

Особенности формирования низколегированных слоев кремния на сильнолегированных подложках

А.С. Дубкова^{1,2}, В.Н. Рябов¹, И.В. Тарасов¹, Д.В. Пухов¹, В.Б. Кольцов²

¹ АО «НПП «Исток» им. Шокина»

² НИУ «Московский институт электронной техники»

Аннотация: в работе рассмотрен процесс автолегирования эпитаксиальных слоев кремния при наращивании низколегированного слоя на сильнолегированную подложку. Исследования доказывают эффективность применения технологических приемов подавления нежелательного проявления эффекта автолегирования.

Ключевые слова: кремний, эпитаксия из газовой фазы, автолегирование.

1. Введение

В современной микроэлектронике существует необходимость создания кремниевых СВЧ диодов высокой мощности. Поскольку диоды должны иметь высокую рабочую частоту, то возникает необходимость получения структур с тонкими слоями и резкими переходами между ними, в то же время слои должны быть бездефектными. Перспективным методом решения такой задачи является применение газофазной эпитаксии путем пиролиза моносилана при пониженной температуре. Пониженная температура процесса эпитаксии достигается путем снижения давления в реакторе до 10 – 20 кПа, что приводит к подавлению газофазных реакций, снижению сорбции атомов водорода, кислорода, галогенов и других посторонних атомов на поверхности роста.

Существенную роль в процессе легирования эпитаксиальных слоев кремния, осаждаемых на сильнолегированных подложках, играет процесс автолегирования, приводящий к загрязнению слоя примесями, поступающими из подложки, и увеличению толщины переходной области на границе подложка – эпитаксиальный слой. Существуют три основных механизма автолегирования: твердофазная диффузия примесей из подложки; перенос примесей с обратной стороны подложки к растущему слою через газовую фазу и перенос от наружной поверхности подложки (или пленки) в газовую фазу с последующим попаданием примеси в растущий слой. В двух последних случаях автолегирование происходит в результате трех последовательных процессов: травления подложки, смешения продуктов травления с газовой фазой и последующего роста из газовой фазы.

Для уменьшения автолегирования рекомендуется покрытие обратной стороны подложки слоем монокристаллического кремния, поликристаллического кремния или оксидом. Влияние температуры на процесс автолегирования неоднозначен из-за конкуренции процессов адсорбции и десорбции примесей на поверхности и отличается для примесей различных типов проводимости [1]. Таким образом, в работе было рассмотрено влияние высокотемпературного зарождения на концентрацию примеси в эпитаксиальном слое.

2. Методика эксперимента и результаты

Методы подавления процесса автолегирования применяются для создания эпитаксиальных слоев с низкой концентрацией порядка 10^{13} - 10^{14} см⁻³. Выращивание слаболегированных слоев на сильно легированных подложках имеет свои

особенности, так как проявляется не только эффект автолегирования, но и поверхностной сегрегации. Для снижения нежелательного проявления эффекта автолегирования разработаны различные технологические приемы: двухтемпературное зарождение и покрытие обратной стороны подложки.

Методы борьбы с проявлением эффекта автолегирования используются нами для создания кремниевых p^{++} -структур. Активный i -слой формируется методом газофазной эпитаксии путем пиролиза моносилана при пониженном давлении на сильнолегированной мышьяком подложке. В обычном режиме процесс роста сопровождается подлегированием i -слоя примесями, выходящими из подложки. В более ранних работах [2] было выяснено, что минимальный уровень автолегирования в i -слое достигается при одновременном использовании защиты обратной стороны подложки и двухтемпературного режима осаждения i -слоя, что хорошо иллюстрируется рисунком 1.

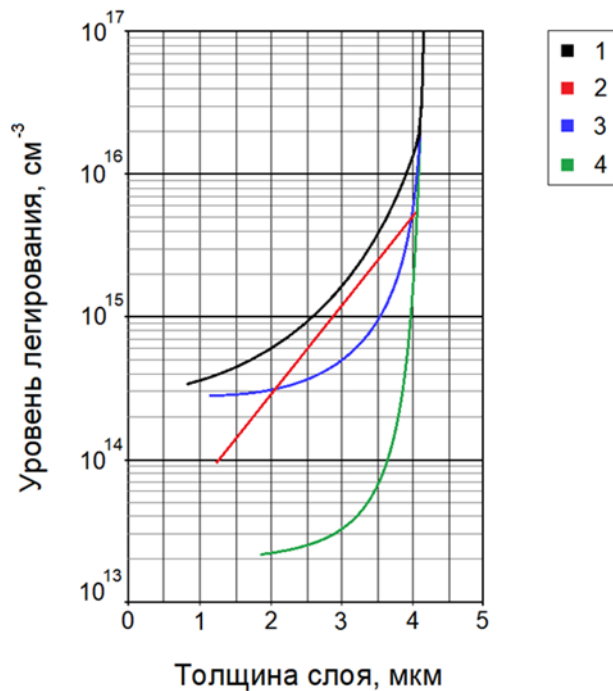


Рисунок 1. Профили легирования p^{++} -структур: 1 – в обычном режиме роста; 2 – в режиме роста с защитой обратной стороны подложки нелегированным кремнием; 3 – в двухтемпературном режиме роста; 4 – в двухтемпературном режиме с защитой обратной стороны подложки.

Слой с низким уровнем легирования выращиваются не только в структурах для p^{++} -диодов, но и некоторых номиналов диодов Шоттки. Нами было проведено исследование влияния температуры начального зарождения на уровень легирования эпитаксиального слоя с низким заданным значением концентрации примеси. В результате работы было установлено, что уровень легирования начального участка эпитаксиального слоя имеет линейную зависимость от температуры начального зарождения в диапазоне температур от 950 до 1100 $^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2).

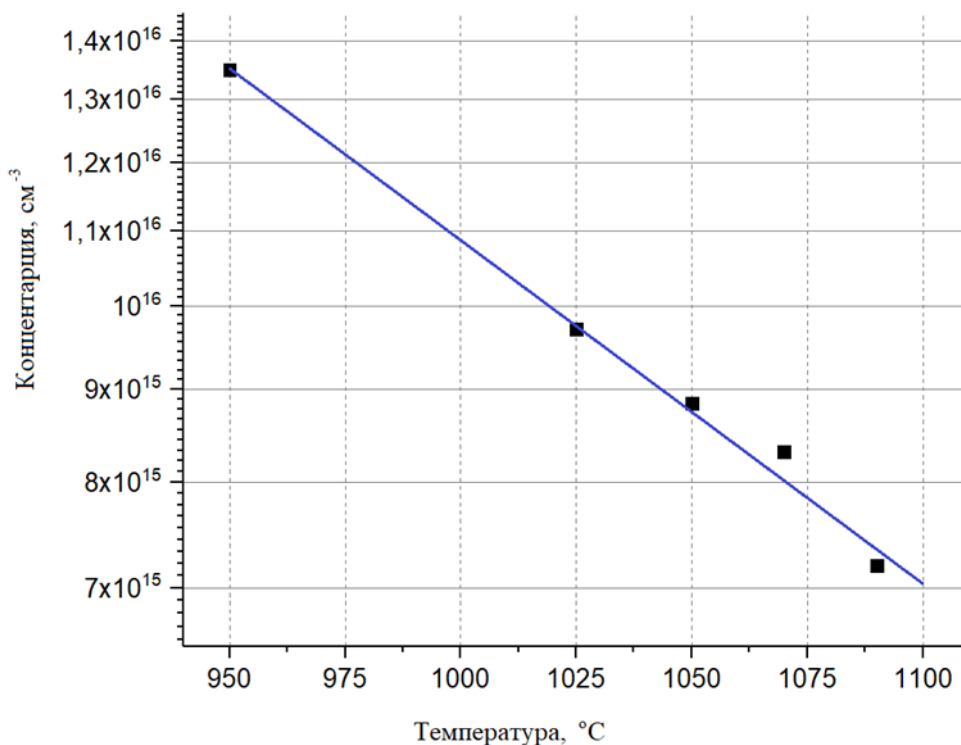


Рисунок 2. График зависимости концентрации примеси эпитаксиального слоя от начальной температуры роста слоя

Таким образом, из полученных данных, определена оптимальная температура начала роста эпитаксиального слоя, что используется в процессе формирования структур с резкими переходами на границе между сильнолегированной подложкой и эпитаксиальным слоем с низкой концентрацией примеси.

3. Заключение

Для изготовления кремниевых СВЧ диодов необходимы эпитаксиальные структуры с резкими переходами между слоями. Получение таких структур возможно эпитаксией кремния из газовой фазы путем пиролиза моносилана при пониженном давлении и температуре. При этом необходимо учитывать влияние эффектов, происходящих в приповерхностной области и использовать разработанные технологические приемы для борьбы с ними.

Список литературы

1. Бахрушин В.Е. Получение и физические свойства слаболегированных слоев многослойных композиций/ Запорожье. ГУ "ЗИГМУ". – 2001. – С. 116-119.
2. Хахин Н.Б., Никулов В.В., Ефанов Н.Н. Выращивание кремниевых р-і-п структур в низкотемпературном процессе эпитаксии при пониженном давлении/ Электронная техника, сер. Электроника СВЧ, 4(408). - 1988. – С. 67-69.