

Л. М. БИБЕРМАН, Е. Н. ВТОРОВ, И. А. КОВНЕР, Н. Г. СУШКИН и
Б. М. ЯВОРСКИЙ

РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ТОНКИХ СЛОЯХ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 6 X 1949)

В литературе имеются многочисленные данные об угловом распределении электронов, рассеянных газами или тонкими слоями твердого тела. Методика, применявшаяся в этих работах, заставляла ограничиться исследованием рассеяния на углы большие градуса. В настоящем сообщении приводятся результаты измерения углового распределения электронов, прошедших сквозь тонкую пленку и рассеянных в интервале от $3 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-2}$ радиана.

Для проведения эксперимента был использован электронный микроскоп типа ЭМ-100, который соответствующим образом перестраивался. Из прибора удалялся полюсный наконечник проекционной линзы со своим держателем, промежуточный экран и два пермалоевых экрана объективного тубуса. На расстоянии 10 см над рассеивателем устанавливалась диафрагма диаметром 0,07 мм. Питание объективной и проекционной линзы выключалось. Электронная пушка микроскопа позволяла получить пучок электронов, регулируемый в широких пределах как по интенсивности, так и по направлению и апертурному углу. Скорость электронов менялась в пределах от 20 до 80 кв. Разброс электронов по энергиям не превышал 0,01%, что обеспечивалось стабилизирующим устройством микроскопа.

Регистрация рассеянных электронов производилась фотографическим методом. Фотошлюз микроскопа был дополнен специальным приспособлением, позволявшим передвигать пластинку внутри микроскопа без нарушения вакуума и экспонировать лишь узкую полосу на пластинке. Таким образом, не нарушая вакуума можно было на одной пластинке сделать до 28 снимков. Экспонированные пластинки фотометрировались на микрофотометре. Специально полученные кривые почернения используемых пластинок позволяли пересчитать результат фотометрирования на угловое распределение рассеянных электронов. Резкая зависимость числа рассеянных электронов от угла заставила делать ряд снимков с разными экспозициями. Таким образом, весь угловой диапазон (10^{-4} — 10^{-2} радиан) был разбит на четыре интервала с тем, чтобы в каждом интервале почернение заметно отличалось от нуля, но не превышало 0,5—0,7.

Интенсивность падающего пучка электронов выбиралась настолько малой, чтобы для любого из угловых интервалов не имело места обнаруженное ранее отступление от законов взаимности⁽¹⁾.

Для измерения абсолютной интенсивности падающего пучка вместо диафрагмы с пленкой рассеивателя в камеру объекта вставлялась пустая диафрагма такого же диаметра (0,06 мм). При этом на фотопластинке получался след в виде пятнышка диаметром в 0,3 мм. Однако почернение пластинки было слишком велико для измерения. Включение проекционной линзы позволяло увеличить это пятнышко до кружка диаметром примерно в 1 мм. Степень увеличения измерять не приходилось, так как полное число электронов, прошедших

сквозь диафрагму, можно было вычислить, измеряя на оптическом микроскопе диаметр пятна и вычисляя плотность по кривой почернения. Для получения оптимальных почернений в этих измерениях применялись менее чувствительные пластинки. Сравнивая диаметры диафрагм и следа пучка при выключенной линзе и зная расстояние от диафрагмы до поверхности пластинки (600 мм), легко вычислить, что угловое

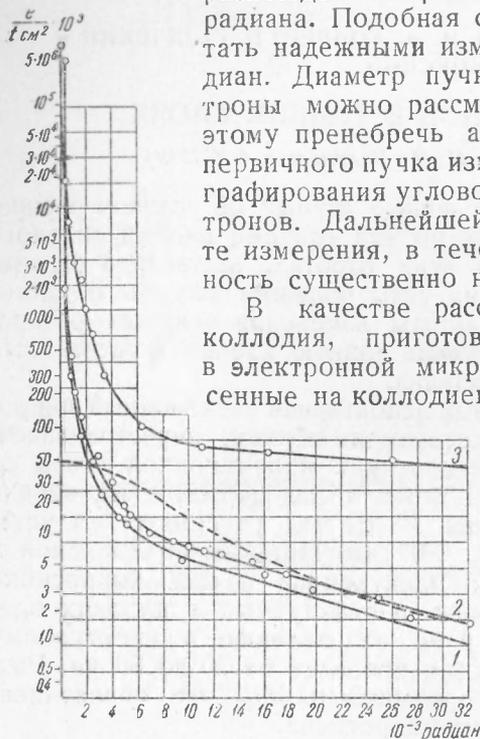


Рис. 1. 1 — при 80 кв, 2 — 60 кв, 3 — 30 кв

расхождение первичного пучка не превосходит $3 \cdot 10^{-4}$ радиана. Подобная степень коллимации позволяет считать надежными измерения для углов больших 10^{-3} радиан. Диаметр пучка был настолько малым, что электроны можно рассматривать как параксиальные, и поэтому пренебречь аберрациями линзы. Интенсивность первичного пучка измерялась дважды, до и после фотографирования углового распределения рассеянных электронов. Дальнейшей обработке подвергались только те измерения, в течение которых первичная интенсивность существенно не менялась.

В качестве рассеивателя использовались пленки коллодия, приготовленные способом, общепринятым в электронной микроскопии, и пленки металлов, нанесенные на коллодиевые распылением в вакууме.

Существенно отметить, что тот же электронный микроскоп позволял проверять качество пленок, устанавливая отсутствие отверстий и степень равномерности плотности. Значительная часть изготовленных пленок оказалась с дефектами и была отбракована. В опытах, описанных в литературе, кодобный контроль не производился.

Рис. 1 показывает угловое распределение электронов, рассеянных пленкой хрома, поверхностная плотность которой со-

ставляла $4,9 \cdot 10^{-6}$ г/см². Пунктиром дано теоретическое угловое распределение 60 кв электронов, однократно упруго рассеянных хромом, вычисляемое с помощью модели Томаса — Ферми⁽²⁾. Обе кривые сопоставлялись по абсолютным значениям. Обращает внимание резкое превышение измеренного числа рассеянных электронов над вычисленным в области малых углов ($\theta = 3 \cdot 10^{-3}$ радиан).

Из приведенных выше данных следует, что измерения в этом интервале углов остаются вполне надежными. Подобное расхождение на порядок величины получается и при других напряжениях. Мы полагаем, что резкое возрастание числа электронов, рассеянных на малые углы, связано с неупругими процессами.

К сожалению, сопоставление с теоретическими данными провести трудно, так как в литературе отсутствуют конечные выражения для неупругого рассеяния электронов на малые углы.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность проф. В. А. Фабриканту за неизменный интерес и помощь в работе, а также Ю. М. Кушниру за ряд ценных советов.

Московский энергетический институт
им. В. М. Молотова

Поступило
5 X 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Г. Сушкин и И. А. Ковнер, ДАН, 52, 633 (1948). ² Н. Ф. Мотт и Месси, Теория атомных столкновений, 1936, стр. 153.