

Письма в ЖЭТФ, том 16, вып. 6, стр. 320 – 324.

20 сентября 1972 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНОМАЛЬНОЙ ВТОРИЧНОЙ ЭМИССИИ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

М. П. Лорикян, Р. Л. Кавалов, Н. Н. Трофимчук

В работе приведены результаты исследований аномальной вторичной электронной эмиссии в области высоких энергий в зависимости от толщины пленки, от расстояния между сеткой и пленкой и от потенциала вытягивающей сетки.

В работе [1] была исследована аномальная вторичная электронная эмиссия из рыхлых пленок КС1 толщиной 25 мк и плотностью 2% при энергии электронов 100 – 1000 Мэв при постоянном значении напряжения на коллекторе. Зарядка производилась предварительным облучением слоя электронами с энергией ~ 10 кэв.

Ранее мы сообщали [2, 3] об управляемой вторичной электронной эмиссии из рыхлого диэлектрика, находящегося под напряжением, приложенным к нему с помощью электродов подложки и управляющей сетки касающихся рыхлого слоя. В результате этих исследований было показано, что при соприкосновении сетки с поверхностью рыхлого диэлектрика, эмиссия возникает без зарядки и приобретает управляемый характер, т. е. изменение напряжения на сетке, находящейся на поверхности пленки влечет за собой быстрое изменение коэффициента вторичной эмиссии.

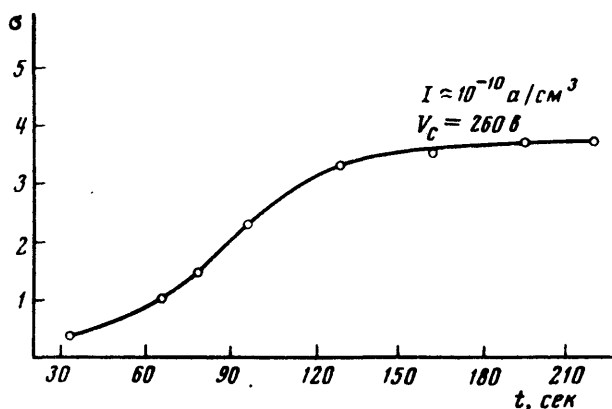


Рис. 1. Изменение коэффициента вторичной эмиссии от времени облучения пучком электронов с энергией 50 мэв. Потенциал сетки относительно подложки $V_c = 260$ в

Для сравнения характера процессов, происходящих в эмиттерах в случае расположения сетки на поверхности диэлектрического слоя и в случае удаления сетки от поверхности, в данной работе нами были проведены исследования эмиссионных характеристик слоев с сеткой, удаленной от поверхности, т. е. в условиях работы [1], но при разных значениях потенциала, приложенного к сетке и без предварительного пропускания через пленку электронов для зарядки.

Очевидно, что при прохождении релятивистских электронов через диэлектрические слои будет происходить зарядка поверхности диэлектрика при любом значении σ , так как первичные электроны беспрепятственно проходят пленку, а образование электронов вторичной эмиссии приводит к накоплению положительного заряда на поверхности пленки. При определенных значениях тока пучка ускорителя, сопротивления слоя и потенциала сетки V_c заряд на поверхности может возрасти до величины достаточной для образования аномальной эмиссии. Это можно видеть на рис. 1, где приведена зависимость коэффициента

вторичной эмиссии от времени облучения электронами с энергией 50 Mev для пленки толщиной 170 мк и зазором 2 мм . Рост в начале облучения соответствует увеличению заряда на поверхности вследствие зарядки, а плато — динамическому равновесию процессов зарядки и утечек заряда. Приведенные ниже результаты были получены в области плато этой кривой.

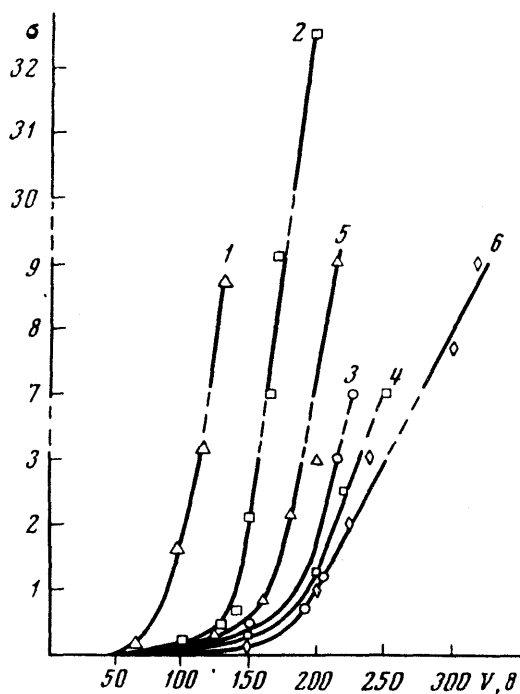


Рис. 2. Зависимость σ от V_g для пленок с толщинами: 25 мк (кривая 1), 50 мк (кривая 2), 100 мк (кривая 3) и 170 мк (кривая 4). (Расстояние поверхности диэлектрика-сетка равно 150 мк). Кривая 5 для пленки толщиной 170 мк , когда сетка лежит на поверхности, и кривая 6 для пленки толщиной 170 мк на зазоре поверхность-сетка, равном 2 мм

На рис. 2 приведены эмиссионные характеристики для пленок разных толщин: 25 , 50 , 100 , и 170 мк . Зазор сетка-поверхность не изменялся и был равен 150 мк . Из этих кривых видно, что с ростом потенциала V_g коэффициент вторичной эмиссии σ растет вначале относительно медленно, а затем кривые идут круче. Предельные значения точек на графиках соответствуют предпробойным напряжениям на сетке, т. е. при дальнейшем увеличении напряжения на сетке в пленке возникает пробой. При уменьшении напряжения ниже пробойного эмиссионные свойства пленки восстанавливаются.

Наличие процессов образования лавин и поглощения вторичных электронов приводит к тому, что должна существовать оптимальная толщина, при которой σ имеет наибольшее значение. Из рис. 1 следует, что максимальное значение σ действительно зависит от толщины слоя и при толщине 50 мк имеет наибольшее значение, равное $32,5$.

На том же рисунке приведены вольт-эмиссионные характеристики для пленок толщиной 170 мк без зазора и при величине зазора сетка-поверхность — 2 мм .

Из рисунка видно, что все зависимости имеют одинаковый вид, но сдвинуты по напряжению относительно друг друга, что происходит из-за разной величины напряженности поля в слоях, а также из-за того, что

потенциал поверхности пленки не может достигать потенциала сетки, а всегда остается несколько ниже него, и эта разность увеличивается с ростом расстояния между пленкой и сеткой.

Нами была проведена обработка результатов в предположении о лавинном размножении электронов в порах рыхлого слоя [4] подобно газовому разряду. Согласно этой теории зависимость $\ln \ln \sigma$ от $1/E$ есть линейная функция, где E — напряженность поля в слое. Результаты такой обработки экспериментальных кривых приведены на рис. 3. Графики функций действительно прямые линии, а вычисленные из них длины свободных пробегов ($L_e = 1,1 \cdot 10^{-4}$ см) в пределах экспериментальных ошибок совпадают с результатами работы [4], а также с результатом работы [5]. Гарвина в предположении линейной зависимости свободного пробега электронов от плотности вещества.

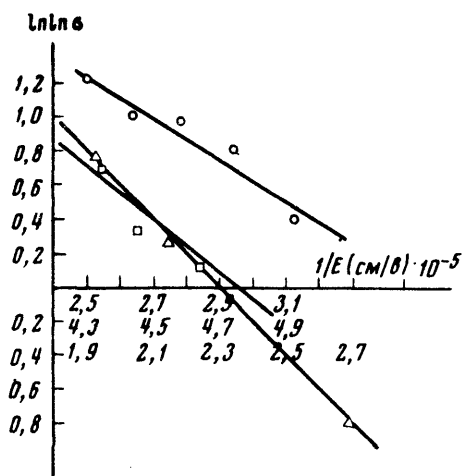


Рис. 3. Зависимости $\ln \ln \sigma = f(1/E)$: Δ — для пленки толщиной 25 мк, \circ — для пленки толщиной 50 мк, \square — для пленки толщиной 100 мк

Резюмируя изложенное выше, можно сделать вывод, что процессы, происходящие в слоях с сеткой, лежащей на КС1 и сеткой, удаленной от поверхности, одинаковы — т. е. внутренние процессы формирования вторичной эмиссии в слоях не зависят от способа реализации потенциала на поверхности диэлектрика [6].

Однако, согласно работе [4], $\sigma_{\text{макс}}$ для данного напряжения на сетке получается в первом случае сразу же после включения пучка, а во втором случае, достижение $\sigma_{\text{макс}}$ происходит в течение большого времени, что очевидно связано со временем зарядки пленки.

Авторы выражают глубокую благодарность А.И.Алиханьяну за постоянный интерес и поддержку работы; А.Ц.Аматуни, Г.М.Фарибяну и С.Г.Матиняну за полезные обсуждения; Н.Х.Арутюняну, А.А.Мутафяну за помощь в сборке и наладке установки; А.Барсебяну, Р.Оганяну и Р.Рашмаджяну, а также всему персоналу линейного ускорителя электронов Ереванского физического института за помощь в работе.

Литература

- [1] E.L.Garwin, J.Edgumbe. SLAC-PUB-156, 1965.
- [2] М.П.Лорикян и др. Изв. АН Арм. ССР, сер., Физ. '6, 297, 1971.

- [3] М.П.Лорикян и др. Изв. АН Арм. ССР, сер., Физ., 2, 7, 1972.
- [4] H.Jacobs, J.Greely, Frank A.Brand. Phys. Rev., 88, 3, 492, 1952.
- [5] J.Edgecumbe, E.L.Garwin, SLAC-PUB-154, 1965.
- [6] И.М.Бронштейн, Б.С.Фрайман. Вторичная электронная эмиссия, М., 1969.

Поступила в редакцию
7 августа 1972 г.
