

В.В. Міленін, М.С. Заяць, Р.А. Редько, Р.В. Конакова

Модифікація оптичних параметрів епітаксійних структур на основі арсеніду галію та фосфіду індію слабким магнітним полем

*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України,
Пр. Науки 41, 03028, Київ, Україна, e-mail: re_rom@ukr.net*

Експериментально встановлено, що вплив імпульсних магнітних полів на епітаксійні структури на основі GaAs та InP призводить до зміни їхніх оптичних характеристик. Припускається, що ці зміни зумовлені структурними неоднорідностями поверхонь та границь поділу епішарів, які виникають після магніто-польової обробки.

Ключові слова: оптичне відбиття, магніто-польова обробка.

Стаття постуила до редакції 12.07.2010 ; прийнята до друку 15.06.2011.

Вступ

У цілому ряді робіт, виконаних на напівпровідниках різної природи, було встановлено, що слабкі магнітні поля з зеєманівською енергією $\sim 10^{-4}$ - 10^{-5} еВ, здатні змінювати їхній структурний стан [1 - 8]. Враховуючи малу величину енергетичної дії, вважалось, що магніто-індуковані перебудови структури кристалів, які спостерігались, зумовлені спін-залежними процесами в їхній дефектній підсистемі, стимулюючими розпад вихідних дефектних комплексів та формування нової дефектної структури за рахунок квазіхімічних реакцій між продуктами розпаду. Було знайдено, що магніто-польові впливи найбільш яскраво проявляються у структурних перебудовах приповерхневих шарів напівпровідників на яких сформовані шари діелектрика [9 - 13].

Метою даних досліджень є виявлення особливостей впливів слабких імпульсних МП на структурні перебудови в гомоепітаксійних структурах на основі GaAs та порівняти їх з аналогічними даними по InP.

I. Зразки та методика експерименту

Дослідження були проведені на епітаксійних $n-n_0^+-n^+$ структурах, отриманих газофазовою епітаксією. Параметри досліджуваних зразків представлені в таблиці. Як підкладка у всіх випадках використовувався матеріал, легований Ge.

Досліджувались оптичні властивості (коефіцієнт відбиття та еліпсометричні параметри) епітаксійних плівок до та після впливу МП. Вимірювання були виконані на спектрометрі КСВУ-23 та еліпсометрі ЛЭФ-3М на довжині хвилі $\lambda = 623,8$ нм. Магніто-польова обробка здійснювалась в імпульсному режимі $-B = 60$ мТл, $f = 10$ Гц протягом 5 хв.

II. Експериментальні результати та їхнє обговорення

На рис. 1. представлені спектральні залежності коефіцієнта відбиття R до (рис. 1,а) та після МП обробки (рис. 1,б) з наступною витримкою зразків

Таблиця 1

Параметри епітаксійних структур, які досліджувались

Матеріал	Товщина шарів, мкм			Концентрація електронів, см ⁻³		
	n шар	n_0^+ шар	n^+ підкладка	n шар	n_0^+ шар	n^+ підкладка
GaAs	2	2	300-350	$1,2 \cdot 10^{15}$	$5 \cdot 10^{17}$	$2 \cdot 10^{18}$
InP	1,5	5	300-350	$2 \cdot 10^{16}$	$2 \cdot 10^{18}$	$2 \cdot 10^{18}$

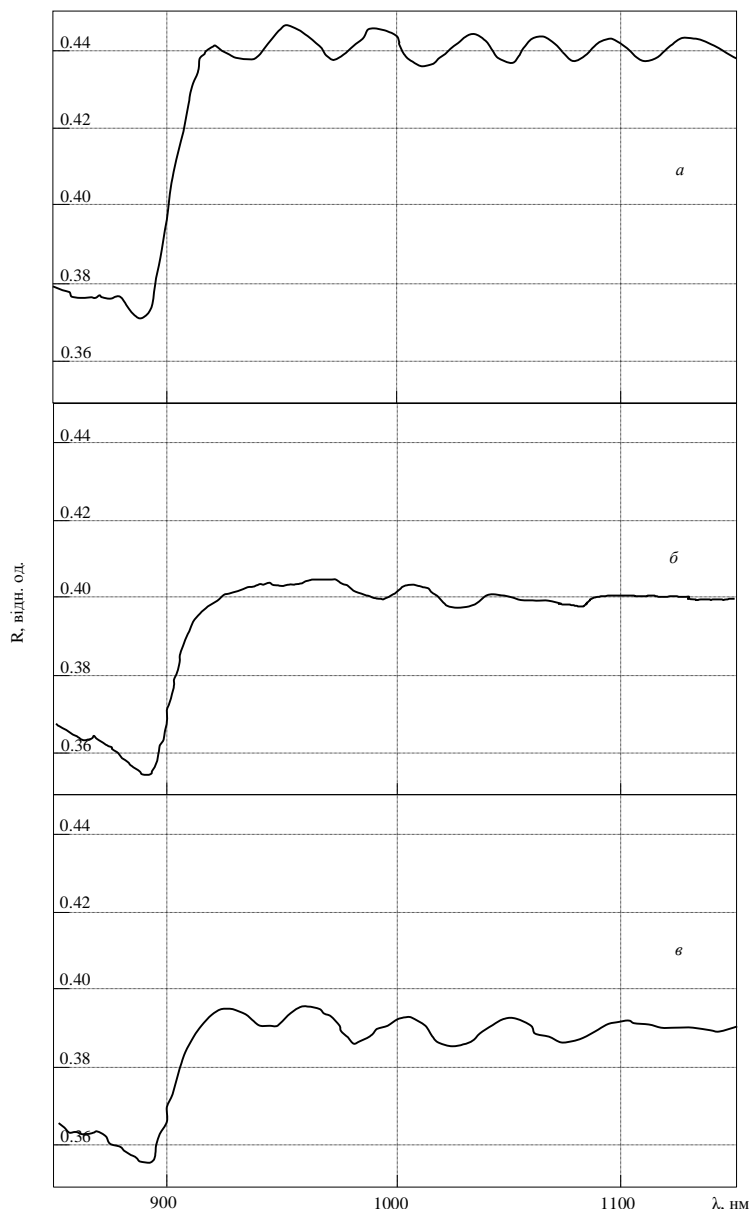


Рис. 1. Спектр оптичного відбиття епітаксійної плівки арсеніду галію у вихідному стані (а) і після витримки протягом 4 (б) та 8(в) діб.

після вимкнення магнітного поля на протязі 8 діб (рис. 1,в).

Спектральна залежність R має типовий вигляд для плівки GaAs, вирощеної на епітаксійному шарі з відмінним від плівки оптичними постійними. Відмітимо осцилюючий характер R в області спектру, в якому плівка прозора. Інтерференційна картина, що спостерігається, виникає при відбиванні падаючого променя від поверхні плівки та границі поділу з нижче розташованим шаром. Використовуючи формули [13] по положеннях інтерференційних екстремумів, які спостерігаються в експерименті, була розрахована товщина епітаксійної плівки, яка виявилась рівною 1,72 мкм для GaAs та 1,6 мкм для InP. Отримані величини знаходяться у хорошій відповідності з даними таблиці, що стосуються товщини плівок.

МП обробка змінює (рис. 1,б) відбиваючу

здатність епішару (коефіцієнт відбиття зменшується і зникають осциляції R). Інтерференційна картина частково відновлюється після чотирьохдодової витримки зразків і чітко проявляється через 8 діб після вимкнення поля (рис. 1,в). При цьому спостерігається зсув інтерференційних екстремумів у довгохвильову область. Оцінки оптичної товщини плівок після витримки оброблених зразків на протязі 4 та 5 діб показали, що вона зростає відповідно на 64 нм та 50 нм і носить немонотонний характер в залежності від часу витримки. Еліпсометричні дослідження показали відсутність змін еліптичної поляризації відбитого світла після МП обробки в порівнянні з вихідними поверхнями. Природнім було б припустити, що зміни в спектральних залежностях R , які спостерігаються в експерименті, є наслідком структурних неоднорідностей поверхні епіплівки та границі поділу з нижче розташованим шаром, що

викликані дією МП.

Фізичні механізми зміни структурної неоднорідності приповерхневих шарів напівпровідника, що викликані дією МП аналізувались в [1 - 3, 5, 14]. Причому було виявлено, що макроефекти, що спостерігаються, носили довготривалий немонотонний характер, як і в нашому випадку. Враховуючи результати вище відмічених робіт, можна вважати, що зміни R , скоріш за все, пов'язані з проявленням двох факторів [13]: зростання середньоквадратичних висот поверхневих нерегулярностей (зміна шорсткості поверхні), флуктуацій оптичних констант та зростання протяжності перехідного шару (зростання коефіцієнта екстрикції призводить до зникнення

інтерференційної картини). Який внесок кожного з цих факторів в R оцінити на даному етапі не є можливим. У підсумку відзначимо, що результати досліджень, виконаних на гомоепітаксійних структурах InP якісно підтверджують результати, отримані на плівках GaAs.

Робота виконана при підтримці Міністерства освіти і науки України (договір № ДЗ/478-2009)

Міленін В.В. - кандидат фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник;

Конакова Р.В. - доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник;

Редько Р.А. - науковий співробітник;

Заяц Н.С. - старший науковий співробітник.

- [1] М.Н. Левин, Б.А. Зон. Воздействие импульсных магнитных полей на кристаллы Cz-Si // *ЖЭТФ*, **111**(4), сс. 1373-1397. (1997).
- [2] В.Н. Давыдов, Е.А. Лоскутова, Е.П. Найдил Запаздывающие структурные изменения в полупроводниках, стимулированные магнитным полем // *ФТП*, **23**(9), сс. 1596-1600 (1989).
- [3] М.Н. Левин, Г.В. Семенова, Т.П. Сушкова, Э.А. Долгополова, В.В. Постников. Воздействие импульсных магнитных полей на реальную структуру кристаллов арсенида индия // *Письма в ЖТФ*, **28** (19), сс. 50-55 (2002).
- [4] М.Н. Левин, Г.В. Семенова, Т.П. Сушкова. Эффект магнитно-индуцированной неустойчивости в полупроводниковых соединениях A3B5// *Доклады РАН*, **388** (5), сс. 608-610 (2003).
- [5] В.П. Власов, Ф.А. Зайтов, В.В. Каневский и др. // *ФТП*, **34** (10), сс. 3264-3265 (1992).
- [6] М.Н. Левин, В.Н. Семенов, Ю.В. Метелева. Воздействие импульсных магнитных полей на тонкие слои Cd0.5Zn0.5S // *Письма в ЖТФ*, **27** (10), сс. 37-42 (2001).
- [7] М.Н. Левин, А.В. Татаринцев, О.А. Косцова, А.М. Косцов. Активация поверхности полупроводников воздействием импульсного магнитного поля // *ЖТФ*, **73** (10), сс. 85-87 (2003).
- [8] Н.В. Кукушкин, С.Н. Постников, Ю.А. Терман, В.М. Кедяркин. Изменение упругонапряженного состояния структур Si-SiO2 под воздействием импульсного магнитного поля // *ЖТФ*, **55** (10), сс. 2083-2084 (1985).
- [9] А.Л. Данилюк, А.И. Нерейко. Колебательная релаксация поверхностной проводимости кремния после воздействия слабого магнитного поля // *Поверхность*, **9**, сс. 27-33 (1996).
- [10] Ю.А. Климов, В.М. Масловский, В.В. Тарасенко. // *ЭТ. Сер.3. Микроэлектроника*, **5**(139), сс. 20-25 (1990).
- [11] В.М. Масловский, Ю.А. Климов, Н.С. Самсонов, Е.В. Симанович. Изменения электрофизических параметров систем Si - SiO2, индуцированные импульсным магнитным полем // *ФТП*, **28** (5), сс. 772-777 (1994).
- [12] М.Н. Левин, Ю.О. Личманов, В.В. Масловский. Изменение зарядовой стабильности МДП структур, индуцированное импульсным магнитным полем // *Письма в ЖТФ*, **20** (4), сс. 27-31 (1994).
- [13] *Тонкие поликристаллические и аморфные пленки: Физика и применение*. Пер. с англ. Под ред. Л. Казмерски, Мир, М. 304 с. (1983).
- [14] М.Н. Левин, В.Н. Семенов, А.В. Наумов. Импульсная магнитная обработка кремниевых подложек для осаждения тонких пленок методом пульверизации // *Письма в ЖТФ*, **27** (7) сс. 35-39 (2001).

V.V. Milenin, M.S. Zayac', R.A. Red'ko, R.V. Konakova

Updating of The Epitaxial Structures Based on Gallium Arsenide and Indium Phosphide Optical Parameters by Weak Magnetic Field

V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, 41, pr. Nauki, Kyiv, 03028, Ukraine
e-mail: re_rom@ukr.net

It was obtained that influence of pulse magnetic field on the epitaxial structures, based on GaAs and InP, resulted in change of its optical parameters. Perhaps, it is caused by structural non-uniformity of surfaces and interfaces of epilayers, that are appeared after magnetic fields treatment.

Key words: optical reflection, magnetic field treatment.