Молекулярно-динамическое исследование колебаний электронов в ионизованных лазером кластерах

Быстрый Р.Г., Морозов И.В.

Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)

Облучение наноразмерных кластеров мощным коротким лазерным импульсом приводит к быстрой ионизации вещества, образованию так называемой «кластерной плазмы» и последующему взрывному разлету ионизованных ионов в результате электростатического отталкивания [1]. Взаимодействие лазерных импульсов с кластерами имеет как практические приложения, например, генерация коротких рентгеновских импульсов или потоков заряженных частиц, так и предоставляет уникальную возможность для изучения быстропротекающих процессов в плотной плазме. При определенных условиях кластерная плазма может оказаться неидеальной.

Исследование такой плазмы в экспериментах [2] и с помощью численного моделирования [3] показали, что динамика электронов не может быть описана имеющимися теоретическими закономерностями. В частности, частоты собственных колебаний электронного облака не соответствуют частотам колебаний Ми или ленгмюровских плазменных волн. Полученные отличия качественно объяснялись размерными эффектами и неидеальностью плазмы. Однако, исследованный в этих работах диапазон размеров кластеров (50-1000 атомов), не давал ответа на вопрос, при каких числах частиц в спектре электронных колебаний появляются эффекты неоднородности.

Это потребовало проведения нового молекулярно-динамического (МД) моделирования кластерной плазмы [4] с применением графических ускорителях (ГУ). В результате были рассмотрены три основные моды колебаний электронного облака кластера при неподвижных ионах для ионизованных кластеров натрия размером от 50 до 105 атомов. При этом подтверждены высказанные ранее предположения о наличии порогового значения размера кластера для появления моды колебаний, соответствующей ленгмюровским плазменным колебаниям с учетом ограничений, налагаемых геометрией задачи.

На основе МД моделирования были рассчитаны корреляционные функции полного тока электронов, на основании которых рассчитывались частоты и декременты затухания мод колебаний в зависимости от размера кластера. Показано, что при увеличении размера кластера рассчитанные значения частот стремятся к теоретическим пределам для однородного распределения электронов в кластере. Затухание колебаний оказалось практически независящим от размера кластера в пределах статистической погрешности, однако величины затухания отличаются для различных мод колебаний.

Результат подробно изложены в работе.

Литература

1. Th. Fennel, K.-H. Meiwes-Broer, J. Tiggesbaumker, P.-G. Reinhard, P. M. Dinh, E. Suraud. Rev. Mod. Phys., V. 82, P. 1793 (2010).
2. T. Döppner, Th. Fennel, P. Radcliffe, et al. // Phys. Rev. A. 2006. V. 73. P. 031202.
3. T. Raitza, G. Ropke, H. Reinholz, I. Morozov. Phys. Rev. E, V. 84, P. 036406 (2011).
4. R. Bystryi, I. Morozov // J. Phys. B. (in print)