

Оптимизация структуры лавинно-пролетного диода, полученной методом газофазной эпитаксии кремния при пониженном давлении в реакторе

К.А. Халимова, А. С. Дубкова, И.В. Тарасов, Н.Д. Ильюшина

АО «НПП «Исток» им. Шокина» г. Фрязино

Аннотация: в данной работе была оптимизирована структура для лавинно-пролетного диода методом газофазной эпитаксии кремния при пониженном давлении в реакторе.

Ключевые слова: эпитаксия, лавинно-пролетный диод, сегрегация

1. Введение

В настоящее время для специалистов (инженеров, технологов) электронной промышленности первостепенной задачей является создание и оптимизация сверхтонких эпитаксиальных структур в СВЧ электронике и наноэлектронике. Решение ряда проблем позволяет расширить область применения структур с улучшенными электрофизическими параметрами. Для источников сигналов и усилителей коротковолновой части мм-диапазона в различных радарных, коммуникационных и радиометрических системах требуется создание малогабаритных генераторов. В частности, для этого необходимы кремниевые лавинно-пролетные диоды (ЛПД), работающие в миллиметровом диапазоне длин волн до 200 ГГц с уменьшенной толщиной n - и p - областей порядка 0,08 мкм и значительным уровнем легирования $\sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Создание многослойных высоколегированных кремниевых структур возможно путем применения низкотемпературного процесса газофазной эпитаксии при пониженном давлении в реакторе. Применяя этот метод наращивания можно снизить температуру роста эпитаксиальных слоёв кремния до 850 – 950°C, что позволяет получать более резкие переходы между областями. Большое влияние на формирование профиля легирования при низких температурах оказывает эффект приповерхностной сегрегации примеси [1,2], который приводит на начальной стадии роста к появлению провала в профиле легирования при наращивании сильнолегированного слоя на слаболегированный слой и медленному спаду уровня легирования при наращивании слаболегированного слоя на сильнолегированный слой (подложку). Это затрудняет получение структур с резкими переходами между слоями разного типа проводимости или с разным уровнем концентрации носителей заряда.

2. Подготовка образцов и экспериментальные результаты

Для снижения нежелательного проявления эффекта сегрегации применялись технологические приемы, такие как двухтемпературное зарождение и покрытие обратной стороны подложки. Для легирования слоев использовались газовые смеси фосфина и арсина при наращивании n -областей, диборана- p -областей. Для оценки эффективности технологии эпитаксиального наращивания и качества полученных структур использовался комплекс средств измерения;

1. Четырехзондовый метод измерения поверхностного сопротивления;
2. Метод вольт-фарадных измерений;
3. Расчет профиля легирования по формуле.

На рисунке 1 представлены профили легирования полученных эпитаксиальных структур $p^{++}pp^{+}pnn^{+}nn^{++}$.

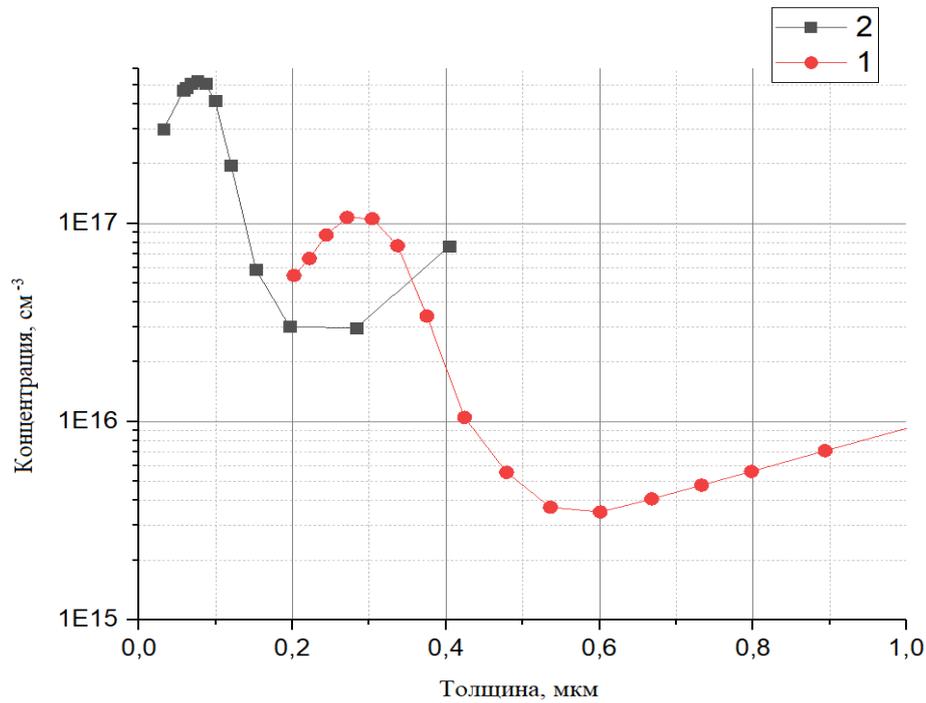


Рисунок 1. Профили легирования структур, полученной ранее (1), и после оптимизации параметров процесса (2)

3. Заключение

Сравнивая ранее проведенные исследования, представленные в работе [3], можно сделать вывод о том, что новые параметры роста многослойной эпитаксиальной структуры позволяют получать более тонкие высоколегированные слои для СВЧ диодов.

Полученные образцы были переданы для дальнейших исследований работы лавинно-пролетного диода.

Список литературы

1. В.В. Никулов, В.Н. Рябов Сегрегационная модель автолегирования кремния в эпитаксиальном слое. Электронная техника. Серия 1. СВЧ-электроника. Вып. 10 (414). – 1988. – С. 53-54.
2. Ю.Ю. Эрвье О накоплении примеси в адсорбционном слое в процессе легирования при молекулярно-лучевой эпитаксии. Материалы электронной техники. – 2013. №2. – С. 4-10.
3. Дубкова, А.С. Эпитаксиальные структуры кремния для СВЧ приборов / А.С. Дубкова, В.Н. Рябов, И.В. Тарасов, Н.Б. Хахин // Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника; №2 (553). 2022; С. 58 – 63.