

ПЕРЕХОДНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ НЕРЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ
В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ АЛЮМИНИЯ

Ф.Р.Арутюнян, Ж.В.Петросян, Р.А.Оганесян

Исследовалось излучение, возникающее при прохождении электронного пучка (ток $I = 2$ мка) с энергией E до 60 кэВ через тонкие ($d = 133 + 329 \text{ \AA}$) пленки алюминия перпендикулярно к их поверхности, в интервале длин волн λ от 3480 до 5500 \AA под углами θ от 0 до 90° по отношению к движению электронов. Излучение анализировалось с помощью поляризационного и интерференционных фильтров и детектировалось фотоумножителем.

Токи фотоумножителя, обусловленные интенсивностью света, поляризованного в плоскости излучения (плоскость, содержащая нормаль к поверхности пленки и направление наблюдения), намного превышают значение фона — колебаний темнового тока ($\sim 2 \cdot 10^{-9}$ а). Темновой ток ($\sim 10^{-8}$ а) компенсировался. Для света, поляризованного в перпендикулярной плоскости, токи сравнимы с величиной фона. Токи ФЭУ при прохождении рабочего пучка электронов через тонкую подложку из коллоида, на которую насаждался слой алюминия, не превышали колебаний темнового тока. Контрольные измерения показали, что детектирующая система не обладает собственной угловой и поляризационной характеристиками.

Излучение показалось поляризованным в плоскости излучения и степень его поляризации достигает 98%. Как видно из рис. 1 ($E = 60$ кэВ; $d = 329 \text{ \AA}$; $\lambda = 4670 \text{ \AA}$; $\theta = 50^\circ$; ●, ▲ — данные для

углов от 0 до 90° и от 90 до 180° соответственно), экспериментальные результаты показывают хорошую линейную зависимость интенсивности излучения от $\sin^2 \theta_0$ (θ_0 - угол между плоскостью пропускания поляризационного фильтра и плоскостью излучения).

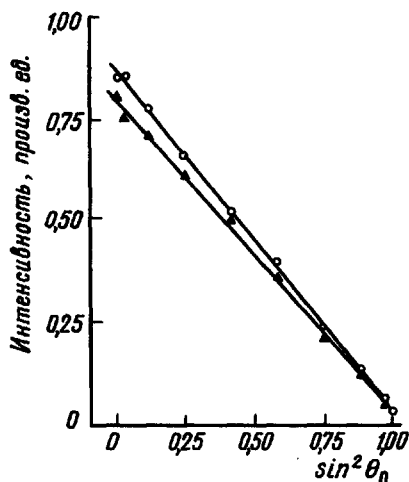


Рис. 1

Полученная поляризация полностью совпадает с ожидаемой по теории переходного излучения Гинзбурга и Франка [1], с которой будут сравниваться экспериментальные результаты. Теоретические кривые вычислялись по формуле переходного излучения для пластинки по работе [2]. Для расчетов использовались значения оптических постоянных, взятые из работы [3].

Абсолютная интенсивность регистрируемого излучения определялась с помощью вычисленной эффективности детектирующей системы, так как мы не располагали эталонной лампой для ее калибровки. С теорией переходного излучения сравнивалась разность интенсивностей в плоскости излучения и в перпендикулярной ей плоскости.

Оказалось, что абсолютная интенсивность наблюдаемого излучения превышает его значение по теории в 1,65 раза. Экспериментальная ошибка в измерении интенсивности излучения не превышает 8%. Такое отклонение эксперимента от теории, по-видимому, связано с неопределенностями некоторых величин, входящих в эффективность детектирующей системы. Эта аргументация усиливается еще тем, что экспериментальные результаты, полученные для серебряных и золотых пленок,

превышают теорию во столько же раз. В дальнейшем, при сравнении с теорией, экспериментальные данные приводятся уменьшенными в 1,65 раза. Сплошные кривые на всех рисунках представляют теорию.

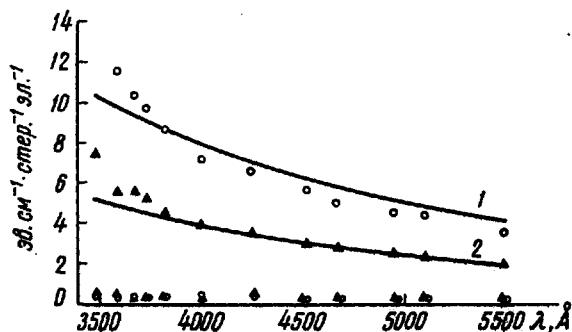


Рис. 2

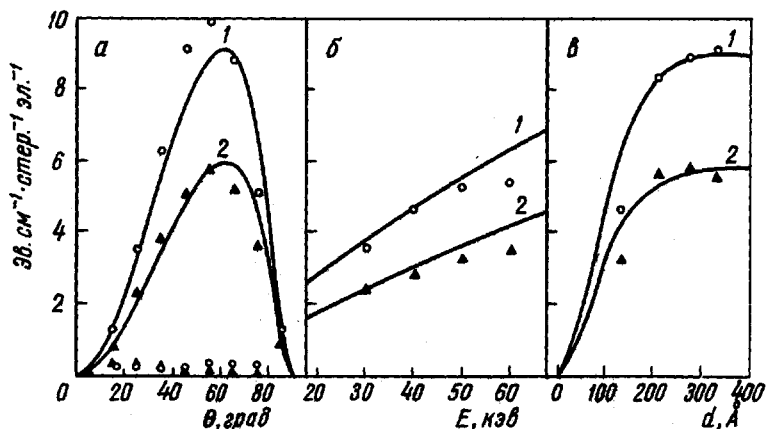


Рис. 3

На рис. 2 ($E = 60$ кэв; $d = 275$ Å; 1 - данные для $\theta = 60^\circ$; 2 - данные для $\theta = 30^\circ$) приводятся спектральные распределения излучения и для иллюстрации соответствующие распределения излучения, наблюдаемые в перпендикулярной плоскости. В области длин волн от 3800 до 5500 Å результаты хорошо согласуются с теорией. В области от 3480 до 3800 Å эксперимент для обоих углов наблюдения показывает более резкую спектральную зависимость.

На рис. 3,а экспериментальные результаты по угловому распределению излучения смещены незначительно в сторону малых углов, но в целом наблюдается ожидаемое по теории угловое распределение ($E = 60$ кэв,

$d = 329 \text{ \AA}$, 1 - данные для $\lambda = 3730 \text{ \AA}$, 2 - для $\lambda = 4670 \text{ \AA}$).

На рис. 3,б экспериментальные результаты показывают линейный рост интенсивности излучения с энергией электронов ($d = 135 \text{ \AA}$, $\theta = 60^\circ$, 1 - данные для $\lambda = 3730 \text{ \AA}$; 2 - для $\lambda = 4670 \text{ \AA}$), а на рис. 3,в - ожидаемую зависимость от толщины пленки ($E = 60 \text{ кэВ}$; $\theta = 60^\circ$; 1 - данные для $\lambda = 3730 \text{ \AA}$; 2 - для $\lambda = 4670 \text{ \AA}$). Точность измерения толщины пленки $\sim 10 \text{ \AA}$.

Оптические постоянные металлических пленок зависят от их толщины и технологии изготовления [4]. Используемые нами алюминевые пленки были получены в несколько иных условиях, чем те, оптические постоянные которых использовались для расчета теоретических кривых. Возможно, что наблюдаемые небольшие отклонения эксперимента от теории обусловлены именно этим обстоятельством.

При измерениях наблюдалось уменьшение интенсивности в зависимости от времени облучения пленки электронами. Такой спад интенсивности виден на рис. 1 для данных в области углов от 90° до 180° (время измерения составляет около одного часа). Это обстоятельство в сильной степени сказывается на свежизготовленных пленках. При длительном их облучении интенсивность может понизиться вплоть до 30%.

Можно сделать заключение, что полученные экспериментальные результаты по излучению электронов в тонких пленках алюминия в целом хорошо согласуются с теорией переходного излучения.

Физический институт
г. Ереван

Поступило в редакцию
21 декабря 1965 г.

Литература

[1] В.Л. Гинзбург, И.М. Франк. *J. Phys. USSR*, **2**, 353, 1945; *ЭТФ*, **16**, 15, 1946.

[2] В.Е. Пафюмов, *ЖТФ*, **33**, 1074, 1957.

[3] G.Hass, J.E.Waylonis. J.Opt. Soc.Amer., 51, 719, 1961.

[4] Г.В.Розенберг. Оптика тонкослойных покрытий. Физматгиз, М.,
1958.