

ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПРОВОДИМОСТИ
ОТ ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА В ВОЛЬФРАМЕ И МЕДИ*В.С.Цой, И.И.Разгонов*

При помощи поперечной фокусировки электронов (ЭФ) [1] измерен коэффициент зеркального отражения q от поверхности кристалла в вольфраме и меди. Так же как и в висмуте [3] величина q в вольфраме сильно зависит от ориентации отражающей плоскости. Для плоскости (110) $q_{110} \approx 0,65$, для плоскости (100) $q_{100} \approx 0,1$. В меди для величины q получено значение $q \approx 0,35$.

При помощи поперечной фокусировки электронов (ЭФ) [1] изучалось отражение носителей тока от поверхности кристалла в вольфраме и меди при нормальном падении. В отличие от сурьмы [2], в вольфраме электроны и дырки отражаются одинаковым образом, однако характер отражения так же, как и в висмуте [3] сильно зависит от кристаллографической ориентации отражающей плоскости: от плоскости (110) носители тока отражаются зеркально (коэффициент зеркального отражения $q_{(110)} \approx 0,65$), от плоскости (100) — диффузно ($q_{(100)} \approx 0,1$). В меди изучалось отражение электронов от плоскости (110); для величины q получено значение $\approx 0,35$.

Отражение электронов проводимости от поверхности кристалла в нормальном металле при больших углах падения на границу обычно считается диффузным. Предполагается, что электрон проводимости, достигая поверхности кристалла, должен претерпеть сильное хаотическое рассеяние с потерей всякого дрейфового импульса. При этом основным аргументом в пользу диффузного отражения является малая относительно размеров неровностей поверхности металла величина длины волны электрона (последняя в нормальном металле имеет порядок межатом-

ного расслоения). Однако до настоящего времени не было осуществлено прямого экспериментального измерения коэффициента зеркального отражения нормально падающих на поверхность образца электронов проводимости в металлах.

В данной работе величину q определяли из измерений ЭФ [1]. Использовалась та же схема эксперимента, что и в [1]. На поверхность кристалла устанавливались два микроконтакта – эмиттер и коллектор. Через эмиттер пропусклся ток, измерялось напряжение U коллектора в зависимости от величины магнитного поля H , лежащего в плоскости образца и направленного перпендикулярно линии эмиттер – коллектор. Образцы представляли собой плоскопараллельные монокристаллические пластины, приготовленные по методике, описанной в [2]. Кристаллы вольфрама имели отношение сопротивлений $\rho_{300K}/\rho_{4,2K} \approx 40000$, для кристалла меди $\rho_{300K}/\rho_{4,2K} \approx 35000$. Кристаллографические ориентации образцов следующие: кристаллы вольфрама были двух ориентаций – 1) $W^I - n \perp (110)$, 2) $W^{II} - n \perp (100)$; у кристалла меди $n \perp (110)$ (n – нормаль к плоскости образца).

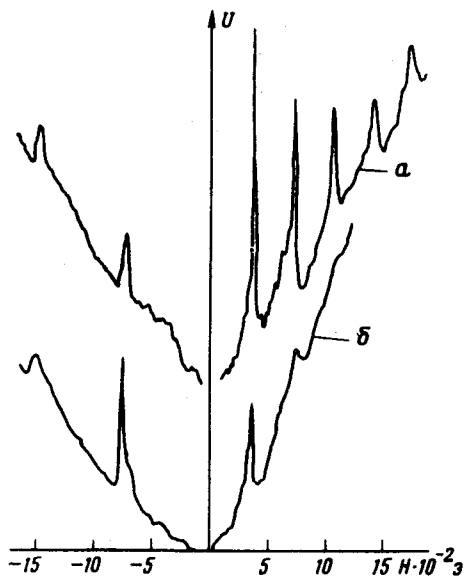


Рис. 1. Зависимость $U(H)$, $T = 1,6K$, $H \parallel [001]$, $a - n \perp (110)$, $b - n \perp (100)$

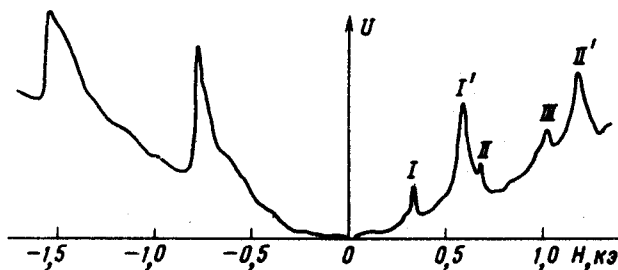


Рис. 2. Зависимость $U(H)$, $T = 1,6K$, $n \perp (110)$, $H \parallel [1\bar{1}2]$

На рис. 1 приведены экспериментальные записи $U(H)$ для образцов вольфрама двух ориентаций. Кривая a для образца W^I , кривая b для W^{II} . Магнитное поле H в обоих случаях было направлено вдоль оси $[001]$. При таком направлении H линии ЭФ на кривых a и b обусловлены

фокусировкой носителей центральных сечений "электронных сфероидов" ($H > 0$) и "дырочных октаэдров" ($H < 0$) ферми-поверхности (ФП) вольфрама, обозначенных на рис. 3, *a* буквами *S* и *H* соответственно. На образце W^I при направлении магнитного поля **H** вдоль $[1\bar{1}2]$ (линия эмиттер – коллектор перпендикулярна **H**) при $H > 0$ наблюдались две системы линий ЭФ (рис. 2), одна из которых – (I, II, III) соответствует фокусировке носителей "электронных сфероидов" *S*, другая – (I', II') – фокусировке носителей центрального сечения "электронного вальета" *G* (рис. 3, *a*). При $H < 0$ линии ЭФ на рис. 2, как и на рис. 1, соответствуют фокусировке носителей "дырочных октаэдров" ФП вольфрама.

Система повторяющихся с возрастанием *H* "пиков" на кривых $U(H)$ на рис. 1 и рис. 2 – следствие фокусировки электронов ($H > 0$) и дырок ($H < 0$) после 0, 1, 2... и т. д. кратного отражения от поверхности [1]. Слабое затухание амплитуды линии ЭФ с увеличением числа столкновений с поверхностью свидетельствует о почти зеркальном характере отражения носителей тока от плоскости (110) образца вольфрама. Отношение амплитуд соседних линий определяется величиной *q* при нормальном падении [1, 4, 5] и для плоскости (110) образца W^I $q_{110} \approx 0,65$. Коэффициент зеркального отражения *q* в вольфраме одинаков как для электронов, принадлежащих различным участкам поверхности Ферми (рис. 2), так и для дырок.

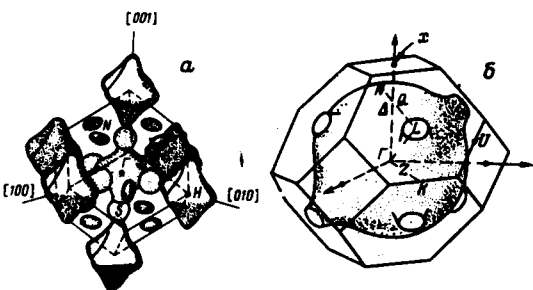


Рис. 3. Ферми-поверхность *a* – вольфрама, *b* – меди

Интересно отметить тот факт, что электрохимическое травление в растворе КОН кристалла вольфрама, для которого $n \perp (110)$ не приводило к диффузному отражению носителей, а лишь уменьшало *q* приблизительно в два раза, несмотря на то, что визуально поверхность образца при этом была матовой. Таким образом поверхность образца после травления отражала электроны зеркально с заметной вероятностью. Аналогичное явление имеет место для электромагнитной волны видимого диапазона, когда протравленный шарообразный металлический монокристалл отражает видимый свет подобно образцу с плоской зеркальной поверхностью. По-видимому, это обстоятельство свидетельствует о том, что использованная процедура травления не нарушает существенно атомной структуры граничной плоскости (110) кристалла вольфрама, и тем самым, зеркального характера отражения носителей тока.

Отражение, однако, становилось практически диффузным (амплитуда второй линии резко уменьшалась по сравнению с амплитудой первой линии рис. 1, *b*), если граничной плоскостью образца вольфрама была

плоскость (100). В этом случае коэффициент зеркального отражения $q_{(100)} \approx 0,1$ и одинаков для электронов и дырок. Существенное различие в характере отражения от граничных плоскостей (110) и (100) было ранее обнаружено в работах [6, 7] на образцах вольфрама, поверхность которых специальным образом обрабатывалась в сверхвысоком вакууме. Физическая причина различия в характере отражения от плоскостей (110) и (100) в вольфраме в настоящее время не ясна, и требует дальнейших исследований. Не исключено, что она обусловлена различием шероховатостей поверхностей граней (110) и (100).

В экспериментах на меди **H** было направлено вдоль [001], при этом в фокусировке участвовали электроны центрального сечения сферического участка ФП меди (рис. 3,б). Для величины $q_{(110)}$ получено значение $\approx 0,35$.

Авторы благодарны В.А.Гаспарову за предоставление образца меди.

Институт физики твердого тела
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
22 ноября 1976 г.

Литература

- [1] В.С.Шой. Письма в ЖЭТФ, 19, 114, 1974.
 - [2] В.С.Шой, И.И.Разгонов. Письма в ЖЭТФ, 23, 107, 1976.
 - [3] В.С.Шой, Н.П.Шой. Тезисы докладов на 19-м всесоюзном совещании по физике низких температур. Минск, 1976.
 - [4] В.С.Шой. ЖЭТФ, 68, 1849, 1975.
 - [5] С.А.Корж. ЖЭТФ, 68, 144, 1975.
 - [6] П.П.Луцишин, О.А.Панченко, А.А.Харламов. ЖЭТФ, 64, 2148, 1973.
 - [7] О.А.Панченко, А.А.Харламов, Ю.Г.Птушинский. ЖЭТФ, 67, 780, 1974.
-