

05;06.2

Влияние кислородных преципитатов на рекомбинационные характеристики кремния

© С.В. Булярский, А.С. Амброзевич, В.В. Светухин,
Т.А. Джабраилов

Ульяновский государственный университет

Поступило в Редакцию 12 октября 2000 г.

Исследуются рекомбинационные характеристики кремния с кислородными преципитатами. Показано, что отжиг при 950°C может привести к улучшению обратных вольт-амперных характеристик.

Одной из современных технологий микроэлектроники является внутреннее геттерирование [1,2]. Суть данной технологии в следующем: пластины кремния, выращенные по методу Чохральского, отжигают при высоких температурах. Отжиг приводит к образованию кислородных преципитатов, одновременно с которыми происходит образование дислокационных петель. Дислокационные петли создают вокруг себя упругие напряжения и являются эффективным стоком для таких технологических примесей, как Fe, Mn, Cu, сильно влияющих на такую важную характеристику, как время жизни носителей.

В данной работе исследовалось влияние кислородных преципитатов на рекомбинационные характеристики кремния.

Исследовались пластины кремния ($KЭФ-8 \Omega \cdot \text{cm}$), выращенные по методу Чохральского с начальным содержанием кислорода $1.4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Концентрация междузельного кислорода определялась оптическим методом по ИК-поглощению на 1106 cm^{-1} .

Для исследования влияния кислородных преципитатов на рекомбинационные характеристики кремния был проведен отжиг при $T = 950^{\circ}\text{C}$ с различными временами до 30 h. В результате такой термообработки в пластине кремния происходит преципитация кислорода, которую можно контролировать по уменьшению концентрации междузельного кислорода, уходящего в преципитаты.

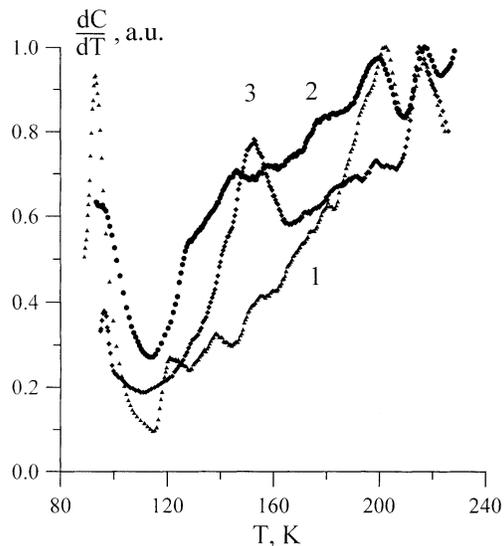


Рис. 1. Спектры ТСЕ: 1 — до отжига, 2 — 5 h отжига, 3 — 10 h отжига.

Из пластин, прошедших термообработку с различным временем отжига, а также из исходного образца были изготовлены диоды Шоттки. Полученные диоды были исследованы методом термостимулированной емкостной спектроскопии (ТСЕ).

Эксперимент по ТСЕ проводился следующим образом: образцу прикладывалось прямое смещение 0.5 V, и образец охлаждался в жидком азоте до 77 K. Потом к образцу прикладывалось обратное смещение 3 V и он нагревался с постоянной скоростью до комнатной температуры. Полученные экспериментальные данные обрабатывались по методике, описанной в [3], и приведены на рис. 1. Были определены энергии активации, концентрации и сечения захвата выявленных глубоких центров. Эти параметры приведены в таблице. В исходном (не отожженном) кремнии можно идентифицировать комплексы вакансия–кислород ($E_C - 0.18$ eV) и вакансия–фосфор ($E_C - 0.44$ eV). В ходе отжига наблюдается уменьшение концентрации комплексов вакансия–кислород. Это может быть связано с тем, что данные комплексы участвуют в процессе преципита-

Параметры глубоких центров в кремнии до и после отжига в течение 15h при 950°C

T_m , К	E_t , eV	C , $\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}$	N_t , cm^{-3}
До отжига			
93	0.18	$1.5 \cdot 10^{-10}$	$9.5 \cdot 10^{14}$
121	0.21	$6.9 \cdot 10^{-12}$	$5.6 \cdot 10^{14}$
137	0.23	$2.5 \cdot 10^{-12}$	$1.1 \cdot 10^{15}$
153	0.25	$1.1 \cdot 10^{-12}$	$1.9 \cdot 10^{15}$
178	0.30	$1.4 \cdot 10^{-12}$	$3.3 \cdot 10^{15}$
199	0.40	$5.6 \cdot 10^{-11}$	$4.5 \cdot 10^{15}$
217	0.44	$5.6 \cdot 10^{-11}$	$6.5 \cdot 10^{15}$
После отжига			
96	0.18	$6.7 \cdot 10^{-11}$	$5.1 \cdot 10^{14}$
153	0.19	$9.0 \cdot 10^{-15}$	$5.2 \cdot 10^{15}$
173	0.30	$2.8 \cdot 10^{-12}$	$2.4 \cdot 10^{15}$
196	0.40	$8.4 \cdot 10^{-11}$	$4.4 \cdot 10^{15}$
216	0.55	$2.9 \cdot 10^{-9}$	$4.6 \cdot 10^{14}$

ции. При отжиге происходит исчезновение комплекса вакансия–фосфор. Возможно, этот комплекс разрушается или трансформируется в другой комплекс. После отжига появляется глубокий центр, лежащий вблизи середины запрещенной зоны: $E_t = 0.55$ eV. Возможно, этот центр связан с кислородными преципитатами, что подтверждает высокое значение коэффициента захвата.

На рис. 2 приведено сравнение обратных вольт-амперных характеристик для исследуемых образцов. В образцах, прошедших высокотемпературную обработку, наблюдается уменьшение обратного тока насыщения. Данный результат связан с уменьшением концентрации глубоких уровней, влияющих на рекомбинационные характеристики кремния.

Нами были исследованы также обратные вольт-амперные характеристики диодов, прошедших предварительную термообработку при 1100°C. В этом случае наблюдается увеличение обратного тока насыщения. При таком отжиге происходит ухудшение обратных вольт-амперных характеристик. Данный результат, возможно, связан с тем, что отжиг при

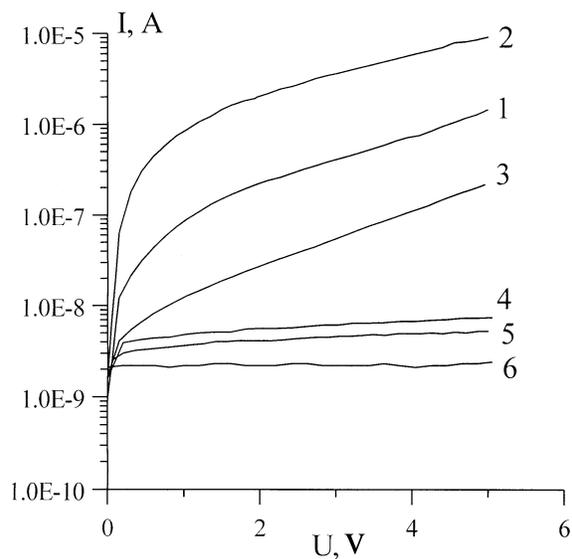


Рис. 2. Обратные вольт-амперные характеристики диодов Шоттки до и после отжига; 1 — до отжига. Время отжига, h: 2 — 5, 3 — 10, 4 — 15, 5 — 20, 6 — 30.

1100°C приводит к образованию дефектов упаковки в объеме кристалла, которые можно наблюдать в микроскоп после обработки скола пластины в селективном травителе Сиртгла. После отжига при 950°C дефекты упаковки не образуются.

Список литературы

- [1] *Graven R.A.* // Materials Research Society Symp. Proc. 1985. V. 36. P. 159–172.
- [2] *Borghesi A., Pivac B., Sassella A.* et al. // J. Appl. Phys. 1995. V. 77. P. 4169–4310.
- [3] *Булярский С.В., Грушко Н.С.* Генерационно-рекомбинационные процессы в активных элементах. М: Изд-во МГУ, 1995. 399 с.