

## Влияние марганца на радиационную деградацию электрических и рекомбинационных параметров монокристалла кремния

© Ф.М. Талипов

Ташкентский государственный университет,  
700095 Ташкент, Узбекистан

(Получена 12 мая 1996 г. Принята к печати 7 июня 1996 г.)

Изучено влияние легирования марганцем в процессе выращивания на деградацию электрических и рекомбинационных параметров монокристалла кремния при  $\gamma$ -облучении. Показано, что независимо от способа легирования наличие марганца приводит к уменьшению скорости накопления радиационных дефектов. Это объясняется образованием комплексов марганца, играющих роль центров непрямого аннигиляции радиационных дефектов.

Одним из путей влияния на радиационную деградацию электрических и рекомбинационных параметров монокристалла кремния является легирование его некоторыми примесями, в частности марганцем, методом высокотемпературной диффузии [1,2]. Однако легирование марганцем можно осуществить и в процессе выращивания монокристалла кремния.

Цель данной работы — изучение влияния легирования марганцем в процессе выращивания на деградацию электрических и рекомбинационных параметров монокристалла кремния при  $\gamma$ -облучении.

Для исследований использовались монокристаллы кремния, легированные высокочистым марганцем, выращенные на установке типа "Редмет" методом Чохральского в протоке инертного газа. При этом использовались кварцевые тигли диаметром 65 мм с загрузкой исходного кремния-сырца в количестве 200 г. Общая концентрация марганца, определенная методом нейтронно-активационного анализа, составляла  $10^{15} \div 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Полученный кремний, легированный марганцем, был  $n$ -типа проводимости с удельным сопротивлением  $\rho = 15 \div 20 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  и временем жизни неосновных носителей заряда  $\tau = 9 \div 15 \text{ мкс}$ . Изменение электрических параметров контролировалось по измерениям эффекта Холла. Время жизни неосновных носителей заряда определялось из исследований переходных процессов при прохождении через полупроводниковые структуры синусоидального сигнала большой амплитуды [3]. Перед каждым измерением образцы травились в СР-4. Облучение образцов производилось на установке "Исследователь" с мощностью дозы  $2 \cdot 10^6 \text{ Р} \cdot \text{ч}^{-1}$  от источника  $^{60}\text{Co}$ .

В таблице представлены экспериментальные результаты влияния облучения  $\gamma$ -квантами дозой  $2 \cdot 10^9 \text{ Р}$  монокристаллов кремния, легированного и не легированного марганцем. Из сопоставления экспериментальных данных, приведенных в таблице, следует, что присутствие марганца значительно уменьшает деградацию электрических и рекомбинационных параметров кремния, т.е. уменьшает скорость накопления радиационных дефектов при  $\gamma$ -облучении.

Таким образом, полученные данные подтверждают результаты работы [2], где было показано, что при

Параметры образцов

Образцы	$\rho$ , Ом · см	$n$ , $10^{14} \text{ см}^{-3}$	$\mu$ , $\text{см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$	$\tau$ , мкс
До облучения				
Исходный	18.8	2.8	1180	$10 \div 17$
Si⟨Mn⟩-1	18.2	2.5	1367	$9 \div 15$
Si⟨Mn⟩-2	18.7	2.5	1338	
Si⟨Mn⟩-3	18.6	2.4	1394	
После облучения дозой $2 \cdot 10^9 \text{ Р}$				
Исходный	30.7	1.3	1527	$0.3 \div 0.7$
Si⟨Mn⟩-1	19.1	2.3	1398	$7 \div 12$
Si⟨Mn⟩-2	20.5	2.3	1325	
Si⟨Mn⟩-3	19.4	2.2	1337	

Примечание.  $n$  — концентрация носителей,  $\mu$  — подвижность.

диффузионном легировании образцов Si⟨Mn⟩ наличие марганца приводит к уменьшению скорости накопления радиационных дефектов. Поэтому можно сказать, что независимо от способа легирования (как диффузией, так и в процессе выращивания) наличие марганца в кремнии способствует существенному уменьшению деградации его электрических и рекомбинационных параметров, особенно это сказывается на времени жизни носителей заряда. Полученные результаты объясняются образованием атомами марганца комплексов, играющих, по-видимому, роль эффективных центров непрямого аннигиляции радиационных дефектов.

Автор благодарит Ю.А. Карпова за помощь в изготовлении образцов и М.К. Бахадырханова за полезные дискуссии.

### Список литературы

- [1] М.К. Бахадырханов, С. Зайнабидинов, А.Т. Тешабаев. ФТП, **11**, 285 (1977).
- [2] Ф.М. Талипов. ФТП, **24**, 1472 (1990).
- [3] С.М. Городецкий, М.А. Литовский. ФТП, **23**, 580 (1989).

Редактор Л.В. Шаронова

**The influence of manganese on radiation  
degradation of electrical and  
recombination parameters of a silicon  
single crystal**

F.M. Talipov

Tashkent State University,  
700095 Tashkent, Uzbekistan