

В. Н. ВЕРЦНЕР

ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 11 III 1947)

Формирование электронного пучка является одним из существеннейших факторов, определяющих работу электронного микроскопа, поэтому вопросу конструкции электронной пушки, служащей источником электронов в электронных микроскопах, уделяется обычно весьма много внимания (1-4).

Рациональная конструкция электронной пушки должна обеспечить получение интенсивного электронного пучка малой апертуры и нужного направления.

Основными элементами электронной пушки являются: катод, первый управляющий электрод — цилиндр Венельта и анодный цилиндр с анодной диафрагмой (рис. 1). Катод представляет собой обычно V-образно согнутую вольфрамовую проволочку диаметром порядка 0,1 мм и находится под высоким отрицательным напряжением, в то время как анодный цилиндр заземляется.

Управление степенью расхождения электронов, т. е. угловой апертурой пучка электронов, выходящего из электронной пушки осуществляется цилиндром Венельта. Для этой цели на цилиндр Венельта либо подается отрицательное смещение (несколько сот вольт относительно нити) либо, если он находится при потенциале нити, нить перемещается внутри цилиндра.

Направление пучка электронов, выходящего из электронной пушки, в основном, определяется положением конца нити относительно центра диафрагмы цилиндра Венельта. Предварительная центрировка нити обычно оказывается недостаточной, так как, с одной стороны, ввиду длинного пути, проходимого электронным пучком в электронном микроскопе, требуется очень большая точность в установке нити, что трудно осуществить из-за тонкости и недостаточной жесткости нити, а с другой стороны, она значительно деформируется при накале; наконец, происходит миграция места с интенсивной электронной эмиссией во время работы микроскопа.

В связи с этим электронные микроскопы обычно имеют весьма сложные устройства, позволяющие производить наклон и параллельное перемещение пушки или осветительной системы микроскопа относительно других частей прибора (микроскоп Сименса, RCA типы В и ЕМУ, Арденне (1, 2, 5-8)). Последним весьма усложняется конструкция микроскопов, их юстировка, а следовательно, и работа на них. Для сохранения нормальной яркости конечной картины приходится по той же причине пользоваться весьма большим током эмиссии, так как лишь небольшая часть электронов используется рационально.

В электронных микроскопах ГОИ этот недостаток устранен тем, что имеется возможность во время работы микроскопа производить

весьма точно перемещения нити относительно отверстия диафрагмы цилиндра Венельта, причем нить можно перемещать как в горизонтальном направлении, так и в вертикальном (см. рис. 1) ^(9, 10). С помощью имеющихся приспособлений можно в течение 1—2 мин. устанавить нить в нужное положение и получить хорошо сформированный и интенсивный пучок при сравнительно небольшой общей эмиссии. Обычно работа с этими микроскопами производится при эмиссии всего в 20—60 μA и при этом яркость конечной картины не уступает яркости, получаемой при тех же увеличениях, например, в микроскопах фирмы RCA типа В и EMU, хотя в них применяются токи эмиссии порядка 300—500 μA .

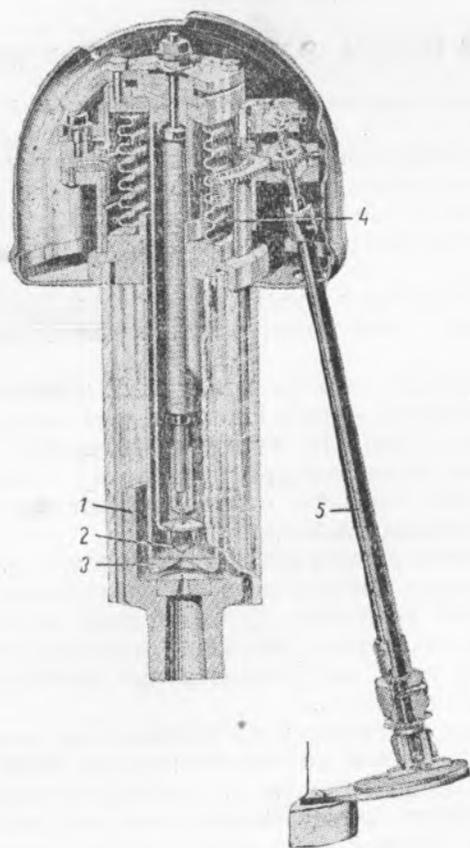


Рис. 1. Схема электронной пушки микроскопа ГОИ (перемещение нити относительно диафрагмы цилиндра Венельта осуществляется за счет изгиба и растяжения гибкого сильфонового соединения). 1 — анод, 2 — нить, 3 — цилиндр Венельта, 4 — сильфон, 5 — рукоятка управления нитью

Столь небольшие значения тока высокого напряжения, потребляемого микроскопом, позволили сильно упростить схему питания микроскопа, осуществление которой обычно бывает связано с серьезными затруднениями, так как для питания электронных микроскопов требуется очень высокая степень стабилизации высокого напряжения.

Нами были проведены исследования по выяснению точности, с которой следует устанавливать нить в электронной пушке относи-

тельно диафрагмы цилиндра Венельта. На рис. 2 приведена одна из типичных кривых, дающая зависимость яркости свечения экрана для конечного изображения в микроскопе от величины смещения нити в плоскости, параллельной диафрагме; яркость свечения экрана при оптимальном положении нити принята за единицу. Из графика видно, что при смещении нити всего на 0,05 мм от ее оптимального положения яркость падает в 2 раза, а при смещении на 0,10 мм яркость конечной картины уменьшается в 5 раз.

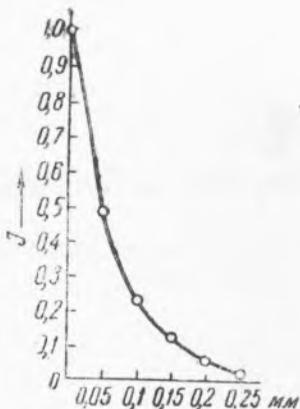


Рис. 2. Зависимость яркости свечения экрана для конечной картины от горизонтального перемещения нити. Ускоряющее напряжение 45 kV. Отверстие диафрагмы цилиндра Венельта 0,5 мм

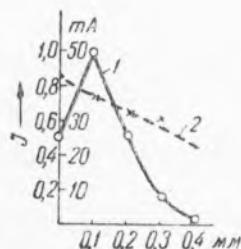


Рис. 3. 1 — кривая зависимости яркости свечения экрана для конечной картины от вертикального перемещения нити; 2 — кривая зависимости тока электронной эмиссии от вертикального перемещения нити. Ускоряющее напряжение 45 kV. Отверстие диафрагмы цилиндра Венельта 0,5 мм

При перемещении нити в вертикальном направлении яркость экрана меняется так, как показано на рис. 3, кривая 1, причем за нулевое положение принято то, которое соответствует положению кончика нити в плоскости диафрагмы. Кривая 2 дает значение соответствующих токов электронной эмиссии. Наибольшее количество электронов, выходящих из пушки, попадает на конечный экран тогда, когда нить углублена в цилиндр Венельта приблизительно на 0,1 мм; в этом случае общий ток электронной эмиссии уменьшается на 15%.

Автор приносит благодарность академику А. А. Лебедеву за сделанные указания и интерес, проявленный к настоящей работе.

Государственный оптический институт

Поступило
11 III 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ M. V. Ardenne, *Electronen Übermikroskopie*, J. Springer, 1940.
² V. K. Zworykin, G. A. Marton, E. G. Ramberg, V. Hillier and A. W. Vance, *Electron Optics and the Electron Microscope*, J. Wiley and Sons, N.-Y., 1945.
³ J. Hillier and R. F. Baker, *J. Appl. Phys.*, 16, 469 (1945). ⁴ J. Hillier and R. F. Baker, *J. Appl. Phys.*, 17, 12 (1946). ⁵ B. v. Borries und E. Ruska, *Z. wiss. Mikroskopie*, 56, 317 (1939). ⁶ B. v. Borries und E. Ruska, *Ergebnisse d. exakten Naturwiss.*, 19, 283 (1940). ⁷ *Rev. Sci. Instr.*, 15, 154 (1944). ⁸ V. K. Zworykin and J. Hillier, *J. Appl. Phys.*, 14, 658 (1943). ⁹ В. Н. Верцнер, *Электронный микроскоп ГОИ, Диссертация, ГОИ, 1945.* ¹⁰ В. Н. Верцнер, *Журн. Опико-механич. промышленность*, № 5 — 7 (1946).