

УДК 537.533.7+539.23

ФИЗИКА

Ф. Р. Арутюнян, А. Х. Мхитарян,
 Р. А. Оганесян, Б. О. Ростомян

Излучение электронов в тонких пленках серебра

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Миквеляном 10/VI 1972)

В (1-2) обсуждались результаты экспериментального исследования излучения, возникающего при пролете нерелятивистских электронов через тонкие пленки металлов. Там же приводились спектральные распределения излучения для серебряных пленок. В настоящей статье обсуждаются характеристики излучения электронов в пленках серебра с целью выяснения той ситуации, которая сложилась в настоящее время по вопросу свечения серебра под действием электронов. Дело в том, что для серебра многие авторы (3-5) наблюдали аномалию, не объясненную до сих пор и заключающуюся в следующем: при наклонном (почти скользящем) падении электронов на поверхность серебра в оптической части спектра было обнаружено излучение, большая интенсивность которого никак не может быть объяснена в рамках теории переходного излучения.

Во всех упомянутых экспериментах слой серебра методом вакуумного напыления наносился на твердую основу — массивную пластинку из стекла или серебра. При этом шероховатость, которую нельзя устранить на основе, автоматически повторяется на напыленной поверхности. Вместе с тем, в настоящее время известно (1), что упомянутая аномалия для серебра непосредственно связана с шероховатостью поверхности. Поэтому представляет интерес исследование излучения в тонких пленках серебра, полученных в чистом виде (2). Поверхность тонких пленок ($a \ll \lambda$) намного ближе к идеальной плоскости, чем поверхность массивных образцов, и, кроме того, в них меньше сказываются эффекты, связанные с многократным рассеянием электронов. Основные определения и обозначения, а также подробности экспериментального характера приводились ранее (2) и здесь опускаются.

Данные получены из измерений для вариантов Г и В, когда угол ψ влета электрона в мишень лежит в плоскости наблюдения и в перпендикулярной к ней плоскости соответственно. Измерения проводились при двух длинах волны, одна из которых (3400 Å) выбиралась близкой

к области прозрачности серебра ($\sim 3250\text{Å}$) и примерно соответствовала положению максимума интенсивности излучения в серебре ($\lambda \sim 3400\text{Å}$) при скользких углах влета электрона в мишень.

Излучение оказывается во всех случаях линейно поляризованным, причем знак поляризации для вариантов B и Γ соответствует предсказанию теории переходного излучения Гинзбурга-Франка. Для пленки степень поляризации высокая, достигает $95+97\%$, а измеренная величина перпендикулярной составляющей излучения (W_{\perp}) в большинстве случаев не превышает величины экспериментального фона. Исключения составляют случаи большого угла влета электрона в мишень ($\psi = 60^\circ$ и 75°) и $\lambda = 3400\text{Å}$, когда величина W_{\perp} становится несколько больше фонового значения. Однако вклад W_{\perp} является незначительным и полное излучение практически состоит из фотонов, поляризованных в плоскости излучения.

Зависимость спектральной плотности излучения от энергии электрона и угловые распределения излучения представлены соответственно на рис. 1 и 2. Результаты измерений сравниваются с формулами пере-

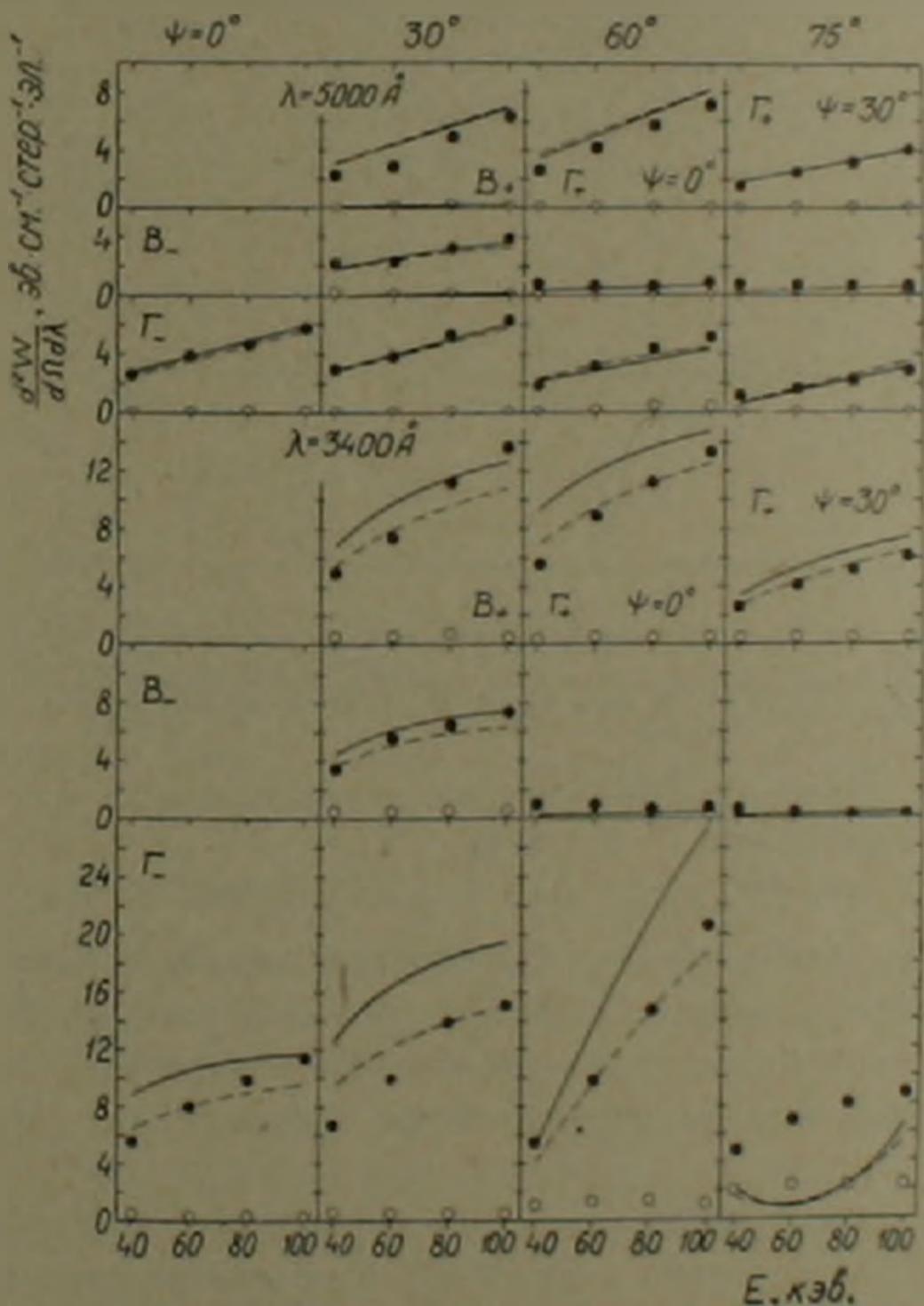


Рис. 1. Зависимость спектральной плотности энергии излучения от энергии электрона E для пленки серебра толщиной 633Å : \bullet — $W_{||}$, \circ — W_{\perp} . Излучение назад: B_{-} — $\theta = 127,5^\circ$; Γ_{-} — $\theta = 52,5^\circ$. Излучение вперед: B_{+} — $\theta = 52,5^\circ$; Γ_{+} — $\theta = -52,5^\circ$.

ходного излучения для пластинки ⁽⁶⁾. При вычислении кривых использовались оптические постоянные, измеренные нами ⁽²⁾ (пунктирные кривые для $\lambda = 5000 \text{ \AA}$), а также измеренные другими авторами (сплошные кривые ⁽⁷⁾ и пунктирные кривые для $\lambda = 3400 \text{ \AA}$ ⁽⁸⁾). Заметим, что оптические постоянные, соответствующие пунктирным кривым, были измерены для пленок, которые предварительно длительное время находились в воздухе.

Увеличение яркости свечения с ростом энергии электрона (рис. 1) хорошо согласуется с теорией переходного излучения (за исключением случая при $\psi = 75^\circ$). При $\lambda = 3400 \text{ \AA}$ зависимость спектральной плотности энергии излучения от энергии электрона отличается от линейной

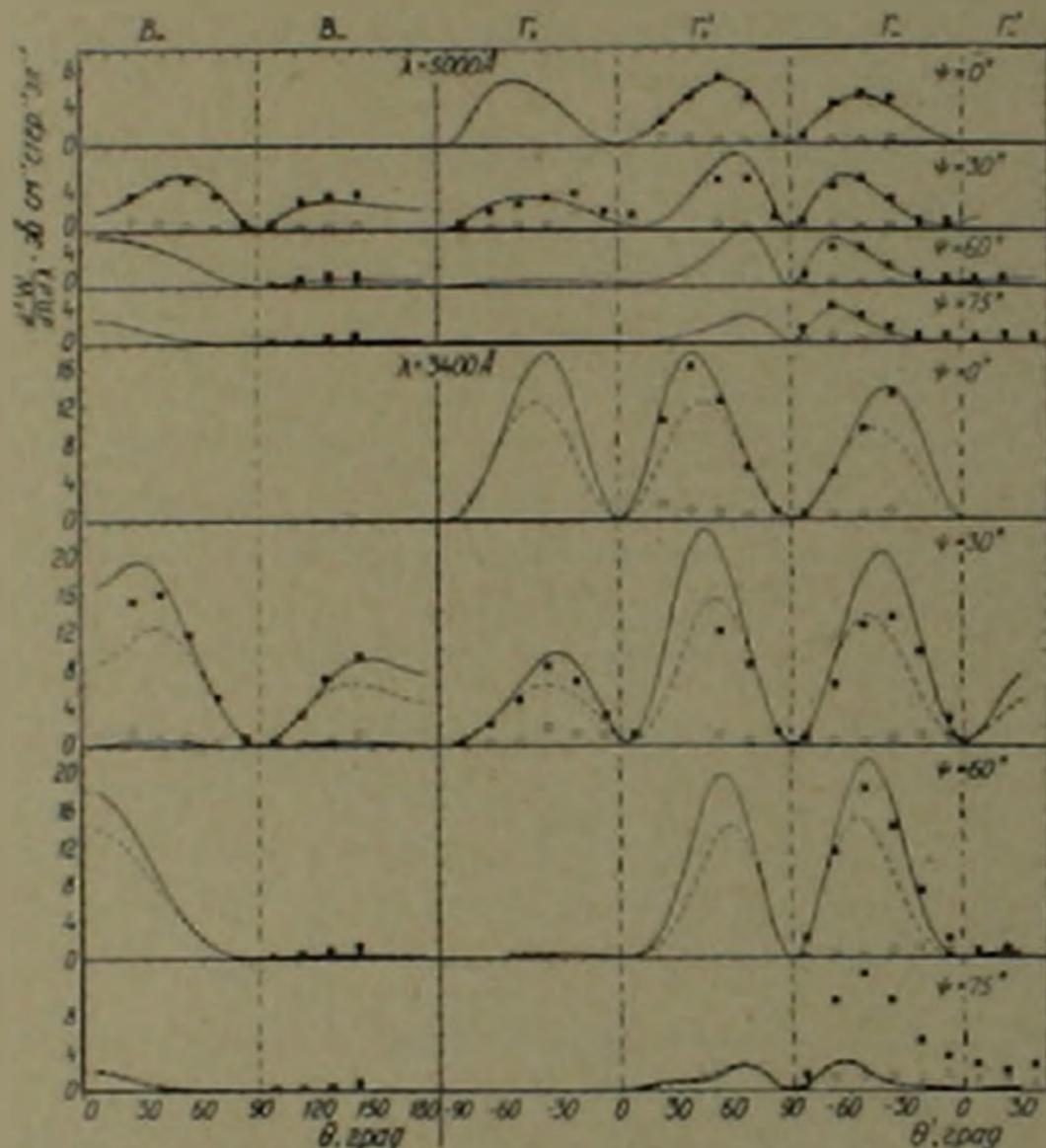


Рис. 2. Угловое распределение излучения для пленки серебра толщиной 633 \AA , $E = 80 \text{ кэВ}$: \bullet — W'_1 , \circ — W'_2 . B° , Γ° — излучение назад; B'° , Γ'° , Γ''° — излучение вперед

и носит более сложный характер. Наблюдается также хорошее согласие экспериментальных данных и теории по угловым распределениям излучения. Наблюдаемые небольшие отклонения измеренных значений от вычисленных, обусловлены многократным рассеянием электронов в мишени.

Изменение спектральной плотности переходного излучения с изменением угла влета электрона в мишень в простейшем случае имеет вид $\sim \cos^2 \psi$ ⁽⁹⁾. Но в зависимости от оптических постоянных она может приобретать более сложный вид, как это следует из рис. 3. Из данных этого рисунка следует, что измеренные значения хорошо согласуются с кривыми, вычисленными по формулам переходного излучения.

Таким образом, результаты настоящего эксперимента в целом показывают, что свечение тонких пленок серебра под действием нерелятивистских электронов, падающих на поверхность пленки под углами вплоть до $\psi = 75^\circ$, практически полностью состоит из фотонов переход

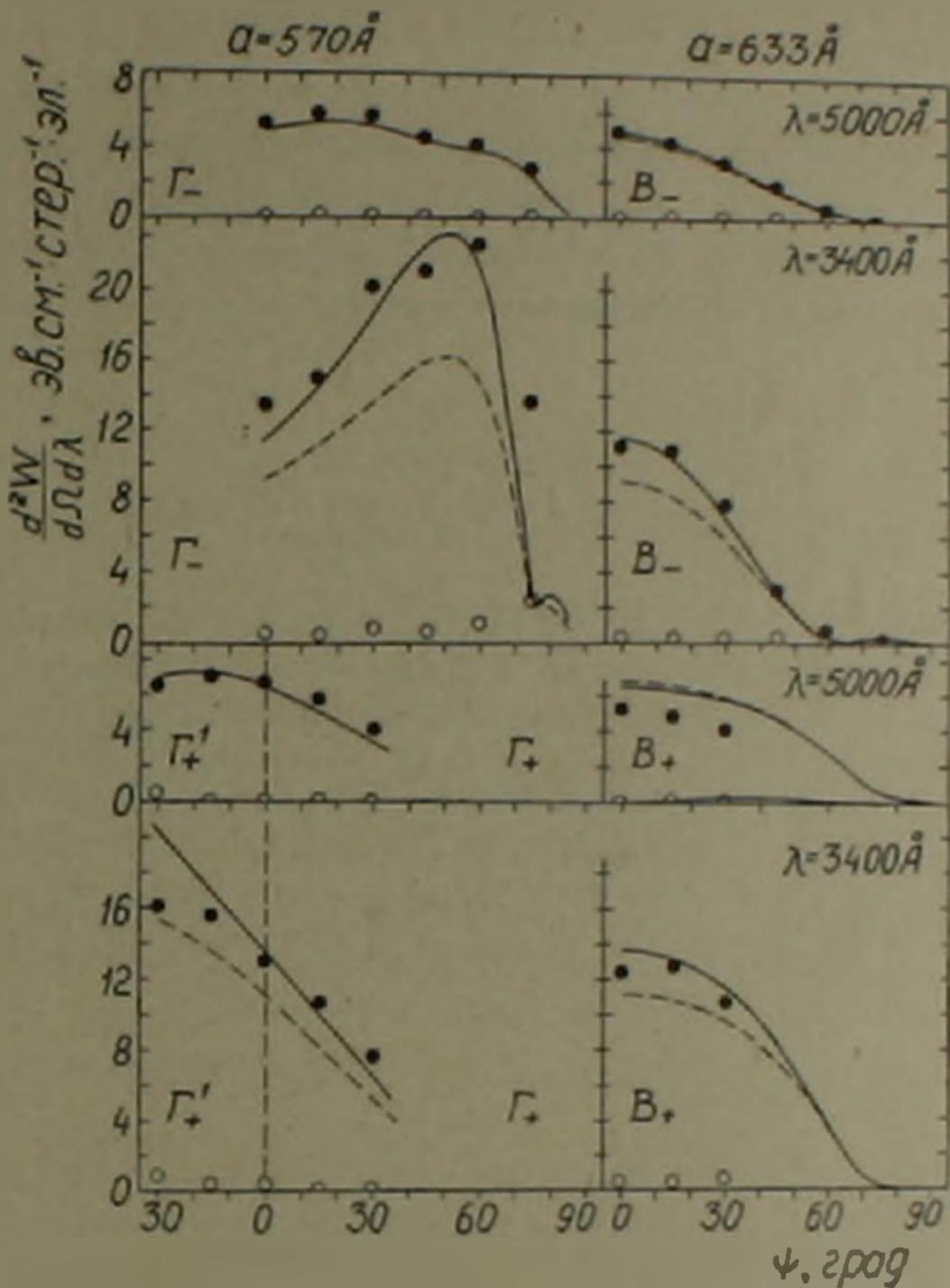


Рис. 3. Зависимость спектральной плотности энергии излучения от угла влета электрона и мишень для пленок серебра $E = 80 \text{ кэВ}$ ● — W , ○ — W' . Излучение назад: B_- — $\theta = 127.5^\circ$; Γ_- — $\theta = 52.5^\circ$. Излучение вперед: B_+ — $\theta = 52.5^\circ$; Γ_+ — $\theta = 52.5^\circ$; Γ_+' — $\theta = 52.5^\circ$.

ного излучения и экспериментальные данные с хорошей точностью согласуются с ожидаемыми по теории переходного излучения. Незначительная шероховатость поверхности тонких пленок (эта шероховатость ощущается только при $\psi = 75^\circ$) исключает возможность проявления других видов излучения (¹), имеющих место в случае массивных мишеней не только при скользящих углах влета, но и в интервале углов $\psi = 0^\circ \div 75^\circ$.

Էլեկտրոնների ճառագայթումն արժաթե բարակ թաղանթներում

Վերաբերվում են արժաթե բարակ թաղանթներով ոչ ուլտրախիտաթիկ էլեկտրոնների անցման ժամանակ առաջացող ճառագայթման փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները՝ սպեկտրի ուլտրախիտաթիկաին տիրույթում: Անալիզը ցույց է տալիս, որ այդ ճառագայթումը հիմնականում բաղկացած է անցումային ճառագայթման ֆոտոններից և փորձարարական տվյալները մեծ ճշտությամբ համընկնում են Ինդերբերգ-Ֆրանկի անցումային ճառագայթման սեպտյան հետ:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ F. R. Harutyunian, R. A. Hovhannisian, B. O. Rostomian, Phys. Lett., 37A, 163 (1971). ² Փ. Ր. Արտյոնյան, Ա. Խ. Մխիտարյան, Բ. Օ. Օվսեյան, Բ. Ա. Օզանեսյան, Բ. Օ. Րոստոմյան, ЖЭТФ, 62, 1263 (1972). ³ H. Boersch, P. Dobberstein, D. Fritzsche, G. Sauerbrey, Z. Phys., 187, 97 (1965). ⁴ G. E. Jones, L. S. Cram, E. T. Arakawa, Phys. Rev., 147, 515 (1966). ⁵ P. Dobberstein, G. Sauerbrey, Phys. Lett., 31A, 328 (1970). ⁶ В. Е. Пафомов, Труды ФИАИ, 44, 28, (1969). ⁷ E. A. Taft, H. R. Philipp, Phys. Rev., 121, 1100 (1961). ⁸ R. H. Huebner, E. T. Arakawa, R. A. Mackae, R. M. Hamm, J. Opt. Soc. Am., 54, 1434 (1964). ⁹ W. Steinman, Phys. Rev. Lett., 5, 470, (1960); Z. Phys., 163, 92 (1961).