

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИЭТИЛГАЛЛИЯ ДЛЯ ЛЕГИРОВАНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ КРЕМНИЯ

© *Н.А.Самойлов, С.В.Шутов*

Для получения эпитаксиальных слоев кремния *p*-типа проводимости методом газофазной эпитаксии в качестве легирующей примеси традиционно используется одно из летучих соединений бора. Однако внедрение бора, тетраэдрический радиус которого составляет 0.88 \AA (тетраэдрический радиус кремния — 1.17 \AA), в кристаллическую решетку кремния приводит к возникновению в ней механических напряжений, ухудшающих структурное совершенство эпитаксиальных слоев. В этой связи использование галлия (тетраэдрический радиус — 1.26 \AA) для легирования кремния выглядит более предпочтительным.

В качестве источника галлия был выбран триэтилгаллий $((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Ga})$. Эпитаксиальное выращивание кремниевых слоев производилось гидридным методом (с использованием моносилана (SiH_4) в качестве кремнийсодержащего реагента) на установке "Слой-202". Подложками служили пластины кремния КЭС-0.01 ориентации (111). Технологический регламент получения эпитаксиальных слоев включал в себя следующие основные этапы: нанесение высокоомного поликристаллического кремния на пьедестал; предэпитаксиальное травление подложек в хлористом водороде с формированием "сэндвич-слоя" при темпе-

| № партии | Температура $(C_2H_5)_3Ga$, °C | Расход водорода, л/ч | Среднее значение удельного сопротивления, Ом·см | Плотность дислокаций, см ⁻² | Разброс удельного сопротивления, % |
|----------|---------------------------------|----------------------|---|--|------------------------------------|
| 1276 | -10.0 | 9.0 | 2.15 | $3 \cdot 10^2$ | 13.0 |
| 1277 | -11.5 | 3.0 | 2.5 | $4 \cdot 10^2$ | 13.1 |
| 1280 | -10.5 | 2.5 | 3.4 | $4 \cdot 10^2$ | 14.0 |
| 1281 | -10.5 | 4.0 | 4.5 | $1 \cdot 10^3$ | 13.2 |
| 1282 | -10.5 | 7.0 | 2.5 | $4 \cdot 10^2$ | 12.1 |
| 1283 | -10.5 | 9.0 | 1.4 | $5 \cdot 10^2$ | 12.8 |
| 1284 | -10.5 | 12.0 | 0.7 | $4 \cdot 10^2$ | 11.0 |
| 1285 | -10.5 | 16.0 | 0.3 | $7 \cdot 10^2$ | 13.0 |
| 1286 | -10.5 | 18.0 | 0.1 | $8 \cdot 10^2$ | 14.3 |
| 1287 | - 8.0 | 9.0 | 1.0 | $4 \cdot 10^2$ | 12.0 |
| 1288 | - 6.0 | 4.0 | 1.3 | $6 \cdot 10^2$ | 12.5 |

ратуре 1200°C [1]; выращивание эпитаксиального слоя при температуре 1050°C. Испаритель с триэтилгаллием располагался в микрохолодильнике с пределами регулирования -30—0°C. Толщина эпитаксиальных слоев определялась на установке "Specord-M82", удельное сопротивление определялось вольт-фарадным методом с применением ртутного зонда на установке Е7-12, структурные дефекты выявлялись в травителе Сиртла.

Толщины полученных по описанному технологическому регламенту эпитаксиальных слоев составляли 9—9.5 мкм. Неравномерность толщин эпитаксиальных слоев по пластине не превышала 10%, разброс толщин эпитаксиальных слоев между пластинами из одной партии также составил 10%. При контроле слоев на структурное совершенство дефекты упаковки выявлены не были. Результаты измерений удельного сопротивления и плотности дислокаций для эпитаксиальных слоев, полученных при различных технологических параметрах, но неизменной температуре эпитаксии (1050°C), приведены в таблице. Использование триэтилгаллия позволяет управлять процессом легирования как за счет изменения потока водорода через испаритель с металлоорганическим соединением, так и путем варьирования давлением паров $(C_2H_5)_3Ga$ (за счет изменения температуры микрохолодильника с испарителем). Кроме того, при использовании металлоорганических соединений легирование

осуществляется при более низких концентрациях примесного компонента в парогазовой смеси реактора, чем, например, при использовании диборана (B_2H_6). Это обстоятельство позволяет формировать заданный концентрационный профиль распределения легирующей примеси в процессе кристаллизации эпитаксиального слоя [2].

Таким образом, при использовании триэтилгаллия для легирования эпитаксиальных слоев кремния разработан технологический регламент получения однородных по толщине и удельному сопротивлению слоев. Для снижения плотности дислокаций в эпитаксиальных слоях и выяснения механизмов процессов легирования необходимы дополнительные исследования.

Список литературы

- [1] *Самойлов Н.А., Пятак И.Л.* // Электронная техника. Сер. Материалы. 1992. В. 2(149)–3(150). С. 63–64.
- [2] *Самойлов Н.А., Шутков С.В.* // Петербургский журнал электроники. 1995. В. 1. С. 32–34.

Херсонский
индустриальный институт

Поступило в Редакцию
22 июля 1996 г.