

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ GaSb+Bi МЕТОДОМ ОБРАТНОГО РАССЯНИЯ ПРОТОНОВ

В.А.Цымбал

Научно-производственный комплекс «Возобновляемые источники энергии и ресурсосберегающие технологии»

ННЦ ХФТИ, г. Харьков, Украина, nsc@kipt.kharkov.ua;

В.В.Слезов

Институт теоретической физики ННЦ ХФТИ, г. Харьков;

И.Н. Колупаев

Политехнический университет, г. Харьков

Досліджена термічна стабільність дифузійних бар'єрів на основі плівок Bi при різних способах отримання плівок. Дослідження проводились на електростатичному прискорювачі ХНУ ім. Каразіна В.Н. в умовах ізотермічного отжигу безпосередньо під пучком протонів з енергією 1,85 МеВ.

Исследована термическая стабильность диффузионных барьеров на основе пленок Bi при различных способах получения пленок. Исследования проводились на электростатическом ускорителе ХНУ им. Каразина В.Н. в условиях изотермического отжига непосредственно под пучком протонов с энергией 1,85 МэВ

The thermal stability of diffusion barriers is explored on the basis of Bi films at different expedients of deriving of films. The examinations were conducted on the electrostatic accelerator at KNU of name Karazin V.N. under conditions of an isothermal bakeout directly under a proton beam of 1,85 MeV energy.

ВВЕДЕНИЕ

Создание приборов на базе монокристаллов $A^{III}B^V$ неизбежно связано с формированием контактов металл-полупроводник. С точки зрения термодинамической стабильности в таких гетеросистемах следует ожидать интенсивных диффузионных процессов, приводящих к образованию слоев промежуточных фаз. Это ухудшает электронные параметры переходов металл- $A^{III}B^V$ и затрудняет их практическое применение. Свойствам барьерных контактов Шоттки (БШ) на полупроводниках $A^{III}B^V$ и на GaAs, в частности, уделяется много внимания в литературе [1-3]. Применение БШ в реальных изделиях требует прежде всего надежной воспроизводимости их электронных параметров и, кроме того, устойчивости этих параметров в эксплуатационных условиях. Выбор технологии производства, включая выбор металлизации, способы нанесения и термообработки, основывается на принципах формирования контакта металл-полупроводник.

Существует много моделей, которые вполне адекватно описывают какой-нибудь спектр межфазной границы металл-полупроводник, и в то же время не в состоянии удовлетворительно согласовать остальные электрические свойства этой же границы [4,5].

Высказываются разные степени заверения о единстве процессов формирования БШ и металлургического взаимодействия, однако ни в одном случае эта связь не устанавливается конкретно. Работа выхода электронов из металла и его электроотрицательность, стимулированные металлом поверхностные электронные состояния, диполь за счет перераспределения химических связей, индуцированные металлом дефекты вблизи межфазной поверхности,

эффективная работа выхода контакта, связанная с формированием кластеров, дополнительное легирование полупроводника материалом контакта – всему этому должно уделяться внимание. Таким образом, изучение системы металл-полупроводник на примере контакта Bi/GaSb является актуальным.

В настоящей работе основным методом изучения является анализ спектров обратного рассеяния протонов, который дает возможность исследовать изменение элементного состава матрицы по глубине и не приводит к его разрушению.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводилось на электростатическом ускорителе Харьковского университета. В качестве зонда использовались протоны, ускоренные до энергии 1,85 МэВ. С помощью системы коллиматоров они попадали на образец. Обратное рассеянные протоны регистрировались полупроводниковым детектором, установленным под углом 165° . Сигнал с детектора, проходя через спектрометрический тракт, обрабатывался амплитудным анализатором АИ-1024. Спектр регистрируемых частиц выводился на экран дисплея анализатора, цифровая печать и записывался на двухкоординатном самописце Н306. Стабильность усиления спектрометрического тракта контролировалась с помощью генератора стабильной амплитуды NZ-635/С.

Объекты представляли собой монокристаллические шайбы GaSb в ориентации (111), на которые методом вакуумной конденсации наносили слой Bi. Поверхность подложек GaSb предварительно очищалась химическим травлением. Пленки висмута получались путем электронно-лучевого испарения

99,99% Вi в условиях безмасляного вакуума не хуже $1 \cdot 10^{-8}$ торр. Вакуумная термообработка осуществлялась как с целью дополнительной очистки поверхности GaSb, так и для стимулирования процессов химического взаимодействия. В итоге были приготовлены три группы образцов.

1. Подложка GaSb прогревалась в вакууме ($T_0 = 400$ °C, $t_0 = 1$ ч), а затем при $T_K = 50$ °C производилась конденсация Вi;

2. Система GaSb + Вi отжигалась в течение $t_A = 1$ ч при $T_A = 230$ °C;

3. Подложка GaSb и гетеросистема GaSb+Вi не прогревались выше $T_K = 50$ °C. Толщины пленок Вi во всех случаях составляли $\cong 40$ нм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Энергетическая калибровка производилась по спектрам обратного рассеяния от толстых мишеней Si и Ni и пленки Au на Ni в нижней части рис.1.

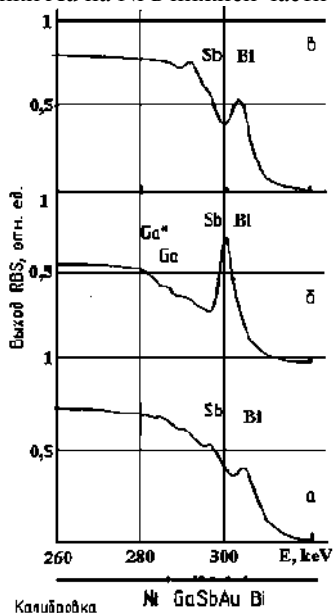


Рис.1. Спектры обратного рассеяния трех групп образцов и энергетическая калибровка

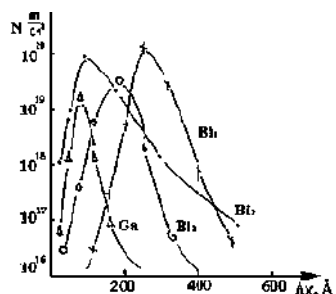


Рис.2.Профили распределения компонентов по глубине

Результаты измерений в виде характерных спектров представлены на рис.1, а профили распределе-

ния компонентов по глубине - на рис.2. Анализ спектров указывает на характерное смещение пика висмута на системе, в которой подложка до конденсации прогревалась в вакууме при 400 °C (рис.1,а). Смещение составляет 7 кэВ в сторону низких энергий по сравнению с рассчитанным по кинематической модели.

На двух других спектрах (см. рис.1,б и 1,в) смещения пика висмута не обнаружено. Спектр обратного рассеяния образца без предварительного прогрева и последующего отжига отличается относительным уменьшением выхода обратно рассеянных частиц от Вi. После отжига (см. рис.1,б) на спектре четко виден выход обратно рассеянных частиц от Ga и Sb, причем часть спектра, соответствующая выходу от Ga, имеет характерный вид двойной ступеньки, что говорит об обогащении приповерхностного слоя галлием. Структурное состояние и фазовый состав образцов контролировались методами рентгеновской дифрактометрии и просвечивающей электронной микроскопии. Установлено, что ни в исходном состоянии, ни после термообработки не образуются промежуточных фаз.

Пленка Вi остается поликристаллической со слабо выраженной текстурой. Отжиг приводит к некоторому росту размеров зерен и совершенствованию текстуры (100)Вi // (111)GaSb, т.е. плоскости подложки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение спектров обратного рассеяния, очевидно, связано с диффузионным перераспределением компонентов, не приводящим к фазовым превращениям. На основании имеющихся данных трудно предположить достоверную модель взаимной диффузии. Положение и форма пика Sb, а также сдвиг пика Вi могут быть связаны с появлением вблизи поверхности слоя, обогащенного легкими элементами, в частности Sb. В то же время известно, что прогрев подложек в вакууме приводит к обогащению поверхности галлием. Нельзя также не учитывать возможность образования на поверхности Вi окисной пленки сложного состава, включающего Sb или Ga.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э.Х.Родерик *Контакты металл-полупроводник*. М: «Радио и связь», 1982.
2. К.Као, В.Хуанг. *Перенос электронов в твердых телах*. М: «Мир», 1984, ч.1.
- 3.В.И.Стриха *Контактные явления в плупроводниках*. Киев: «Вища школа», 1982.
- 4.W.E.Spicer, E.Eglash, I.Lindau., C.Y.Su, P.P.Skeath Development and confirmation of the unified model for Shottky barrier formation and MOS interface states on 3-5 compounds // *Thin Solid Films*. 1982, v.89,p.447-460.
- 5.L.J.Brillson, C.F.Brucker, A.D.Katnani, N.G.Stoffel R.Daniels, G.Margaritondo Systematics of chemical structure and Shottky barrier at compound semiconductor-metal interfaces // *Surf.Sci*. 1983, v.132, p.212-232.