

Л и т е р а т у р а

- [1] А.В. Е л е ц к и й. УФН, 125 (2), 279 (1978).
- [2] W.B. L a s i n a et al. Appl. Phys. Lett., 32, 106 (1978).
- [3] J.H. J a c o b et al. Appl. Phys. Lett., 32, 109 (1978).
- [4] Л.В. Г у р в и ч и др. Энергии разрыва химических связей. М., „Наука“ (1974).
- [5] Б.М. С м и р н о в. Ионы и возбужденные атомы в плазме, М., Атомиздат (1974).
- [6] Б.М. С м и р н о в. Отрицательные ионы, М., Атомиздат (1978).
- [7] Б.И. Г р и н ч е н к о, В.Ф. Ч и н н о в. Препринт ИВТАН СССР № 5-036, М. (1978).

Поступило в Редакцию
26 марта 1979 г.

Письма в ЖТФ, том 5, вып. 18 26 сентября 1979 г.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛА НИОБИЯ, ВЫЗВАННАЯ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

И.А. Г р и ш а е в, Г.Д. К о в а л е н к о,
Б.И. Ш р а м е н к о

Прохождение высокоэнергетичных электронов через тонкие фольги сопровождается эмиссией вторичных электронов. Это явление широко применяется для регистрации тока электронов и позитронов на линейных ускорителях [1].

Спектр эмиттированных электронов состоит из высокоэнергетичных $E > 0.1$ кэВ (вторичных) и низкоэнергетичных $E < 0.1$ кэВ (третичных) электронов [2]. Вторичные электроны образуются в результате прямого рассеяния начальных электронов на электронах мишени. С увеличением толщины мишени t их выход увеличивается пропорционально \sqrt{t} [3]. Вторичные электроны имеют достаточно высокую энергию и являются источником следующего поколения электронов — третичных. Энергия третичных электронов не превышает 100 эВ, а максимальная глубина, с которой они могут выйти — 100 Å [4].

Особенностью взаимодействия электронов с кристаллом является то, что в случае выполнения условий осевого каналирования часть электронов может совершать розетонное движение вокруг оси цепочки атомов или фокусироваться на эту цепочку [5]. В результате происходит увеличение многократного рассеяния [6] и интенсивности тормозного излучения [7].

В данной работе экспериментально исследуется влияние особенностей движения электронов в кристалле на электронную эмиссию, которая в отличие от многократного рассеяния и тормозного излучения обусловлена взаимодействием не с потенциалом цепочки атомов, а с электронами мишени.

Схема эксперимента показана на рис. 1. В качестве эмиттера использовался кристалл ниобия толщиной 150 мкм и диаметром 18 мм. Нарушенный слой кристалла, в результате механической обработки, снимался химическим травлением.

Коллекторы были изолированы друг от друга и выполнены в виде колец с внутренним диаметром 14 мм. Расстояние между эмиттером и коллектором равно 5 мм. Ток с эмиттера измерялся интегратором с точностью 1%. Ток основного пучка электронов измерялся монитором вторичной эмиссии, расположенным за исследуемой системой. Система с кристаллом ниобия находилась в гониометре, который может поворачивать кристалл вокруг двух взаимноперпендикулярных направлений и вокруг оси пучка [7]. Точность измерения угла поворота кристалла 10^{-5} рад. Размер пучка на мишени не превышал 8 мм, а его расходимость — $2 \cdot 10^{-4}$ рад.

На рис. 1 показаны зависимости коэффициентов электронной эмиссии σ из кристалла ниобия для начальной энергии $E_0 = 1600$ МэВ от напряжения на коллекторах для ориентированного и разориентированного кристалла. $\sigma = I/I_0$, I_0 — начальный ток электронов, I — ток эмиссии из кристалла. Для ориентированного кристалла ось [111] параллельна оси пучка; для разориентированного кристалла угол между осью [111] и пучком равен $2.5 \cdot 10^{-2}$ рад. Зависимости имеют два четко выраженных плато при $U > 40$ В (вытягивающий потенциал) и $U < 40$ В (запирающий потенциал). В случае вытягивающего потенциала регистрируется суммарный выход вторичных и третичных электронов, а в случае запирающего — только выход вторичных. Разница между двумя выходами — выход третичных, энергия которых не превышает 50 эВ. С первой поверхности выход третичных электронов составляет $62\% \pm 2\%$, а со второй — $38\% \pm 2\%$ от общего числа третичных электронов и не зависит от ориентации кристалла. Выход третичных электронов со второй поверхности уменьшается за счет экранировки кулоновского поля электрона в среде (эффект плотности). Полученные значения выхода третичных электронов для двух поверхностей находятся в хорошем согласии с результатами работы [4], в которой исследовался выход третичных электронов из аморфной алюминиевой мишени и получены для первой и второй поверхностей значения $66\% \pm 3\%$ и $34\% \pm 3\%$.

На рис. 2 показаны ориентационные зависимости коэффициентов суммарной эмиссии, эмиссии вторичных и третичных электронов для начальной энергии электронов $E_0 = 600, 1600$ МэВ. В качестве нормировки выбран коэффициент эмиссии σ_0 вторичных электронов для заданной начальной энергии электрона и угла ориентации кристалла. Как видно из рисунка, от ориентации кристалла зависит только выход вторичных электронов. Для ориентированного кристал-

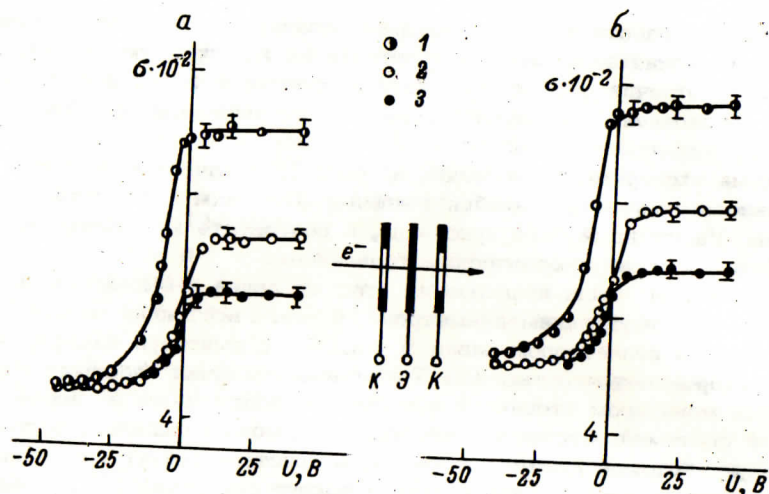


Рис. 1. Зависимость эмиссии электронов из монокристалла ниобия от напряжения на коллекторах для начальной энергии электронов $E_0 = 1.6$ ГэВ. а - разориентированный кристалл; б - ориентированный кристалл. 1 - первый и второй коллекторы соединены; 2 - на первом коллекторе $U = -300$ В; 3 - на втором коллекторе $U = -300$ В.

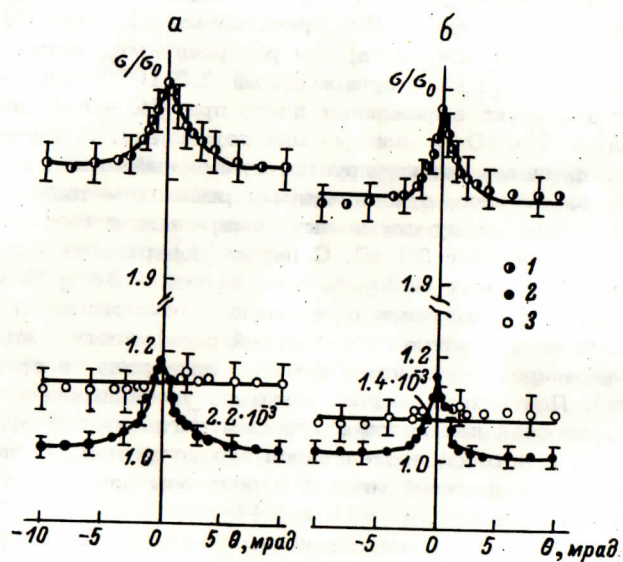


Рис. 2. Зависимость эмиссии электронов из монокристалла ниобия от ориентации. а - $E_0 = 600$ МэВ; б - $E_0 = 1600$ МэВ. 1 - суммарный выход вторичных и третичных электронов, 2 - выход вторичных электронов, 3 - выход третичных электронов.

ла эмиссия вторичных электронов увеличивается примерно на 20%, и эта величина не зависит от энергии начальных частиц в исследуемом диапазоне энергий. Полуширина максимума на полувысоте совпадает с величиной критического угла каналирования. Отсутствие ориентационной зависимости выхода третичных электронов из первой поверхности говорит об отсутствии связанного движения (каналирования) электронов в кристалле на толщинах ~ 100 Å, а из второй - о заметной роли деканалирования электронов. Вблизи второй поверхности частицы уже вышли из режима каналирования и движутся как в аморфной мишени. Для кристалла ниобия деканалирование может быть обусловлено еще и несовершенством его структуры.

Таким образом, пространственное перераспределение потока электронов при их движении через кристалл влияет не только на взаимодействие электронов с цепочкой атомов, а и на их взаимодействие с электронами мишени.

Л и т е р а т у р а

- [1] В.А. Гольдштейн, И.М. Аркатов, В.И. Старцев. ПТЭ, № 2, 50 (1973).
- [2] В.И. Витко, Г.Д. Коваленко, В.А. Стратенко. ПТЭ, № 2, 148 (1972).
- [3] V.J. Vanhurse, R.E. Van de Viger. Nucl. Instrum. and Methods, 15, N 1, 63 (1962).
- [4] E. Raguet. DESY 69/12 (1969).
- [5] H. Kumm, E. Bell, R. Sizmann, H.J. Kreiner. Radiation effect, 12, 53 (1972).
- [6] В.Л. Мороховский, Б.И. Шраменко. Тр. Всес. сов. по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами, Изд-во МГУ, М., 1976, с. 173.
- [7] И.А. Гришаев, Г.Д. Коваленко, Б.И. Шраменко. ЖЭТФ, 72, 2, 437 (1977).

Харьковский
физико-технических
институт АН УССР

Поступило в Редакцию
28 мая 1979 г.