PIC моделирование ядерного горения протон – бор в потенциальной яме виртуального катода наносекундного вакуумного разряда

Ю.К. Куриленков, В.П. Тараканов и С.Ю. Гуськов1

ОИВТ РАН,
1ФИ РАН, Москва, Россия

Ранее был получен выход DD нейтронов в компактном наносекундном вакуумном разряде (НВР) малой энергии с дейтерированным Pd анодом [1]. Полное PIC моделирование в рамках кода КАРАТ [2] позволило отнести этот эксперимент с НВР к хорошо известной схеме инерциального электростатического удержания (ИЭУ) [3 – 5]. Представляет дальнейший интерес реализация возможности безнейтронного горения протон – бор в эксперименте с НВР на основе ИЭУ. В данной работе приведены примеры пробного моделирования реакции p + 11B 🡪 α + 8Be 🡪 α в коде КАРАТ при нынешних реальных рабочих параметрах НВР (ток и напряжение в максимумах составляют, соответственно, 1 кА и 120 кВ). Моделирование ведётся в аксиально-симметричном приближении. Вдоль коаксиала на диод запускается импульс напряжения с передним фронтом в 5 нс и амплитудой 100 кВ. Рассчитываются эволюция напряжения на входе коаксиала и напряжения между анодом и виртуальным катодом (ВК). Как обычно, с части катода обеспечена самосогласованная эмиссия электронов. Последние, проходя сквозь «полупрозрачный» анод, моделируемый как фольга, образуют плазму и продолжают движение к оси, где формируют виртуальный катод. Ионы бора и протоны ускоряются в потенциальной яме (ПЯ) виртуального катода в направлении оси, где их плотность и энергия нарастают, что и приводит к появлению альфа-частиц. В расчётах используется блок, в котором моделируется реакция синтеза p + 11B, также при этом используется отдельный блок распада 8Be. Был учтён уточнённый в последние годы спектр альфа-частиц реакции протон – бор [6]. Обсуждаются полученные фазовые портреты частиц, динамика всех ионов, а также глубина и характер ПЯ. Отметим, что глубина нестационарной ПЯ оказывается заметно больше приложенного напряжения между электродами, что увеличивает выход реакции. В будущем эксперименте наc будет интересовать область узкого пика сечения р – В11 при энергии 148 кэВ, которая вполне достижима в полученной в нашем расчёте ПЯ даже для однократных ионов бора (схема ИЭУ является одной из немногих, где такие энергии ионов вполне достижимы, хотя недавно реакция p – 11B был продемонстрирована в лазерной плазме [7]). В целом, как отмечалось в [8], не исключено, что требованиям будущего практического синтеза будет удовлетворять компактная и безнейтронная схема горения с немаксвелловским распределением ионов по энергиям.

Работа поддержана грантами РФФИ 12-08-01333а и 12-08-12055 ОФИм

Литература

1. Yu.K. Kurilenkov, M. Skowronek and J.Dufty. *J.Phys.A:Math&Gen* **39** (2006) 4375.

Yu. K. Kurilenkov et al. *Plasma Physics Reports* **36** (2010)1227–1234

1. Yu.K. Kurilenkov, V.P.Tarakanov et al. *Contrib. Plasma Phys.* **51**, No. 5 (2011) 427 – 443.
2. Лаврентьев О.А.К истории термоядерного синтеза в СССР. Изд. 2-е. – Харьков, 2012.
3. W. C. Elmore, J. L. Tuck, and K. M. Watson. *Phys. Fluids* **2** (1959)239.
4. R. A. Nebel and D. C. Barnes *Fusion Technology* **38** (1998) 284 J. Park, R.Nebel *et al.*  *Physics of Plasmas* **12** (2005) 05631.
5. S. Stave *,* M.W. Ahmed et al. Physics Letters B **696** (2011) 26–29
6. C. Labaune et al. Nature Communications 4:2506 doi:10.1038/ncomms3506 (2013)

Robert L. Hirsch Where to Look for Practical Fusion Power. 14th U.S.-Japan IECF Workshop, October 16, 2012.