

09

Сценарии установления "сжатого состояния" электронного потока в магнитоизолированном виркаторе

© А.Е. Дубинов

Российский федеральный ядерный центр —
ВНИИ экспериментальной физики,
Саров (Арзамас-16)

Поступило в Редакцию 29 июля 1996 г.

С помощью 2.5-мерного PIC-кода моделируются различные сценарии установления "сжатого состояния" электронного потока в магнитоизолированном виркаторе. Сравниваются виркатор с анодной фольгой и бесфольговый виркатор. Показано, что "сжатое состояние" реализуется в обоих случаях, но динамика его установления в них различна.

Генераторы СВЧ излучения с виртуальным катодом (виркаторы) привлекают все больший исследовательский интерес [1,2]. Среди таких приборов особенно выделяются виркаторы с магнитоизолированными релятивистскими диодами, виртуальный катод в которых формируется в трубе дрейфа с диаметром, большим, чем диаметр анода [3]. Чаще всего в них отсутствует поперечная анодная фольга, что позволяет называть их бесфольговыми виркаторами.

В [4] моделировалась динамика формирования виртуального катода в бесфольговом магнитоизолированном виркаторе и показано, что в потоке установления так называемое "сжатое состояние", характеризующееся малой скоростью и большой плотностью электронов в нем, причем фронт "сжатого состояния" движется вместе с виртуальным катодом против направления инжекции останавливается вблизи катода в анодной трубе.

Для объяснения этого явления в [4] была рассмотрена модель, основанная на балансе сил давления в сечениях, находящихся по разные стороны от скачка — переходной анодной трубы в трубу дрейфа.

Однако в такой модели не учитываются условия на самом скачке: там может находиться либо отсутствовать тонкая, прозрачная для

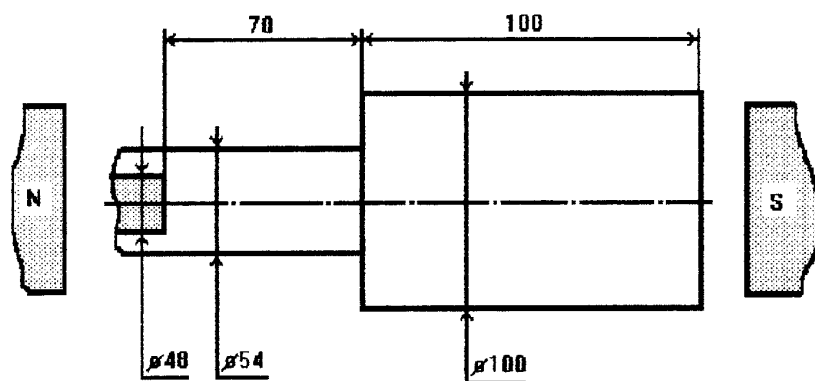


Рис. 1. Схема моделирования (все размеры в мм, масштаб не сохранен).

электронов фольга или, скажем, тонкий плазменный слой. Естественно ожидать, что различные условия на скачке могут привести к различным сценариям формирования виртуального катода (существенные отличия в динамике электронов при наличии и отсутствии анодной фольги имеются и в обычном виркаторе, см. [5]).

В связи с этим данная работа ставит своей целью продолжение изучения "сжатого состояния" в магнитоизолированном виркаторе, начатого в [4], и прежде всего ответа на вопрос: одинаковые или различные сценарии установления "сжатого состояния" могут реализоваться при разных условиях на скачке.

Для этого нами использовался пакет прикладных программ компьютерного моделирования "КАРАТ" [6], реализующий 2.5-мерный PIC-код и любезно предоставленный В.П. Таракановым.

Область моделирования с указанием необходимых размеров показана на рис. 1.

Считалось, что на всю систему наложено продольное однородное магнитное поле величиной 50 kGs и к диодному промежутку прикладывается импульс напряжения с амплитудой 500 kV. При этом сравнивались два варианта: с фольгой, установленной на скачке диаметров, и без фольги.

Было получено, что в обоих случаях амплитуда катодного тока составляет примерно 17 kA и возникает "сжатое состояние".

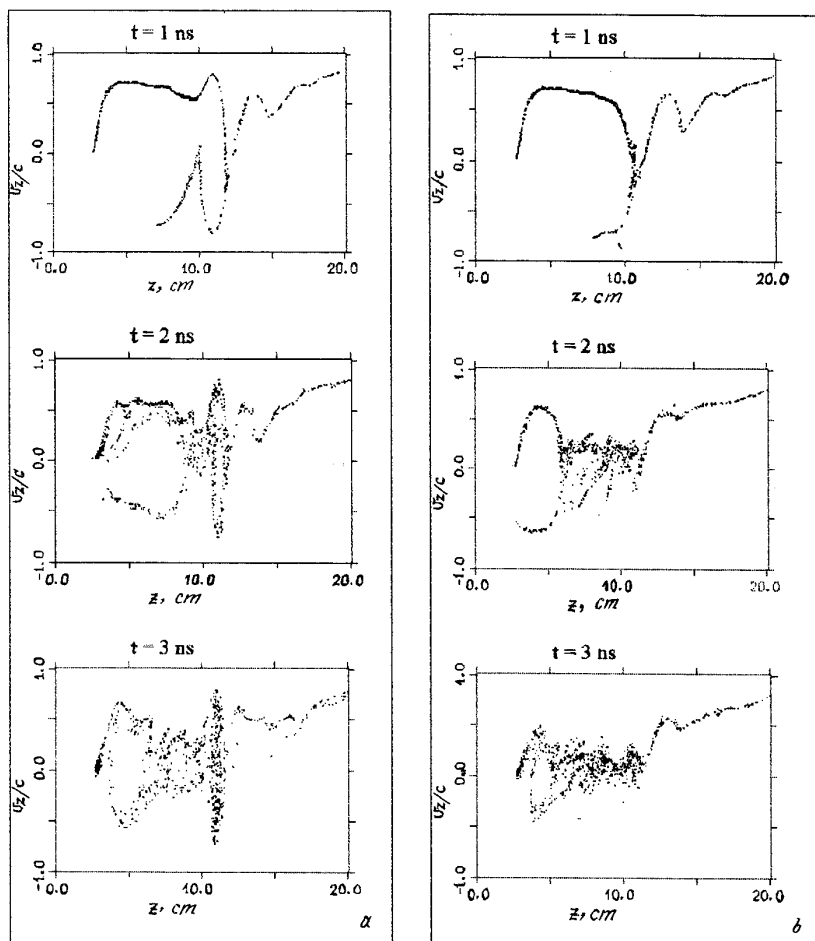


Рис. 2. Мгновенные фазовые портреты пучка в плоскости $(v_z; z)$: *a* — для виркатора с анодной фольгой; *b* — для бесфольгового виркатора.

Эволюцию "сжатого состояния" удобно изучать по мгновенным фазовым портретам пучка в координатах $(v_z; z)$. Фазовые портреты в различные моменты времени (1, 2 и 3 ns) приведены на рис. 2, *a* для

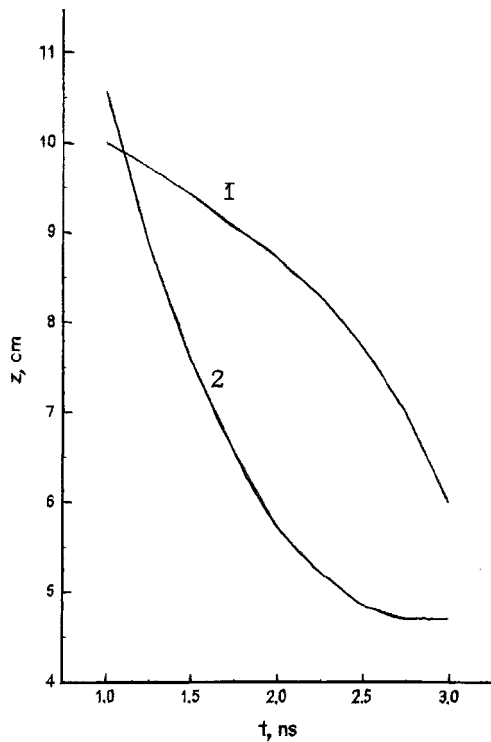


Рис. 3. Законы движения виртуального катода (и фронта "сжатого состояния"): 1 — для виркатора с анодной фольгой; 2 — для бесфольгового виркатора.

виркатора с фольгой и на рис. 2, *b* для бесфольгового виркатора. Их анализ показывает, что область "сжатого состояния" пучка в виркаторе с анодной фольгой развивается медленнее, чем в бесфольговом, оставляя за собой "фазовый пузырь" в районе фольги. Наличие такого "пузыря" объясняется принудительным поддержанием величины потенциала в области скачка, равной потенциалу анода.

Определялся характер движения виртуального катода, а вместе с ним и характер движения фронта "сжатого состояния". Законы их движения для обоих случаев, вычисленные с шагом по времени 250 ps, показаны на рис. 3. Различный знак кривизны этих графиков свидетельствует о

различном направлении сил давления на фронте "сжатого состояния" в обоих случаях (если вообще можно говорить о силе, которая действует на фазовые образования, каковыми являются виртуальный катод и фронт "сжатого состояния").

Таким образом, "сжатое состояние" в магнитоизолированном электронном потоке реализуется независимо от того, каковы условия на самом скачке, однако эти условия существенно влияют на сценарии его установления.

Автор благодарен В.П. Тараканову за регулярные консультации по пользованию пакетом программ "КАРАТ".

Список литературы

- [1] *Alyokhin B.V., Dubinov A.E., Selemir V.D.* et al. // IEEE Trans. Plasma Sc. 1994. V. 22. N 5. P. 945.
- [2] *Дубинов А.Е., Селемир В.Д.* // Зарубежная радиоэлектроника. 1995. № 4. С. 54.
- [3] *Жерлицын А.Г., Кузнецов С.И., Мельников Г.В., Фоменко Г.П.* // ЖТФ. 1986. Т. 56. В. 7. С. 1384.
- [4] *Ignatov A.M., Tarakanov V.P.* // Phys. Plasmas. 1994. V. 1. N 3. P. 741.
- [5] *Григорьев В.Д., Дубинов А.Е.* // Письма в ЖТФ. 1996. Т. 22. В. 7. С. 70.
- [6] *Tarakanov V.P.* User's manual for code Karat, Berkley Research Associate. Inc. Springfield, VA, 1992.