

10;11;12

©1995

ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ЗЕРКАЛО С ЗАКРЫТЫМИ ТОРЦАМИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПО ЭНЕРГИИ ВТОРИЧНЫХ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ СО СКАНИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦА

Л.П.Овсянникова, Т.Я.Фишкова, Е.В.Шпак

Во многих задачах исследования твердого тела необходимо сканировать поверхность образца первичным пучком. При этом образец должен быть расположен в свободном пространстве вне анализатора. Такое положение объекта имеет место в цилиндрическом зеркальном анализаторе с торцевыми электродами (ЦЗАТ), предложенном в работе [1]. По основным параметрам ЦЗАТ не уступает классическому цилиндрическому зеркальному анализатору (ЦЗА), у которого объект расположен либо внутри анализатора при длинных электродах, либо вблизи торца, представляющего собой набор электродов, обеспечивающих распределение потенциала по логарифмическому закону. Поэтому аппаратура для создания первичного пучка и его отклонения может располагаться лишь внутри малого цилиндра, что крайне неудобно.

Целью настоящей работы является определение параметров ЦЗАТ при сканировании поверхности образца тонким первичным пучком. Задача решалась численным методом на персональном компьютере по программам для расчета двумерных задач электронной оптики.

Оптимальная геометрия и режим работы ЦЗАТ найдены в работе [1]. При этом соотношение радиусов внешнего и внутреннего цилиндров $r_2/r_1 = 2.3$, расстояние между плоскими торцевыми электродами $l = 5.2r_1$. Образец расположен на оси системы вне анализатора на расстоянии $0.5r_1$ от торца, оптическая сила энергоанализатора $F = -e(V_2 - V_1)/W_0 = -0.662$ (V_2 — потенциал на внешнем цилиндре, V_1 — на внутреннем цилиндре и торцевых электродах, e и W_0 — заряд и энергия настройки соответственно).

Для указанного режима найдена зависимость расстояния между точечным источником и точкой пересечения траекторией оси системы (z_0) от начального угла входа в анализатор (θ_0). Она представлена на рис. 1 сплошной кривой, штриховой кривой показана аналогичная зависимость

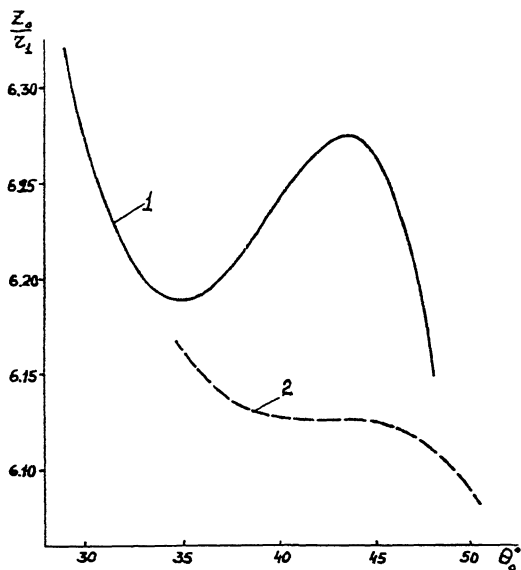


Рис. 1. Зависимость расстояния между точечным источником и точкой пересечения траекторией оси системы от начального угла входа для ЦЗАТ (1) и ЦЗА (2).

для классического ЦЗА. В отличие от ЦЗА, у которого существует фокусировка второго порядка по углу при $z_0 = 6.13r_1$ вокруг центральной траектории с начальным углом $\theta_0 = 42.2^\circ$, у ЦЗАТ имеются два экстремума при $\theta_{01} = 38.8^\circ$ ($z_{01} = 6.19r_1$) и при $\theta_{02} = 43.5^\circ$ ($z_{02} = 6.28r_1$), вблизи которых существует фокусировка первого порядка. Поскольку эти экстремумы близки, то в диапазоне начальных углов раствора пучка $\Delta\theta_0 = 10-17.5^\circ$ размер изображения в продольном направлении равен $\Delta z_0 = (0.06 - 0.11)r_1$. При этом оказалось, что в поперечном направлении диаметр кроссовера, расположенного при $z_k = 6.24r_1$, остается неизменным и составляет $d_k = 0.07r_1$.

Путем численного расчета траекторий пучка с различными начальными энергиями определены продольная и поперечная дисперсии ЦЗАТ, которые оказались равными $D_z = 6.0r_1$, $D_r = 5.0r_1$. При этом разрешающая способность энергоанализатора в случае, когда выходная щель расположена перпендикулярно оси системы, равна $R = 73$ при максимальном угле пропускания $\Delta\theta_0 = 47^\circ - 29.5^\circ = 17.5^\circ$.

Рассчитаны траектории заряженных частиц, вылетающих с поверхности образца на различных расстояниях от его центра вдоль продольной оси системы (горизонтальное сканирование) и в перпендикулярном направлении (вертикальное сканирование). Траектории, попадающие в кроссовер ($z_k = 6.24r_1$, $d_k = 0.07r_1$), определяют светосилу ана-

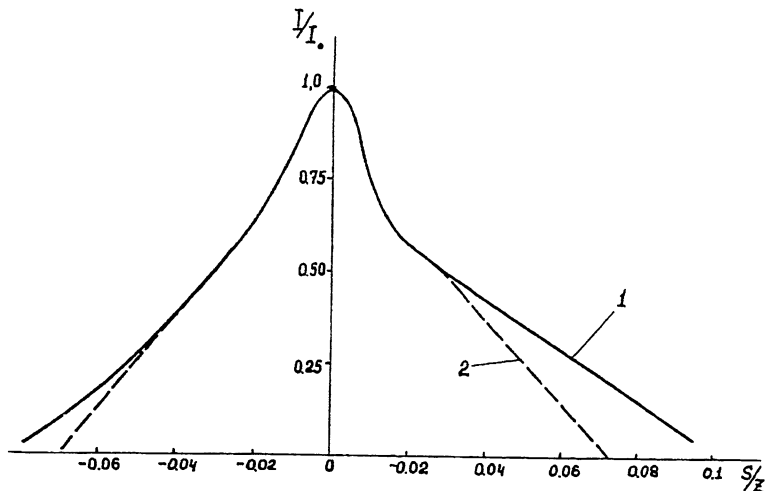


Рис. 2. Зависимость светосилы ЦЗАТ при сканировании в горизонтальном (1) и вертикальном (2) направлениях.

лизатора (при условии равномерного распределения интенсивности по углу). На рис. 2 представлены зависимости светосилы ЦЗАТ от величины отклонения первичного пучка от центра образца ($\pm s$), нормированной к ее максимальному значению при $s = 0$. Из рисунка видно, что светосила уменьшается вдвое при сканировании на $\pm 0.03r_1$ и лишь при $s = \pm 0.1r_1$ пучок не попадает в щель приемника. Нами выполнены расчеты классического ЦЗА, у которого разрешающая способность и светосила для точечного источника одинаковы с ЦЗАТ ($R = 80$, $\theta_0 = 42.3^\circ \pm 7^\circ$). В этом случае пучок не попадает в выходную щель как при горизонтальном, так и при вертикальном сканировании, если отклонение от центра составляет $\pm 0.05r_1$, т. е. вдвое меньшим, чем у ЦЗАТ.

В работе [2] рассчитана аппаратная функция квазиклассического энергоанализатора при смещении положения источника (что равносильно горизонтальному сканированию образца) и проведено сравнение с трехцилиндрическим энергоанализатором. Существенное ухудшение светосилы указанных анализаторов, а также классического ЦЗА позволяет сделать вывод о том, что светосила анализаторов, имеющих "острую" (второго и более высокого порядка) фокусировку, значительно уступает ЦЗАТ при ЦЗАТ со сканированием поверхности образца, справедливый и для объекта конечных размеров, либо при засветке образца первичным пучком большого диаметра. При этом светосила сильно возрастает, так как является интегральной функцией рабочей площади образца.

Список литературы

- [1] *Овсянникова Л.П., Фишкова Т.Я.* // ЖТФ. 1994. Т. 64. В. 10. С. 174-177.
- [2] *Кузьмин М.В., Уткин К.Г.* // ЖТФ. 1995. Т. 65. В. 1. С. 163-165.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе РАН
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
28 июня 1995 г.
