

## Распределение профилей радиационных дефектов при ионной имплантации варизонных структур КРТ, выращенных методом молекулярно-лучевой эпитаксии

А. В. Войцеховский, А. П. Коханенко, А. Г. Коротаев, Д. В. Григорьев  
Сибирский физико-технический институт при ТГУ, г. Томск, Россия

В. С. Варавин, С. А. Дворецкий, Ю. Г. Сидоров, Н. Х. Талипов  
Институт физики полупроводников СО РАН, г. Новосибирск, Россия

*Проведены исследования дозовых зависимостей распределения концентрации электронов при ионной имплантации ГЭС КРТ МЛЭ. Наблюдается хорошее качественное совпадение первых результатов по ионной имплантации в эпитаксиальных пленках и в объемном материале КРТ, но есть и количественные различия в получении максимальных значений дозовой зависимости концентрации электронов.*

Облучение высокоэнергетическими ионами широко используется при создании многоэлементных фоточувствительных матриц ИК-диапазона на основе гетероэпитаксиальных структур КРТ, выращенных методом молекулярно-лучевой эпитаксии (ГЭС КРТ МЛЭ). Для исследования особенности процессов радиационного дефектообразования при ионной имплантации на ГЭС КРТ МЛЭ было проведено облучение исследуемых образцов ионами аргона и молекулярного азота в диапазоне доз  $10^{12}$ – $10^{15}$  см<sup>-2</sup>. Параметры облучения: энергия ионов  $E = 150$  кэВ, плотность тока ионов  $j = 0,01$ – $0,1$  А·см<sup>-2</sup>. Исследование распределения по глубине полупроводника концентраций электронов, обусловленных образованием при внедрении ионов радиационных дефектов, проводилось на гетероэпитаксиальных структурах КРТ, выращенных методом МЛЭ, с широкозонным слоем на поверхности с составом  $x = 0,30$ . Поверхностная концентрация электронов в облученной части  $N_s$ , являющаяся интегральной концентрацией электронов во всем имплантированном слое, определялась при 77 К методом Холла в предположении малого вклада в проводимость необлученной части. Распределение концентраций электронов по глубине полупроводника находилось из измерений поверхностной концентрации электронов при последовательном удалении слоев с поверхности методом анодного окисления и определения концентрации электронов в каждом удаленном слое [1].

На рис. 1 представлены дозовые зависимости слоевой концентрации носителей заряда в образцах КРТ после облучения ионами азота. В области малых доз облучения значение поверхностной концентрации электронов возрастает с увеличением дозы. Как видно из рис. 1, на-

сыщение зависимости слоевой концентрации носителей заряда от дозы для ГЭС КРТ МЛЭ наступает при дозе облучения  $10^{13}$  см<sup>-2</sup> и достигает значения концентрации  $4 \cdot 10^{13}$  см<sup>-2</sup>, что совпадает с дозой насыщения и величиной  $N_s$  для образцов КРТ, выращенных объемными методами. Насыщение зависимости  $N_s$  характерно для кристаллов КРТ и наблюдалось ранее при имплантации в них различных ионов при разных режимах воздействия [2].

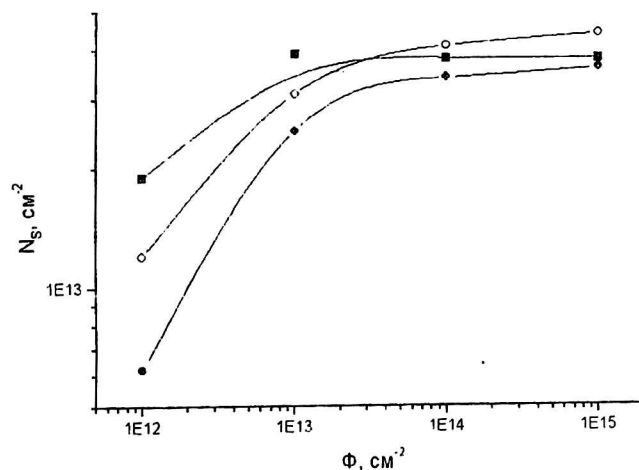


Рис. 1. Дозовые зависимости слоевой концентрации носителей заряда в образцах КРТ после облучения ионами  $N_2$ :

- объемный материал;
- ГЭС КРТ МЛЭ n-типа;
- ГЭС КРТ МЛЭ p-типа

Результаты измерения распределения объемной концентрации электронов по глубине после облучения ГЭС КРТ МЛЭ различными дозами ионов представлены на рис. 2–4. Профили пространственного распределения концентрации электронов по глубине после облучения эпитаксиальных пленок КРТ p- и n-типа проводимости

ионами аргона дозой  $10^{15} \text{ см}^{-2}$  представлены на рис. 2. Как видно, высокая концентрация электронов наблюдается в слое полупроводника толщиной, значительно превышающей длину среднего проецированного пробега ионов ( $R_p$ ). Так, для ионов аргона с энергией 150 кэВ величина  $R_p$  составляет 95 нм, в то время как максимум распределения электронов по глубине наблюдается при 400 нм. Кроме того, наблюдается значительный спад концентрации электронов вблизи поверхности. Необходимо отметить, что точно такое же распределение с максимумом при 400 нм наблюдалось при облучении ионами аргона образцов КРТ, выращенных объемными методами [2].

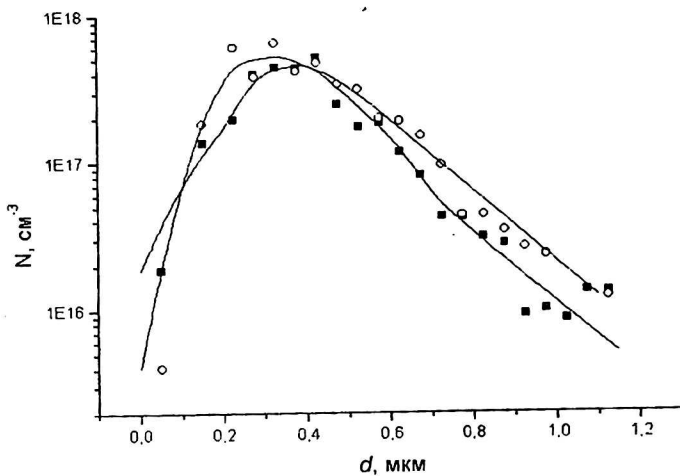


Рис. 2. Профили пространственного распределения концентрации электронов по глубине после облучения ионами Ar дозой  $10^{15} \text{ см}^{-2}$  эпитаксиальных пленок КРТ: ■ — n-типа проводимости; ○ — p-типа проводимости

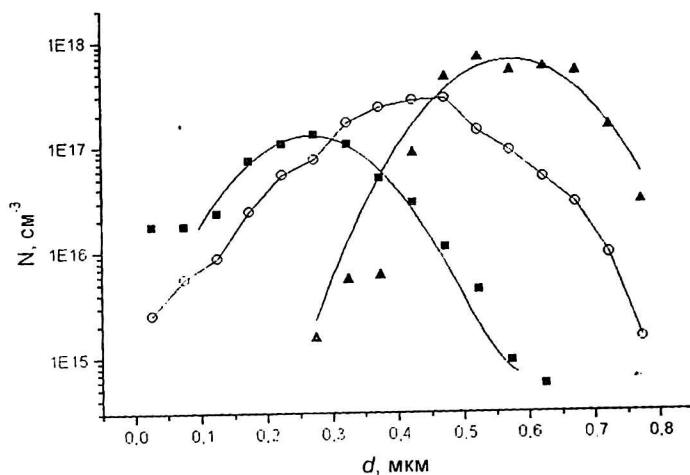


Рис. 3. Профили пространственного распределения концентрации электронов по глубине после облучения эпитаксиальных пленок КРТ n-типа проводимости ионами  $N_2$ . Доза облучения: ■ —  $10^{12} \text{ см}^{-2}$ ; ○ —  $10^{13} \text{ см}^{-2}$ ; ▲ —  $10^{15} \text{ см}^{-2}$

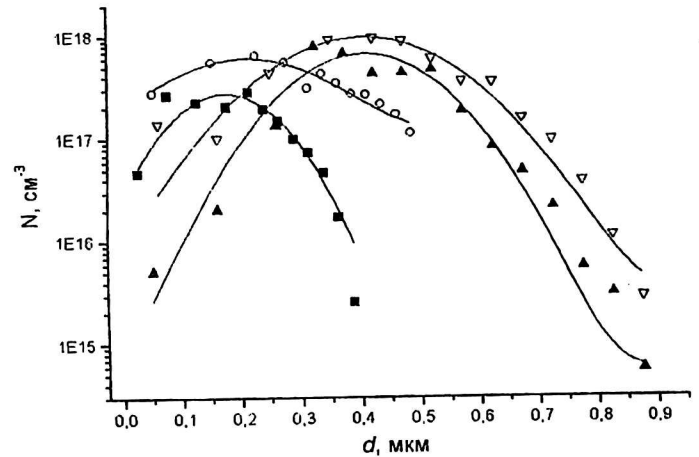


Рис. 4. Профили пространственного распределения концентрации электронов по глубине после облучения эпитаксиальных пленок КРТ p-типа проводимости ионами  $N_2$ . Доза облучения: ■ —  $10^{12} \text{ см}^{-2}$ ; ○ —  $10^{13} \text{ см}^{-2}$ ; ▲ —  $10^{14} \text{ см}^{-2}$ ; ▽ —  $10^{15} \text{ см}^{-2}$

Кинетика пространственного изменения распределения электрически активных радиационных дефектов от дозы облучения при облучении ионами азота представлена на рис. 3, 4. Видно, что с ростом дозы облучения происходит сдвиг максимума профиля распределения электрически активных дефектов вглубь ГЭС КРТ МЛЭ p- и n-типа проводимости. Кроме того, необходимо отметить, что локализация профилей распределения электрически активных дефектов происходит на глубинах, существенно больших, чем глубина пробега высокоэнергетических ионов ( $R_p$ ), что тоже является характерной картиной для ионной имплантации в КРТ. Однако концентрация электронов в максимуме распределения  $< 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , а при всех измерениях профилей распределения электронов по глубине при ионной имплантации образцов КРТ, выращенных объемными методами, она была  $> 10^{18} \text{ см}^{-3}$ .

Таким образом, наблюдается хорошее качественное совпадение первых результатов по ионной имплантации в ГЭС КРТ МЛЭ и в объемном материале КРТ, но есть различия в количественном плане — значений объемной концентрации электронов в максимумах профилей распределения концентрации электронов по образцу. Первые предварительные результаты позволяют сделать предположение о влиянии широкозонного варизонного слоя на поверхности эпитаксиальной пленки КРТ на механизмы радиационного дефектообразования в этих материалах.

#### Литература

1. Лиленко Ю. В., Куликаускас В. С., Шастов К. В. и др. // Поверхность. 1988. № 7. С. 142–144.
2. Войцеховский А. В., Коротаев А. Г., Коханенко А. П. // Изв. вузов. Сер. Физика. 1998. № 1. С. 101–111.

## Radiation defects distribution after ion implantation in MCT structures, grown by a MBE

A. V. Voitsekhovskiy, A. P. Kokhanenko, A. G. Korotaev, D. V. Grigor'ev  
Siberian Physiko-Technical Institute, Tomsk, Russia

V. S. Varavin, S. A. Dvoretzky, Yu. G. Sidorov, N. Kh. Talipov  
Institute of Semiconductor Physics, Novosibirsk, Russia

*In this work the investigations of dose dependences of electrically active defects spatial distribution in MCT epilayers after ion implantation are made. The saturation of dose dependence of layering carrier concentration occurs at a dose of an irradiation  $10^{13} \text{ cm}^{-2}$  and reaches value of concentration  $N_s \sim 4 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ , that the same for volume material. However, it is found, that an electron concentration in a distribution maximum less than  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , but for all ion implantation experiment it was more than  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .*