

ВЛИЯНИЕ ЗНАКА УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

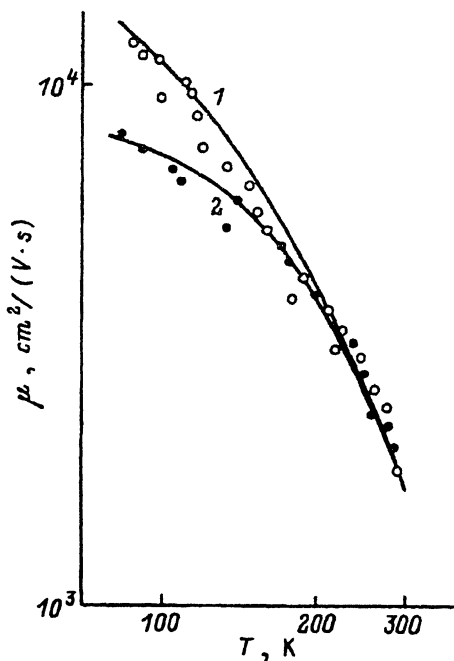
© В.С.Гарнык, И.Н.Белокурова

Институт металлургии им. А.А.Байкова Российской академии наук,
117911 Москва, Россия

(Получена 13 декабря 1994 г. Прията к печати 16 января 1996 г.)

Образцы, вырезанные из монокристаллического кремния, нагружали по схеме трехточечного изгиба и облучали быстрыми электронами с энергией 8 МэВ. Облученные образцы разрезали на две части — «растянутую» и «сжатую». В каждом из этих образцов исследовали температурные зависимости концентрации и холловской подвижности носителей заряда. Установлено, что в образце, нагруженном во время облучения на растяжение, при низких температурах подвижность электронов была ниже, чем в образце, нагруженном на сжатие. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что в той части образца, которая нагружалась на растяжение, при облучении образовывались нейтральные центры, способные рассеивать носители заряда, но не создающие локальных энергетических уровней в запрещенной зоне.

В настоящей работе исследованы образцы, вырезанные из монокристаллического кремния, которые при облучении быстрыми электронами нагружались по схеме трехточечного изгиба. При такой нагрузке в образце одновременно существуют области, подвергнутые растяжению и сжатию. Для проведения экспериментов использовался бездислокационный монокристаллический кремния n -типа проводимости, выращенный по методу Чохральского. Концентрация кислорода в исследованном слитке была выше 10^{17} см $^{-3}$; удельное сопротивление — 5 Ом · см. Образцы, предназначенные для исследования, имели форму параллелепипеда с ребрами $3 \times 4 \times 20$ мм 3 , ориентированными вдоль кристаллографических осей $[1\bar{1}2]$, $[\bar{1}10]$ и $[111]$ соответственно. Перед облучением образцы шлифовали на порошке М-12 и обрабатывали в полирующем травителе $\text{HF}:\text{HNO}_3 = 1:2$. Нагрузка прикладывалась вдоль кристаллографических плоскостей (111) и была около $(15-17)$ кг · мм $^{-2}$ ($(150-175)$ Н · м $^{-2}$). Приложение большей нагрузки приводило к разрушению образца. Максимальная деформация нагруженных образцов достигала 200 мкм, что составляло около 6% от длины ребра (3 мм), вдоль которого прикладывалось напряжение. Заметим, что устройство, использовавшееся для деформации образцов при облучении, не было приспособлено для измерения величины деформации



Температурная зависимость холловской подвижности в образцах Si, подвергнутых в процессе облучения: 1 — сжатию, 2 — растяжению. Доза облучения $2.5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$.

в зависимости от нагрузки, поэтому эти измерения проводили на контрольных образцах, аналогичных облучаемым, на установке, предназначенной для измерения механических свойств материалов.

Нагруженные образцы облучали потоком быстрых электронов с энергией 8 МэВ при комнатной температуре. Всего было исследовано шесть образцов, облученных разными дозами в интервале $(3.2 \cdot 10^{14} - 6.4 \cdot 10^{15}) \text{ см}^{-2}$, по одному образцу при каждой дозе. Ось пучка электронов проходила через образец вдоль ребра равного 4 мм, совпадающего с кристаллографическим направлением (110). Плотность потока электронов составляла $6 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Для предотвращения разогрева образец во время облучения обдували сжатым воздухом. Облученные образцы разрезали на две части — «растянутую» и «сжатую», вдоль плоскости, параллельной грани $4 \times 20 \text{ мм}^2$. В облученных образцах исследовали температурные зависимости концентрации и холловской подвижности носителей заряда, путем измерения эдс Холла и сопротивления (с относительной ошибкой 20%).

Характер температурных зависимостей концентрации электронов в интервале температур (80–300) К свидетельствует о том, что энергетический спектр вводимых облучением активных центров не зависит от знака приложенной к образцу нагрузки. Влияние знака нагрузки, прикладываемой к образцу одновременно с облучением, было обнаружено при анализе температурных зависимостей холловской подвижности электронов. Как видно на рисунке, в образце, нагруженном на растяжение, при низких температурах подвижность электронов ниже, чем в образце, нагруженном на сжатие. В образцах, облученных большими

дозами, чем образец, результаты исследования которого показаны на рисунке, при температурах ниже ~ 230 К также наблюдается снижение подвижности электронов, но измерения в этих образцах из-за низкой концентрации электронов были затруднены. При дозах облучения, меньших чем 10^{15} см $^{-2}$, а также в контрольных образцах, подвергнутых деформации без облучения, отличий в характере температурных зависимостей подвижности электронов в зависимости от знака деформации не наблюдалось.

Известно [1], что по мере понижения температуры величина подвижности носителей заряда в полупроводниках все в большей степени определяется рассеянием на локальных центрах. Судя по температурным зависимостям концентрации электронов, количество центров, обладающих электрическим зарядом, не зависит от знака прикладываемой при облучении нагрузки. Поэтому, исходя из полученных результатов можно предположить, что в той части образца, которая нагружалась на растяжение, при облучении образовывались центры, способные рассеивать носители заряда, но не создающие локальных энергетических уровней в запрещенной зоне.

Заметим, что сделанное предположение носит предварительный характер и требует дальнейших экспериментальных исследований.

Авторы считают своим долгом указать, что использованная в работе схема эксперимента была предложена Л.С. Милевским.

Список литературы

[1] П.С. Киреев. *Физика полупроводников* (М., Высш. шк., 1969).

Редактор Т.А. Полянская

Effect of elastic deformation during electron bombardment of Si single crystals on their electrical properties

V.S. Garnyk, I.N. Belokurova

A.A. Baikov Institute for Metallurgy, 117911 Moscow, Russia

Samples cut from Si single crystal were deformed by the three-point bending during high-energy electron bombardment (8 MeV). Then, the samples were cut into two parts: the first experienced tensile stress and the second experienced compressive stress during the bombardment. Temperature dependences of the charge-carrier concentration and Hall mobility were measured on each of the resultant specimens. Hall mobility of electrons at low temperatures was found to be greater in those parts which had experienced compression during the electron bombardment. From these data, we concluded that in the parts subjected to tensile stresses the electron bombardment caused some neutral centers to form. These centers are capable of scattering charge carriers but do not introduce energy levels into the band gap.