

10;12
©1993

О РАЗРЕШЕНИИ КВАЗИКОНИЧЕСКОГО ЭНЕРГОАНАЛИЗАТОРА

М.В.Кузьмин, К.Г.Уткин

В цилиндрическом зеркальном анализаторе (ЦЗА) два варьируемых параметра — начальная энергия частицы W и угол α , образуемый вектором начальной скорости и осью z , — для точечного осевого источника определяют траекторию частицы в поле ЦЗА и после его прохождения [1]. Существуют вполне определенные значения W и α , при которых осуществляется фокусировка второго порядка типа “ось-ось”, или “ось — минимальное сечение (кроссовер) пучка на оси”. Логично предположить, что увеличение числа таких варьируемых параметров приводит к существенному фокусировки более высокого порядка или, по крайней мере, существенному уменьшению сферической аберрации.

Одним из типов полей, для которых возможно увеличение числа варьируемых параметров, являются электростатические квазиконические поля, анализ дисперсионных и фокусирующих свойств которых проведен в [2]. Поле, потенциал которого в безразмерных переменных удовлетворяет выражению $\varphi = \ln r - r^2/2 + z^2 + d$, названо разностным. Постоянная d определяет значение потенциала в седловой точке поля ($z = 0, r = 1$). Ниже рассмотрен случай $d = 1.5$.

Траектория частицы в разностном поле зависит не только от W и α , но и от координаты точки источника z_0 и формы вунтренного электрода, определяемой условием $\varphi_n = \text{const}$, где φ_n — значение потенциала данного электрода.

Методом численного интегрирования были построены траектории частиц в разностном поле, вылетающих из точечного источника, расположенного на оси z в точке с координатой z_0 . Расчеты проводились для положительно заряженной частицы, энергия которой выражалась в единицах разности потенциалов, приложенных к эквипотенциальным поверхностям $\varphi = 0$ и $\varphi = 1$, т.е. в единицах безразмерного потенциала. Рассмотрены случаи поверхностей вунтренного электрода, соответствующих $\varphi_n = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$. Форма и положение внешнего электрода с потенциалом φ_v выбирались таким образом, чтобы его поверхность была по возможности приближена к пучку частиц. Но пучок частиц не должен врезаться во внешний электрод при малой вариации начальной энергии данного пучка. Для вышепе-

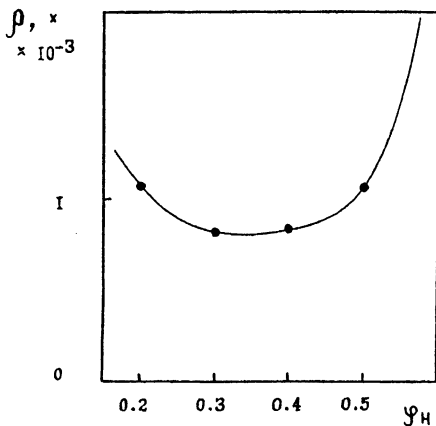


Рис. 1. Зависимость базового разрешения ККЭА ρ от выбора поверхности внутреннего электрода φ_H .

речисленных значений φ_H величина φ_B составила 0.85, 0.90, 0.95, 1.00, 1.10 соответственно. Рассматриваемая система из двух электродов с потенциалами φ_H и φ_B образует квазиконический энергоанализатор (ККЭА). Фиксируя значение φ_H , оптимизировались начальные условия — угол наклона осевой (средней) траектории пучка α_0 , координата источника z_0 , а также начальная энергия W_0 , при которых пучок

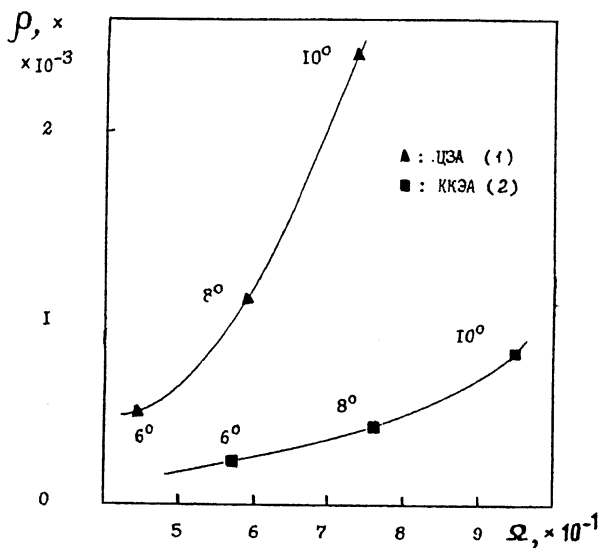


Рис. 2. Зависимость базового разрешения ρ от величины телесного угла Ω в ЦЗА (1) и ККЭА (2).

имел минимальное сечение на оси в плоскости расположения коллектора. Угол раствора пучка не менялся и составлял 10° . Положение и радиус коллектора, расположения и размеры входной и выходной щелей во внутреннем электроде определялись по огибающей оптимизированного пучка. Так, для $\varphi_n = 0.3$ оптимальные параметры имеют следующие значения: $W_0 = 1.0948$, $\alpha_0 = 60^\circ$, $z_0 = -0.76$. Радиус пучка в плоскости коллектора составил 2.94×10^{-4} , координата коллектора $z_1 = 0.74476$.

Разрешение ККЭА определялось по основанию пика аппаратной функции. Ширина основания пика $\Delta W = 9 \cdot 10^{-4}$. Следовательно, при указанных оптимальных параметрах базовое разрешение ККЭА $\Delta W/W_0 = 8.2 \cdot 10^{-4}$, или 0.082%.

На рис. 1 представлена зависимость разрешения ККЭА от выбора поверхности внутреннего электрода. На интервале $0.3 \leq \varphi_n \leq 0.4$ кривая имеет слабовыраженный минимум. Базовое разрешение не хуже $8.3 \cdot 10^{-4}$. Вне указанного интервала разрешение ухудшается.

Разрешение по аппаратной функции в ЦЗА приводилось многими авторами. Нами было проведено сравнение разрешения ЦЗА и ККЭА в зависимости от величины телесного угла при условии использования одинаковых методик вычисления. На рис. 2 показана зависимость разрешения по основанию пика аппаратной функции ККЭА (для $\varphi_n = 0.3$) и ЦЗА. Сопровождающими каждую кривую цифрами указывается угол (в градусах) раствора пучка. Видно, что разрешение в ККЭА значительно лучше. Вычисленное в [3] базовое разрешение ЦЗА, равное 0.37%, для телесного угла 0.884 хорошо согласуется с данными настоящей работы.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о весьма перспективном использовании ККЭА как светосильного энергоанализатора со сравнительно высоким разрешением.

Список литературы

- [1] Афанасьев В.П., Явор С.Я. Электростатические энергоанализаторы для пучков заряженных частиц. М.: Наука, 1978. 244 с.
- [2] Голиков Ю.К., Уткин К.Г., Холин Н.А., Чепарухин В.В. Дисперсионные и фокусирующие свойства квазиконических полей. Препринт № 4, НТО АН СССР. Л., 1987. 29 с.
- [3] Горелик В.А., Машинский Ю.П., Пиковская Т.М., Протопопов О.Д. // ПТЭ. 1979. В. 1. С. 38–41.

Поступило в Редакцию
30 мая 1993 г.