

С. В. СТАРОДУБЦЕВ

## ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ТОНКИХ СЛОЕВ $V_2O_3$ ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 31 VII 1948)

Бомбардировка электронами тонких диэлектрических слоев, нанесенных на металлическую подкладку, вызывает при некоторых условиях появление интенсивной собственной электронной эмиссии бомбардируемых мишеней. Причиной эмиссии является положительный заряд поверхности диэлектрика. Это явление, открытое Мальтером<sup>(1)</sup>, в дальнейшем исследовалось многими авторами<sup>(2-16)</sup>. Тем не менее методика его изучения до сих пор страдает недостатками, которые препятствуют выяснению основных физических закономерностей. Главный недостаток, по нашему мнению, заключается в весьма искусственном способе создания положительного заряда на поверхности диэлектрической пленки. Положительный заряд создается потоком отрицательно заряженных частиц. Это накладывает ограничения на величину скорости бомбардирующих электронов, приводит к созданию в диэлектрике не только положительных, но и отрицательно заряженных центров и, возможно, является причиной поверхностной неоднородности эффекта. В результате, не только усложняется проведение опытов, но и затрудняется интерпретация полученных характеристик.

Автором применен более естественный метод создания положительного заряда пленки при помощи положительных же ионов.

Для опытов применялся прибор, в котором поддерживался высокий вакуум  $\approx 10^{-6}$  мм Hg. Спираль из вольфрамовой проволоки с запрессованными в нее порошками  $V_2O_3$  служила источником положительных ионов и испарителем для получения диэлектрических пленок. На расстоянии 40 мм от нее помещался никелевый коллектор с отверстием  $1 \times 10$  мм<sup>2</sup>, через которое ионы могли проникать на второй коллектор, имевший щель  $0,2 \times 6$  мм<sup>2</sup>. Частицы, прошедшие через эту щель, попадали в масс-анализатор, применявшийся для контроля состава положительных ионов в пучке. Гальванометр в цепи первого коллектора измерял ток  $I$ , равный сумме первичного тока ионов  $I_+$  и вторичного электронного тока  $I_-$ . Ток со второго коллектора оценивался зеркальным гальванометром или электрометром и служил мерой доли положительных ионов  $I_+$  в общем токе  $I$ .

Диэлектрическая пленка формировалась путем испарения соли или окисла из спирали на первый коллектор. Грубая оценка толщины пленки производилась расчетом, учитывающим геометрию электродов и полное количество вещества, испаренное спиралью. Контроль этого способа осуществлялся оценкой порядка интерференционных полос „равной толщины“.

Ток положительных ионов со спиралей, содержащих  $V_2O_3$ , состоял в основном из ионов  $K^+$  (естественные загрязнения препарата

калием), в отдельных случаях наблюдались токи ионов  $B_2O^+$ , но число таких ионов не превосходило 3% от ионов  $K^+$ .

После включения накала спирали и начинавшегося накопления окисла на коллекторе, происходило постепенное возрастание тока  $I$ . При толщине пленки  $\approx 2 \cdot 10^{-4}$  см этот ток внезапно увеличивался от  $3 \cdot 10^{-6}$  А до значения, лимитированного лишь внешним балластным сопротивлением. Скачок тока  $I$  не сопровождался соответствующим изменением  $I_+$  и, следовательно, увеличение суммарного тока шло за счет резкого увеличения электронной эмиссии пленки.

После того как произошел скачок тока, можно было выключить накал спирали и таким образом прекратить первичный ионный ток. При этом общий ток почти не испытывал изменений, тогда как ток  $I_+$  падал почти до нуля. Это явилось доказательством отсутствия в приборе газоразрядных ионных токов. В этом случае эмиссия целиком обуславливалась электронами, вырывающимися полем положительного заряда пленки.

Если размыкалась цепь батарей, то эмиссия сразу же прекращалась и для ее восстановления нужно возобновить ионную бомбардировку. После того как была сформирована необходимая толщина пленки, ее эмиссию можно было вызвать многократно, однако для этого требовался ток  $I_+ > 3 \cdot 10^{-6}$  А.

Исследования, выполненные с КСІ и пленками  $MgO$  и  $BaO$ , получаемыми окислением металлических слоев, показали аналогичную картину явления.

Объяснение наблюдаемых фактов сводится, по нашему мнению, к следующему.

При достаточной толщине диэлектрической пленки ионы, ударяющиеся о поверхность мишени, создают поверхностный положительный заряд, вызывающий сильное поле в диэлектрике. Это поле производит вырывание электронов из подкладки. При этом процесс вырывания связан с прохождением электронами всей толщины пленки. В том случае, когда длина свободного пробега соизмерима с толщиной пленки, возможна ударная ионизация внутри диэлектрика, которая приводит к увеличению положительного заряда.

Как нам кажется, последний процесс дает единственное возможное объяснение длительному существованию эмиссии электронов из пленки после выключения первичного пучка ионов в условиях высокого вакуума. В этом случае устанавливается устойчивое равновесие между числом образуемых в диэлектрике (+)-ионов и числом (-)-ионов, исчезающих из пленки за счет рекомбинации и проводимости всех видов.

С этой точки зрения заряд пленки независимо от способа его возбуждения не может быть чисто поверхностным; он должен быть распределен каким-то образом по всей толще диэлектрика.

Поступило  
31 VII 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> L. Muller, Phys. Rev., 49, 378 (1936); 50, 48 (1936). <sup>2</sup> H. Mahl, Phys. Rev., 12, 986 (1937). <sup>3</sup> E. R. Piore, Phys. Rev., 51, 1111 (1937). <sup>4</sup> R. H. Koller and R. P. Johnson, Phys. Rev., 52, 519 (1937). <sup>5</sup> H. Mahl, Z. Techn. Phys., 19, 313 (1938). <sup>6</sup> J. Muhlenpfordt, Z. Phys., 108, 698 (1938). <sup>7</sup> H. Nelson, Phys. Rev., 55, 985 (1939). <sup>8</sup> А. С. Коршунова и Н. С. Хлебников, ЖТФ, 9, 860 (1939). <sup>9</sup> Н. С. Хлебников, УФН, 21, 301 (1939). <sup>10</sup> Н. Д. Моргулис, ЖТФ, 9, в. 10 853 (1939). <sup>11</sup> Н. Д. Моргулис, ЖТФ, 16, 1710 (1940). <sup>12</sup> H. Brünning and I. H. de Voeer, Physica, 6, 823 (1939). <sup>13</sup> А. Е. Кадышевич, ЖТФ, 16, 1384 (1940). <sup>14</sup> П. В. Тимофеев, ДАН, 25, 11 (1939); Изв. АН СССР, сер. физ., 8, 340 (1944). <sup>15</sup> Р. М. Аронович, Изв. АН СССР, сер. физ., 8, 346 (1934). <sup>16</sup> Зернов, Диссертация, Ленинград, 1947.