$F_s$ (kV/cm)	
Ga	8.3	1.78	750	11	1.45	780	30
N	6.2	0.93	469	8.4	0.95	554	85

а) Изменение напряженности ( $\Delta F_s$ ) поверхностного электрического поля между гелиевой и комнатной температурами.

### Литература

1. Исследование диэлектрической функции оптических свойств эпитаксиальных слоев GAN и SIC и квантоворазмерных структур на их основе. /Отчет о НИР/БНТУ; Руководитель – Д.С. Доманевский; № ГР 19981097;- Мн., 2000. - 50 с.