

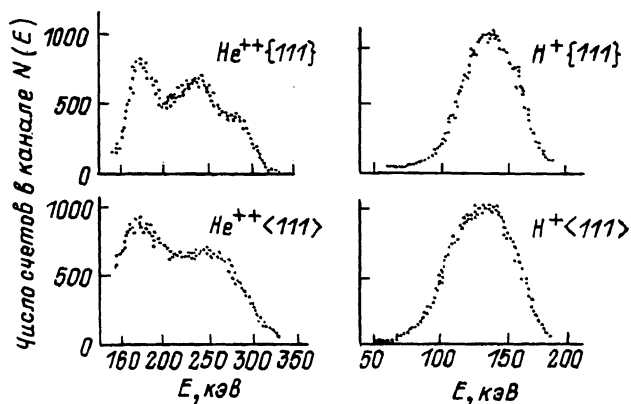
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ МИШЕНЯМИ

О.В. А н у ф р и е в, А.Н. Г р и г о р ь е в,
Л.И. Н и к о л а й ч у к, Н.И. Х а р ч е н к о,
Н.А. Х и ж н я к

До настоящего времени изучение взаимодействия заряженных частиц средних энергий с монокристаллами проводилось в основном методом обратного рассеяния и каналирования [1-3]. В настоящей работе исследовалось прохождение ионов H^+ с энергией 250 кэВ и He^{++} с энергией 480 кэВ через монокристаллические пленки кремния в режиме каналирования „на пролет“. Такие эксперименты предъявляют серьезные требования к монокристаллическим мишеням и вместе с тем дают обширную информацию о зарядовом и энергетическом состояниях пролетающего иона, а также о рельефе потенциала внутрикристаллических полей. Эксперименты проводились на ускорительной установке, описанной в работе [4]. Пучки ионов H^+ и He^{++} , выделенные магнитным анализатором, коллимировались до диаметра пятна пучка на мишени 0.3 мм с угловой расходимостью 0.02° . В качестве мишеней использовались монокристаллические пленки кремния с толщиной 1 мкм. Приготавливались пленки кремния методом электрохимического травления [5]. Диаметр вытравленной части образца составлял 3 мм. Прошедшие через мишень ионы анализировались спектрометрическим трактом на базе поверхностно-барьерного полупроводникового детектора. Энергетическое разрешение спектрометрического тракта при энергии ионов He^{++} 480 кэВ составляло 14 кэВ и 9 кэВ для протонов с энергией 250 кэВ. Детектор размещался на расстоянии 1.5 м от мишени и регистрировал прошедшие через мишень ионы в телесном угле 0.002 стерадиан. Образец помещался в тросный вакуумный гониометр и ориентировался относительно направления пучка как по выходу обратнорассеянных ионов пучка, так в эксперименте „на пролет“ по интенсивности прошедших ионов, зарегистрированных полупроводниковым детектором в телесном угле 0.002 стерадиан.

При совмещении направления пучка с плоскостью $\{111\}$ интенсивность пучка ионов, попадающих в детектор, увеличивалась в 8-10 раз относительно „случайной“ ориентации монокристалла, а при каналировании ионов пучка вдоль оси $\langle 111 \rangle$ интенсивность пучка ионов увеличивалась в 50 раз по сравнению с неориентированной мишенью.

На рис. 1,а представлены энергетические спектры ионов He^{++} , прошедших монокристалл кремния. Показаны распределения для двух каналированных направлений: оси $\langle 111 \rangle$ и плоскости $\{111\}$. На энергетических спектрах при осевом и плоскостном каналировании ионов He^{++} наблюдаются два максимума, соответствующие раз-



а - энергетические спектры ионов He^{++} , прошедших монокристалл кремния, в случае падения пучка ионов He^{++} параллельно оси $\{111\}$ и плоскости $\langle 111 \rangle$; б - энергетические спектры протонов, прошедших монокристалл кремния, в случае падения пучка протонов параллельно оси $\langle 111 \rangle$ и плоскости $\{111\}$.

ным значениям потерь энергии прошедших частиц, зарегистрированных детектором. Для сравнения на рис. 1,б приведены энергетические спектры прошедших через этот же монокристалл кремния протонов с начальной энергией 250 кэВ. Экспериментальные условия аналогичны описанным для каналированных ионов He^{++} (рис. 1,а). Как видно из рис. 1,б на энергетических спектрах для каналированных протонов в случае плоскости $\{111\}$ и оси $\langle 111 \rangle$ 2 максимума не наблюдались. Однако в области энергий прошедших протонов 160 кэВ систематически проявляется выступ на плавном ходе энергетического распределения как для осевого, так и для плоскостного каналирования.

Такой характер энергетических спектров для каналированных ионов He^{++} и отличие энергетических спектров для H^+ от спектра He^{++} в литературе не описаны и, по-видимому, связаны со следующим обстоятельством. Известно [1], что равновесный зарядовый состав пучка ионов гелия достигается при прохождении ионов гелия в кремнии глубины 4 нм. Такого же порядка величины образуется окислая пленка на поверхности монокристалла кремния. В связи с этим в режим каналирования захватываются ионы гелия в двух зарядовых состояниях: He^+ и He^{++} . Условия захвата в режим каналирования существенно различны для одно- и двухзарядовых ионов гелия. Поэтому каналированные ионы He^+ и He^{++} будут характеризоваться различными распределениями поперечных энергий при захвате в режим каналирования и соответственно будут иметь разные потери энергии при прохождении монокристаллической пленки в результате движения по различным траекториям в канале. В ре-

зультате этого на энергетических спектрах для каналированных ионов He^{++} наблюдаются два максимума.

Л и т е р а т у р а

- [1] S c h o n i c d e s k a m p B., R o o s e n - d a l H.E., Z u t z H.O. - Phys. Rev., 1986, v. 33, N 7, p. 5118.
- [2] Z e i g l e r J.E., L e v e r R.F. - Appl. Phys. Lett., 1985, v. 46, N 4, p. 388.
- [3] E d g e R.D., F l a r i c k R.W., D e r - r y T.E., S e l l s h o p J.P.E. - Nucl. Inst. and meth. in Phys. Res., 1986, v. B14, N2, p. 186.
- [4] Г р и г о р ь е в А.Н., Л ы с е н к о В.Ф., Н и к о - л а й ч у к Л.И., Х и ж н я к Н.А. - Тез. XV Всесоюзн. совещ. по физике взаимодействия частиц с кристаллами. Москва, 1985, с. 46.
- [5] V a n D i j k H.J.A., d e L o n g e J. - J. of electro-chem. soc., 1970, v. 117, N 4, p. 553.

Поступило в Редакцию
30 июля 1987 г.