

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИЯ В InAs ПРИ ПОСТИМПЛАНТАЦИОННОМ ОТЖИГЕ

Н. Н. Герасименко, А. М. Мясников, В. И. Ободников, Л. Н. Сафронов

Институт физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Новосибирск, Россия

(Получено 19.03.1992. Принято к печати 26.03.1992)

В полупроводниковых соединениях типа $A^{III}V$ магний является акцепторной примесью. Из работы [1], где коэффициент диффузии магния в арсениде индия определялся по глубине залегания p - n -перехода, следует, что при термической диффузии магния удастся сформировать p -области в InAs. Однако попытки применить имплантацию ионов магния в InAs для создания p - n -переходов сталкиваются с определенными трудностями, связываемыми с донорными свойствами радиационных дефектов в InAs и перекompенсацией за их счет акцепторов, введенных методами ионного легирования [2].

Цель настоящей работы состояла в исследовании распределения магния, полученного в результате внедрения в InAs ионов Mg^+ с последующим отжигом.

Пластины арсенида индия с ориентацией поверхности (111) облучались ионами Mg^+ с энергией $E = 200$ кэВ до дозы $\Phi = 10^{15}$ см $^{-2}$ при плотности тока ≈ 1 мкА/см 2 . Постимплантационный отжиг проводился в интервале температур 250—500 °С в течение 30 мин в атмосфере азота.

Распределение магния по глубине и поверхности образцов исследовалось методом масс-спектрометрии вторичных ионов (ВИМС) с использованием установки MIQ-256 (CAMECA-RIBER, Франция). Первичный пучок ионов O_2^+ имел энергию 13 кэВ. При исследованиях распределения магния по глубине площадь сканирования сфокусированным пучком ионов составляла $\approx 0.5 \times 0.7$ мм. Для устранения вклада вторичных ионов магния, выбитых из стенок кратера, анализируемый сигнал снимался с его центральной области, составляющей 10% от площади сканирования. Постоянство скорости травления, составлявшей ≈ 1 нм/с, в процессе измерений контролировалось по выходу ионов мышьяка.

Полученные результаты приведены на рис. 1, где также показан и расчетный концентрационный профиль магния для $T_{отж} = 500$ °С и $t_{отж} = 30$ мин. Расчет проведен в предположении постоянного коэффициента диффузии магния $D = D_0 \times \exp(-Q/kT)$ с параметрами: $Q = 1.17$ эВ, $D_0 = 1.98 \cdot 10^{-6}$ [1] при начальном гауссовом распределении внедренной примеси [3].

Измерения показали, что до $T_{отж} = 350$ °С не происходит перераспределения магния в InAs. Из рис. 1 видно, что при дальнейшем повышении температуры отжига наблюдается перераспределение внедренной примеси, характеризующееся образованием приповерхностных максимумов и протяженных «хвостов», концентрация магния в которых растет с повышением температуры. Сопоставление расчетного и экспериментального профилей показывает резкое расхождение в глубине проникновения магния в InAs при отжиге по сравнению с ожидаемой величиной.

Характер спада концентрации магния на хвостах распределений указывает, что при выбранных температурах отжига магний может проникать в InAs на глубины в несколько десятков микрометров. Действительно, после травливания с образца, отожженного при $T_{отж} = 500$ °С, слоя толщиной ≈ 100 мкм в нем регистрируется наличие магния.

Исследования распределения магния по площади образцов на глубинах ≈ 2 мкм (в области хвостов) показали, что оно неоднородно: регистрируются локальные области, содержащие магний в высокой концентрации. На рис. 2

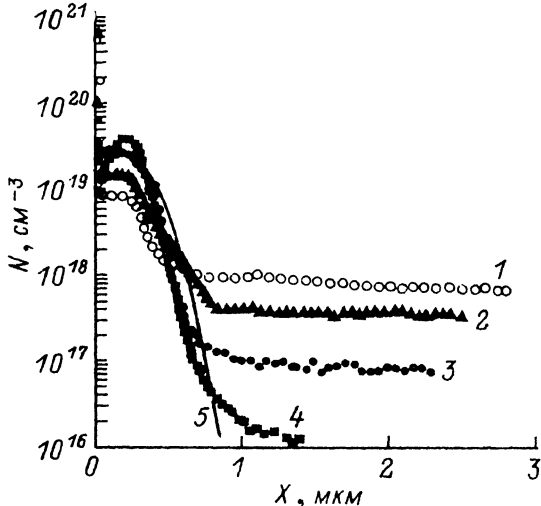


Рис. 1. Концентрационные профили магния в InAs, полученные внедрением ионов Mg^+ ($E = 200$ кэВ, $\Phi = 10^{15}$ $см^{-2}$) и отжигом в течение 30 мин при $T_{отж}$, °С: 1 — 500, 2 — 450, 3 — 400, 4 — 350; 5 — расчет для $T_{отж} = 500$ °С.

приведено распределение величины сигнала вторичных ионов магния по площади (≈ 1 $мм^2$). Пересчет количества локальных областей, обогащенных магнием, на поверхностную концентрацию дает величину порядка 10^3 $см^{-2}$, что для примененных образцов арсенида индия коррелирует с характерной плотностью дислокаций. Поэтому было высказано предположение, что в области хвостов на примесных профилях магний связывается на дислокациях.

Для проверки этого предположения образцы подвергались обработке в селективном травителе для выявления выходов дислокаций на поверхность и исследовалось распределение магния по поверхности образца. Оказалось, что области, обогащенные магнием, совпадают с ямками травления, но при этом часть ямок травления оставалась свободной от магния.

Таким образом, магний локализуется в областях дислокационных включений, а его проникновение в глубь образца может быть обусловлено быстрой диффузией по объему (например, по междоузельному механизму) с последующим де-

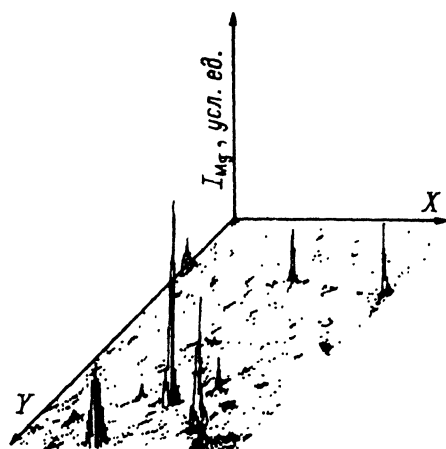


Рис. 2. Интенсивность выхода вторичных ионов магния по поверхности $S \approx 1$ $мм^2$.

корированием дислокаций. В зависимости от характера дислокационных включений они могут декорироваться, а могут не декорироваться магнием.

При этом нельзя исключить проникновения магния в глубь образца по дислокациям, причем именно по тем, которые имеют выход в легированную ионами приповерхностную область. Тогда дислокационные включения, не имевшие выхода на поверхность, должны оставаться свободными от магния, что и наблюдается в эксперименте.

Вблизи поверхности примесные профили, полученные в результате отжига в интервале температур 400—500 °С, характеризуются стягиванием примеси из района R_p — среднего проецированного пробега ионов к поверхности — с образованием плато и поверхностного максимума. По-видимому, это связано с декорированием магнием структурных дефектов в приповерхностной области и в области максимальных потерь энергии внедряемых ионов на ядерные столкновения. Связываясь в этих областях в примесно-дефектные комплексы, магний уходит из диффузионного потока, что и приводит к эффекту «восходящей» диффузии. Стягивание магния к поверхности наблюдалось и при импульсном отжиге легированных ионами образцов InAs [4].

Таким образом, оказывается, что магний в InAs при постимплантационном отжиге скапливается в областях, содержащих структурные нарушения (дислокации, радиационные дефекты, поверхность). Вполне возможно, что в этих областях он связывается в примесно-дефектные комплексы и не проявляет акцепторных свойств. По-видимому, это обстоятельство наряду с донорными свойствами радиационных дефектов в InAs [2] определяет трудности для применения легирования арсенида индия ионами магния для создания p -областей.

В заключение авторы выражают благодарность Г. А. Качурину за обсуждение результатов, В. А. Гадкову, Н. А. Валишевой, В. Г. Серяпину и Г. С. Хрящеву за помощь при проведении работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] E. Schillmann. Naturforsch., 11a, 472 (1956).
- [2] И. П. Акимченко, Е. Г. Паншина, О. В. Тихонова, Е. А. Фример. ФТП, 13, 2210 (1979).
- [3] X. Риссел, И. Руте. Ионная имплантация, 360., М. (1983).
- [4] S. J. Pearton, A. R. von Neida, J. M. Brown, K. T. Short, L. J. Oster. J. Appl. Phys., 64, 629 (1988).

Редактор В. В. Чалдышев

ФТП, том 26, вып. 9, 1992

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ФОТОАКУСТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СТЕКЛООБРАЗНОМ СЕЛЕНИДЕ МЫШЬЯКА

В. В. Рыков, А. В. Харионовский, О. Ф. Вывенко

Политехнический институт, 610023, Вятка, Россия
(Получено 22.02.1991. Принято к печати 2.04.1992)

Фотоакустические (ФА) методы исследования вызывают определенный интерес для изучения разнообразных характеристик (оптических, тепловых, электронных) полупроводников [1–4]. Соответственно развиваются и физические исследования самого фотоакустического эффекта, лежащего в основе этих групп методов [5–9]. Для измерения фотоакустического отклика в основном использу-