

щего электрода и плоскостью анода. Оптимизируя геометрию такой системы, можно добиться почти полной независимости положения фокусного пятна от тока пучка. Так, например, во всем диапазоне токов пучка от 0 до 200 мА измеренное смещение положения фокусного пятна у такого оптимизированного генератора не превысило 1% [2.57], тогда как у простого трехэлектродного генератора при  $U_B=150$  кВ в диапазоне токов пучка 0—100 мА положение пятна изменяется более чем на 10%.

У длиннофокусных трехэлектродных генераторов (см. рис. 2.7,д) электронный пучок под действием управляющего электрода специальной формы вблизи катода рассеивается, а вблизи анода — фокусируется таким образом, что фокусное пятно образуется в свободном от полей заанодном пространстве [2.58]. Подобные системы выполняются с петлевыми катодами на малые токи [2.91] и на токи до 50 [2.92] и с торцевыми катодами — на токи до 200 мА [2.59]. Малая напряженность поля вблизи катода такого генератора отрицательно сказывается на плотности тока эмиссии и на направленности пучка.

Напряженность поля вблизи катода, а с ней и направленность пучка можно повысить, применяя дополнительные электроды (см. рис. 2.7,е) [2.93—2.95]. Хотя такие длиннофокусные многоэлектродные генераторы в принципе не нуждаются в устройствах проведения пучков, вследствие своей сложности и ограниченности выбора расстояния до объекта они почти не нашли себе применения.

Другой путь разделения функций генератора заключается в создании системы, имеющей несколько ступеней ускоряющего напряжения (см. рис. 2.51) [2.70—2.72]. При нескольких ускоряющих электродах электроны, которые в одном из описанных в литературе генераторов формируются в пучок и ускоряются, подвергаются затем дополнительному ускорению. Если при этом фокусирующие свойства участков дополнительного ускорения слабы, то фокусное пятно смещается назад. Достоинство таких генераторов заключается в их повышенной пробивной прочности, что особенно необходимо, если ускоряющее напряжение равно 200 кВ и выше. В генераторах с автоэмиссионными катодами чаще всего применяют двухкаскадное ускорение [2.96]. Первый анод, имеющий относительно катода потенциал  $U_{B1}$ , определяет ток пучка, а второй анод с потенциалом  $U_{B2}$  относительно катода — энергию электронов. Ускоряющее и фокусирующее действие такой двойной системы анодов позволяет формировать пучки чрезвычайно малых диаметров. Для подобных генераторов характерны малый радиус острия катода, соотношение потенциалов  $U_{B2}/U_{B1}$ , составляющее, например, 5—15, специальная форма анодов и чрезвычайно низкое рабочее давление (около  $10^{-7}$  Па). Для создания пучков диаметром менее 0,1 мкм такие генераторы пригодны гораздо больше, чем трехэлектродные генераторы с петлевыми катодами или с игольчатыми катодами из LaV<sub>6</sub>, у которых эмиссия определяется температурой [2.33].

### 2.3.3. Генераторы с наименьшим диаметром пучка, обусловленным пространственным зарядом

#### 2.3.3.1. Первеанс и угол выхода пучка

У генераторов пучков с высоким первеансом параметры пучка на выходе из генератора и все дальнейшее поведение пучка в свободном от поля заанодном пространстве в решающей мере определя-