

ФОКУСИРОВКА ЭЛЕКТРОНОВ
В ТОНКИХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ МЕДИ

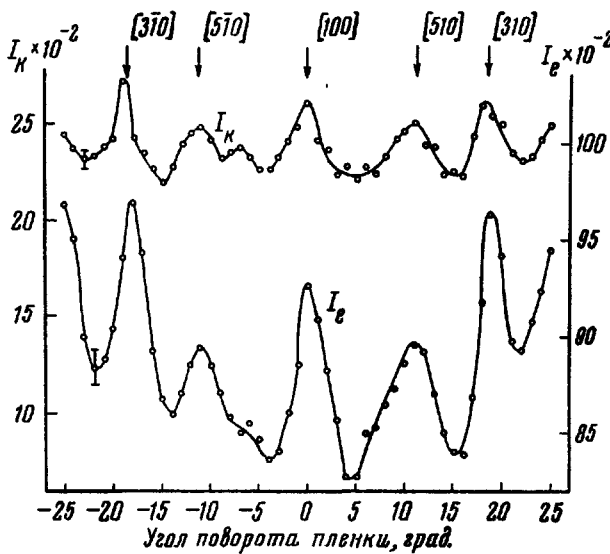
Б. Д. Грачев, А. П. Комар, Ю. С. Коробочко, В. И. Минеев

Как показано в ряде теоретических и экспериментальных работ, основные результаты которых изложены в обзоре Тулинова [1], прохождение пучка протонов сквозь монокристалл происходит иначе, чем через аморфное или поликристаллическое вещество. Если направление движения протонов совпадает с одним из кристаллографических направлений с низкими индексами, то протоны движутся по каналам между цепочками атомов. При этом, поскольку имеет место отталкивание протонов от ядер атомов, уменьшается вероятность процессов, характеризующихся малыми параметрами удара: ионизация K - и L -оболочек, ядерные реакции, рассеяние на большие углы. При прохождении сквозь монокристалл электронов в аналогичных условиях можно ожидать их фокусировки на ось цепочки атомов. При этом должно наблюдаться увеличение выхода K - и L -излучения, а также усиление рассеяния на большие углы.

Нами изучался выход рентгеновского K -излучения из тонкой ($400-600 \text{ \AA}$) монокристаллической пленки меди, бомбардируемой электронами с энергией $20-60 \text{ кэВ}$. Измерения производились на электронографе. Пленка крепилась на поворотном устройстве, позволявшем фиксировать угол ее наклона относительно пучка электронов с точностью $< 0,5^\circ$. Совпадение направления пучка с главными кристаллографичес-

кими осями определялось по электронограмме. К-фотоны меди считались пропорциональным счетчиком, наполненным аргонметановой смесью при атмосферном давлении. Входное окно счетчика располагалось под углом 80° относительно направления пучка электронов в плоскости, определяемой осью пучка и осью вращения пленки. Область энергий фотонов, соответствующая К-излучению меди, выделялась с помощью одноканального амплитудного анализатора. Перед входным окном счетчика, закрытым тонкой (~ 4 мк) лавсановой пленкой, располагалась бериллиевая пластина, препятствовавшая попаданию в счетчик рассеянных электронов и свободно пропускавшая К-фотоны меди. Убирание пластины давало возможность детектировать электроны, рассеянные на угол 80° . Число их в 100-1000 раз превышало число попадающих в счетчик фотонов.

На рисунке приведены кривые выхода К-излучения меди (кривая I_K) и числа электронов, рассеянных на угол 80° (кривая I_e) в функции угла поворота пленки для энергии первичных электронов, равной 55 кэВ.



Как видно, обе кривые обнаруживают пики, соответствующие направлению движения первичных электронов вдоль указанных на рисунке осей кристалла. В нашем случае относительное увеличение выхода К-излучения достигало 15-20%. В случае протонов уменьшение выхода составляет $\sim 50\%$ [2]. Разницу можно, на наш взгляд, отнести за

счет более сильного рассеяния электронов в веществе, а также, частично, за счет мозаичности пленки. Поскольку в нашем случае с уменьшением энергии первичных электронов амплитуды пиков уменьшались, можно ожидать, что с ростом энергии будет иметь место некоторый их рост.

Можно полагать, что отличие в характере движения протонов и электронов состоит также в том, что протоны, двигаясь по каналу, совершают на протяжении пробега некоторое число колебаний. В случае электронов упорядоченное движение, вероятно, имеет место лишь на протяжении первой четверти колебания, т.е. до пересечения электроном оси цепочки атомов, после чего электрон, пройдя близко от очередного ядра, рассеивается на большой угол. С этой точки зрения, изменение числа электронов, рассеянных в заднюю полусферу, должно приводить к изменению выхода вторичных электронов, т.е. коэффициент вторичной эмиссии со стороны входа пучка должен возрастать при совпадении направления движения электронов с кристаллографической осью. Возможно, что это обстоятельство играет определенную роль в обнаруженной в работах [3,4] и др. немонотонной угловой зависимости выхода вторичных электронов с монокристаллов MgO и Ti . Следует, по-видимому, считать, что поскольку электрон, приближающийся в процессе фокусировки к цепочке атомов, передает ядрам цепочки импульс, все возрастающий по величине, то эффект фокусировки сопровождается возбуждением фононов. Это отличает фокусировку от дифракции, при которой электрон, взаимодействуя с кристаллом в целом, фононов не возбуждает.

Ленинградский

политехнический институт

им. М.И.Калинина

Поступило в редакцию

4 июня 1966 г.

Литература

- [1] А.Ф.Тулинов. Успехи физ.наук, 87, 585, 1965.
- [2] W.Brandt, I.M.Khan, D.L.Potter, K.O.Werbey, U.P.Smith. Phys. Rev. Lett., 14, 42, 1965.
- [3] A.B.Lapovsky, N.R.Whetten. Phys. Rev., 120, 801, 1960.
- [4] R.W.Soshea, A.I.Dekker. Phys. Rev., 121, 1362, 1961.