

УПРАВЛЯЕМАЯ ВТОРИЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ
В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

М. П. ЛОРИКЯН, Р. А. КАВАЛОВ, Н. Н. ТРОФИМЧУК

В работе приведены экспериментальные результаты изучения явления управляемой вторичной электронной эмиссии из диэлектрических пленок KCl различной толщины и плотности при наличии в них электронов с энергией 50 Мэв . Напряжение на слой прикладывалось с помощью двух электродов: подложки и управляющей сетки, которые касались диэлектрического слоя. Показано, что при этом эмиссия возникает непосредственно после включения пучка (в пределах инерционности приборов) и коэффициент вторичной эмиссии сразу же принимает свое максимальное значение при данном напряжении на сетке.

Интерес к исследованиям вторичной электронной эмиссии из рыхлых диэлектрических слоев в области высоких энергий заметно возрос в связи с возможностью использования этого явления для регистрации и измерения энергии ультрарелятивистских частиц [1—7].

В предыдущих наших работах [6, 7] сообщалось об управляемой аномальной вторичной эмиссии, возникающей в рыхлом диэлектрике при прохождении релятивистских электронов, когда на него подавалось электрическое поле с помощью электродов, соприкасающихся с поверхностями диэлектрического слоя.

В настоящей работе мы приводим результаты дальнейшего изучения этого явления. Подробное описание экспериментальной установки дается в работах [6, 7]. Исследования проводились на пучке электронов от линейного ускорителя с энергией 50 Мэв , интенсивность пучка была порядка 10^{-10} а/см^2 .

Перед началом измерений эмиттеры испытывались под напряжением 550 в при выключенном пучке ускорителя. В цепи анода тока замечено не было.

На рис. 1 приведены зависимости коэффициента вторичной эмиссии σ от величины разности потенциалов на электродах эмиттера (вольт-эмиссионные характеристики) для слоев 2% плотности при двух значениях толщины пленки 100 мк и 170 мк (кривые 1 и 2 соответственно). Максимальное значение σ на кривых соответствует граничному V , выше которого в пленке возникает пробой. (При уменьшении напряжения после пробоя эмиссионные свойства эмиттера восстанавливаются). Как следует из рисунка, для толстого слоя кривая сдвинута в сторону больших значений V . Это связано с тем, что при данной разности потенциалов напряженность поля внутри толстого слоя меньше, чем в тонком слое.

На том же рисунке приводятся результаты исследования для пленок плотностью $0,5\%$ при двух значениях толщины: 120 мк (кривая

3) и 250 мк (кривая 4). Эти результаты показывают, что уменьшение плотности приводит к уменьшению τ_{max} , т. е. пробой пленки происходит при меньших значениях σ .

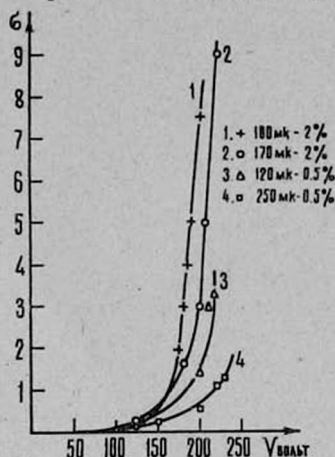


Рис. 1. Зависимость $\sigma = f(V)$ для слоев с касанием. Кривая 1 — толщина 100 мк, плотность 2%. Кривая 2 — толщина 170 мк, плотность 2%. Кривая 3 — толщина 120 мк, плотность 0,5%. Кривая 4 — толщина 250 мк, плотность 0,5%.

Для лучшего понимания процессов вторичной электронной эмиссии при соприкосновении сетки с поверхностью эмиттера и в случае, когда сетка отстоит от поверхности, мы исследовали зависимость σ от времени облучения после включения пучка ускорителя для этих двух случаев. Очевидно, что при прохождении релятивистских электронов через диэлектрические пленки при любом значении V происходит зарядка поверхности диэлектрика. Если сетка отстоит от поверхности эмиттера, то при определенных условиях (ток пучка, время облучения, потенциал сетки) заряд на поверхности возрастает до величины, достаточной для аномальной эмиссии, и σ будет зависеть от этих условий. Если же сетка касается поверхности, то напряженность поля в слое будет определяться только потенциалом сетки. При определенных значениях тока пучка заряд на поверхности возрастает до величины, которая достаточна для образования аномальной эмиссии.

На рис. 2 эти зависимости даны опять же для пленки толщиной 170 мк в случае удаления управляющей сетки на расстояние 0,2 и 2 мм

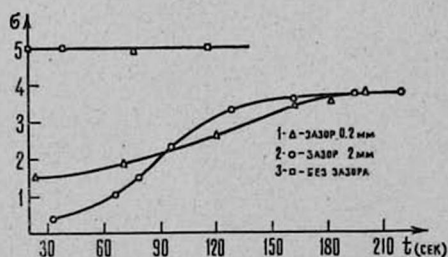


Рис. 2. Зависимость $\sigma = f(t)$ при фиксированном потенциале сетки V_c .

Δ — зазор 0,2 мм, $V_c = 235$ в,

$\circ$ — зазор 2 мм, $V_c = 260$ в,

$\square$ — без зазора, $V_c = 200$ в.

(кривые 1 и 2 соответственно). Когда величина зазора „поверхность слоя-сетка“ равна 0,2 мм, в момент включения пучка возникает небольшая эмиссия, но величина σ меньше, чем максимально возможное

значение σ для данного напряжения сетки V , и под действием пучка σ медленно растет до σ_{max} . В случае удаления сетки на 2 мм наблюдается такая же картина, но начальное значение σ еще меньше. Очевидно, что начальное значение σ обусловлено долей напряжения „подложка-сетка“, приходящей на пленку, а дальнейшее возрастание его вызвано зарядкой поверхности пленки. Когда сетка соприкасается со слоем (кривая 3), эмиссия возникает непосредственно после включения пучка (в пределах инерционности наших приборов) и σ сразу же принимает свое максимальное значение при данном напряжении V на сетке, оставаясь затем постоянным во времени.

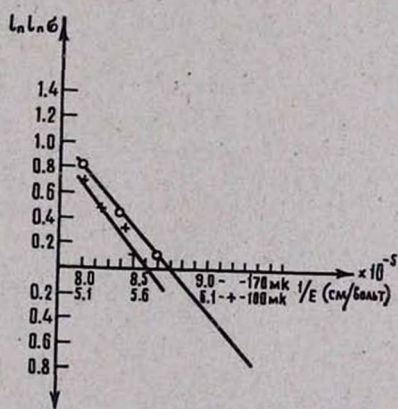
Если предположить, что сильный рост σ с V обусловлен лавинным размножением электронов в порах диэлектрического слоя подобно газовому разряду, то, следуя [8], можно написать

$$\ln \ln \sigma = \ln x + \ln A - 1,62 (V_i/L_e) (1/E),$$

где σ — коэффициент вторичной эмиссии, x — толщина слоя, A — постоянная величина, включающая в себя параметры, характеризующие состояние вещества, V_i — ионизационный потенциал вещества, L_e — свободный пробег электронов в порах, E — напряженность электрического поля.

На рис. 3 приведена экспериментальная зависимость $\ln \ln \sigma$ от $1/E$ для пленок плотностью 2% и толщиной 100 и 170 мк. Ясно видно, что зависимость $\ln \ln \sigma$ от $1/E$ действительно представляет собой прямую линию, т. е. и в нашем случае имеется полное согласие с пред-

Рис. 3. $\ln \ln \sigma = f(1/E)$, где E — напряженность поля в слое. $\times$ — толщина 100 мк, $\circ$ — толщина 170 мк. Плотность 2% от нормальной.



полагаемым механизмом о лавинном размножении вторичных электронов в порах слоя. Полученное эмпирическое соотношение между длиной свободного пробега L_e вторичных электронов и потенциалом ионизации вещества V_i ($L_e = 1,28 V_i \cdot 10^{-5} \text{ см}$) позволяет оценить L_e в предположении, что для KCL $V_i = 10 \text{ эв}$. Это значение $L_e = 1,28 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ на два порядка больше, чем для плотных слоев [9]. Если считать, что L_e линейно зависит от плотности вещества, то наши данные находятся в хорошем согласии с результатами работы [9].

К сожалению, использованная методика не позволяет исследовать такие важные характеристики эмиттеров, как инерционность и статистика, что дало бы возможность лучше изучить физику этого явления. Однако результаты этих работ показывают, что приближение сетки к поверхности слоя существенно меняет эмиссионные свойства эмиттера, а при соприкосновении сетки с поверхностью эмиссия возникает без зарядки поверхности и приобретает управляемый характер, т. е. изменение напряжения сетки влечет за собой быстрое изменение σ .

Ереванский физический институт

Поступила 21.VII.1972

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. М. Гарибян. ЖЭТФ, 37, 527 (1959).
2. А. И. Алиханян и др. ЖЭТФ, 44, 1122 (1963); ЖЭТФ, 46, 1212 (1964).
3. G. L. Garwin, J. Edgcombe. SLAC—PUB—156 (1965).
4. М. П. Лорикян. Изв. АН АрмССР, Физика, 2, 316 (1967); 1, 259 (1966); ПТЭ, 2, 29 (1968).
5. Г. Г. Бахшян и др. Изв. АН АрмССР, Физика, 2, 415 (1967).
6. М. П. Лорикян и др. Изв. АН АрмССР, Физика, 6, 297 (1971).
7. М. П. Лорикян и др. Изв. АН АрмССР, Физика, 7, 118 (1972).
8. H. Jacobs, J. Freely, Frank A. Braud. Phys. Rev., 88, 3, 492 (1952).
9. J. Edgcombe, E. L. Garwin. J. Appl. Phys., 37, 2916 (c) (1966).

ՂԵԿԱՎԱՐՎՈՂ ԵՐԿՐՈՐԴԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ԷՄԻՍԻԱՆ ՔԱՐՁՐ ԷՆԵՐԳԻԱՆՆԵՐԻ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ

Մ. Պ. ԼՈՐԻԿՅԱՆ, Ռ. Լ. ԿԱՎԱԼՈՎ, Ն. Ն. ՏՐՈՖԻՄՉՈՒԿ

Աշխատանքում արված են ղեկավարվող երկրորդային էլեկտրոնային էմիսիայի էքսպերիմենտալ ուսումնասիրության արդյունքները տարբեր հաստության և խտության KCl-ի դիէլեկտրիկ թաղանթներում՝ նրանց մեջ էլեկտրական դաշտի առկայության դեպքում և նրանց միջով 50 ՄէՎ էներգիա ունեցող ուղիղաձիգային էլեկտրոնները անցնելիս: Ցույց է տրված, որ այդ դեպքում էմիսիան առաջանում է փոքր միացումից անմիջապես հետո (տարբեր իներցիոնության սահմաններում) և երկրորդային էմիսիայի զործակիցը անմիջապես ընդունում է իր մաքսիմալ արժեքը, ցանցի վրա արված լարվածության տվյալ արժեքի դեպքում:

CONTROLLABLE SECONDARY ELECTRON EMISSION AT HIGH ENERGIES

M. P. LORIKIAN, R. L. KAVALOV, N. N. TROFIMTCHUK

In this work the results of experimental investigation of controllable secondary electron emission from KCl low density dielectric films of different thicknesses and densities in high electric field at the passage of 50 MeV electrons are given.