

Твердофазный тримминг при формировании структур кремниевой микроэлектроникиВ.А.Четвериков^{1,2}, А.Г.Итальянцев², Г.В.Баранов^{1,2}¹Московский физико-технический институт (Государственный университет)²Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники»

Формирование минимальных топологических размеров полупроводниковых структур является одной из основных задач микроэлектроники [1]. Для ее решения, помимо совершенствования оборудования и методов литографии, разрабатываются методы, направленные на получение структур с топологическими размерами меньшими фотолитографического предела. Одним из таких методов является тримминг – технологическая операция «удаления» материала с поверхности заранее сформированных структур. Несмотря на то, что тримминг не позволяет увеличить плотность упаковки элементов на кристалле, так как не меняет шаг их упаковки в топологии ИС, его применение крайне важно, например, с точки зрения частотных свойств, а также формирования объемных структур. Наиболее распространённый вид тримминга - плазмохимическое травление (ПХТ) фоторезистивной маски или маскирующей многослойной системы в целом или, так называемый, ПХТ тримминг.

В данной работе рассмотрены технологические преимущества и недостатки, а также физические основы и возможные полезные сопутствующие эффекты, возникающие при другом виде тримминга, основанного на проведении твердофазных реакций (ТФР) на поверхности триммингуемых структур.

Рассмотрены несколько физико-технологических вопросов ТФР тримминга. С технологической точки зрения, изучены наиболее подходящие виды ТФР, протекающие в газофазной среде и в исходно твердофазных структурах типа Si-металл. Реакции анализировались с позиций технологичности применения металлических пленок в кремниевой технологии, с точки зрения температуры протекания ТФР, анализа пропорций роста силицидов внутрь полупроводникового кристалла, а также с позиций генерации неравновесных вакансий и собственных атомов Si в междоузлиях, сопровождающей любую ТФР. На примере термического окисления кремния, рассмотрены характеристики тримминга при ТФР в газовой среде.

На основе обобщенной теории ТФР и сопутствующих им процессов [2] выполнены теоретические расчеты коэффициента пропорций роста для следующих структур Si-Co, Si-Ni, Si-V, Si-Ti, Si-O₂, Si-N₂. Показано, что данный коэффициент принимает значения в диапазоне значений 0.3—0.6. Температура образования пленок конечной фазы в системах с полифазной диаграммой состояния лежит в диапазоне 300 – 1400°C. Для систем Si-Co, Si-Ti, Si-V, как наиболее подходящих для технологического маршрута FinFET, проведены теоретические оценки предельных пересыщений формируемого в зоне ТФР неравновесного раствора вакансий кремниевой решетки. В результате расчетов подтверждены данные [3,4] о высоких значениях пересыщений, достигающих тысячекратных превышений термодинамически равновесных концентраций вакансий.

Известно, что механизм диффузии большинства легирующих примесных атомов в Si носит комплексный характер, и скорость диффузии непосредственно связана с состоянием подсистемы собственных дефектов. В связи с этим, в работе сделано предположение о возможности не только управления скоростью низкотемпературной диффузии примесей при температурах формирования CoSi₂ и TiSi (не более 600°C), но и направлением диффузионного потока с целью формирования низкоомных областей вне зоны доступа для ионной имплантации.

На рис.1. представлен результат тримминга кремниевой структуры в виде предварительно сформированной методами ПХТ гребенки Fin толщиной 90 нм с шагом 90 нм.

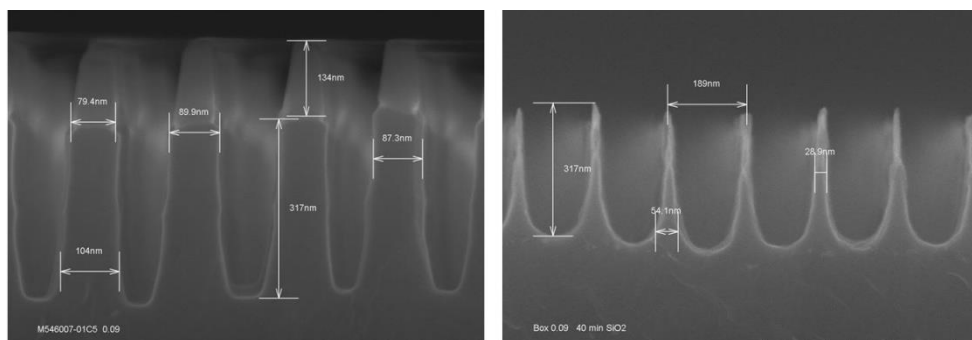


Рис. 1. РЭМ изображение поперечного сечения Si структуры с линейкой Fin структур до и после ТФР тримминга с помощью термического окисления. Толщина Fin за счет тримминга уменьшена с 90 нм до 30 нм.

Литература:

1. *Красников Г.Я.* Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. – М.: Техносфера, 2011. 800 с.
2. *Italyantsev A.G.* Solid-phase reaction on silicon surface. Accompanying processes // *J. Appl. Phys.*, 1996, v. 79 (5), p.2369-2375
3. *Honeycutt J.W., Rozgongi G.A.* Enhanced diffusion of Sb-doped layers during Co and Ti reaction with Si // *Appl. Phys. Lett.*, 1991, v.58(12), p.1302-1304.
4. *Italyantsev A.G., Kuznetsov A.Yu.* Vacancy flux enhanced diffusion of Sb in n^+ -n-Me structures during surface silicides formation: new experimental data and quantitative model // *MRS Spring Meeting*, 1992, p.91.