

электронной спектроскопии, угловые распределения УОЭ, измеренные для  $T < T_c$ , не обнаруживают сколько-нибудь заметных отличий от снятых при комнатной температуре.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Пронин И.И., Гомоюнова М.В., Бернацкий Д.П., Заславский С.Л. // ПТЭ. 1982. № 1. С. 175.
- [2] Бернацкий Д.П., Заславский С.Л., Пронин И.И., Гомоюнова М.В. // ПТЭ. 1982. № 1. С. 178.
- [3] Бронштейн И.М., Васильев А.А., Пронин В.П., Хинич И.И. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1985. Т. 49. С. 1755.
- [4] Канченко В.А., Крынько Ю.Н., Мельник П.В., Находкин Н.Г. // ФТТ. 1983. Т. 25. С. 1448.
- [5] F i n k M., Y a t e s A.C. // Atomic Data. 1970. V. 1. P. 385.
- [6] F i n k M., I n g r a m J. // Atomic Data. 1972. V. 4. P. 129.
- [7] G r e g o r y D. F i n k M. // Atomic Data tables. 1974. V. 14. P. 39.
- [8] S e a c h M.P., D e n c h M.A. // Surf. and Interf. Anal. 1979. V. 1. N 1, 2.
- [9] Y a r m o f f J.A., C l a r k e D.R. D r u o e W., K a r l a s s o n U.O., T a - l e b - I b r a h i m i A., H i m p s e l F.J. // Phys. Rev. B. 1987. V. 36. N 7. P. 3967.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию  
4 октября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 23

12 декабря 1989 г.

04; 09

О ВОЗМОЖНОСТИ ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА  
ВО ВСТРЕЧНЫХ ПОТОКАХ ПЛАЗМЫ В РАДИОЯМАХ

А.И. Д з е р г а ч

Высокочастотные потенциальные ямы (радиоямы), т.е. области электромагнитного поля, способные локализовать заряженные частицы [1], могут, как показали эксперименты, ограничивать холод-

ную плазму при подкритической плотности  $n < \frac{m\omega^2 \epsilon_0}{2e^2}$  ( $\omega$  - частота поля,  $e$  и  $m$  - заряд и масса электрона). Локализация электронов плазмы осуществляется ВЧ полем (фокусировка переменным градиентом), а ионов - поляризационным полем.

В работе [3] высказано предположение, что при амплитуде ВЧ поля  $\hat{E} \sim mc^2/e\lambda$  действие ям будет эффективным. Численные эксперименты, в частности [4], подтвердили наличие эффективной напряженности (градиента квазипотенциала) до десятков %  $\hat{E}$  в ямах цилиндрической волны  $E_{01}$  при ширине ям по  $r$  и  $z$  около  $\lambda = \lambda/2\pi$  и глубине (для электронов) - около 15 кэВ.

Два встречных потока сгустков неравновесной плазмы (холодные ионы) в ямах при достаточной для соударений плотности и достаточной для преодоления кулоновского барьера продольной скорости ионов могут вступать в реакцию синтеза без нагрева ионов. Это облегчает термоизоляцию ионов, выполняемую ямами. Хаотичность взаимного движения электронов и ионов нужна лишь для подавления их рекомбинации, так что вместо критерия Лоусона определяющей является формула для мощности, выделяемой при соударении встречных пучков плазмы (например, дейтерия и трития),  $\rho = 2\sigma n^2 V w_i$ , где  $v$  - скорость ионов,  $\sigma$  - эффективное сечение реакции синтеза,  $V \sim \lambda^2 l$  - объем потока ям длины  $l$ ,  $w_i$  - энергия одной реакции. Подстановка  $v = 3 \cdot 10^6$  м/с (энергия ионов  $\sim 100$  кэВ),  $\sigma = \frac{1}{2} \cdot 10^{-23}$  см<sup>2</sup>,  $n = \frac{m\omega^2 \epsilon_0}{2e^2}$  дает  $\frac{\rho}{l} = 10^{-6} \lambda^{-2}$ . Например, для  $\frac{\rho}{l} = 10^6$  Вт/м нужно  $\lambda = 6 \cdot 10^{-6}$  м, т.е. пару инфракрасных лазеров. Способ ускорения плазмы указан в [1].

КПД лазеров должен превышать 1%, а их мощность (расходуемая на ускорение плазмы и потери в отражателях) - величину  $\sim \frac{1}{3} \frac{\rho}{l}$ . Амплитуда поля в данном примере составляет  $\hat{E} \sim 10^{11}$  В/м,  $\hat{B} \sim 300$  Тл, плотность плазмы  $n = 10^{19}$  см<sup>-3</sup>.

Конкурирующий процесс - рекомбинация электронов с ионами - согласно [5] идет со скоростью  $\dot{N}_r = -\alpha n^2$ , где коэффициент рекомбинации  $\alpha = 10^{-25} n T^{-4,5}$ ,  $T$  - температура электронов (в яме). При  $T = 10^4$  эВ,  $n = 1.5 \cdot 10^{19}$  см<sup>-3</sup> получается  $\alpha = 1.5 \cdot 10^{-26}$  см<sup>3</sup> с<sup>-1</sup>,  $\dot{N}_r = 3.4 \cdot 10^{12}$  см<sup>-3</sup> с<sup>-1</sup>.

Сопоставление скоростей синтеза и рекомбинации дает  $\frac{\dot{N}}{\dot{N}_r} = \frac{2\sigma v}{\alpha} = \frac{6.7 \cdot 10^{19}}{3.4 \cdot 10^{12}} = 2 \cdot 10^7$ , т.е. рекомбинация неощутима. При  $T = 10^3$  эВ получается  $\alpha = \frac{1}{2} \cdot 10^{-19}$  см<sup>3</sup> с<sup>-1</sup>,  $\dot{N}_r = 10^{19}$  см<sup>-3</sup> с<sup>-1</sup> и  $\frac{\dot{N}}{\dot{N}_r} = 6.7$ .

Эти результаты показывают, по-видимому, целесообразность более подробного исследования данного вопроса.

- [1] Гапонов А.В., Миллер М.А. // ЖЭТФ. 1958. Т. 34. В. 2. С. 242-243.
- [2] Геккер И.Р. Взаимодействие сильных электромагнитных волн с плазмой. М.: Атомиздат, 1979. 281 с.
- [3] Дзергач А.И. В кн.: Высокочастотные устройства ускорителей заряженных частиц. М.: РИАН. 1977. Вып. 28, С. 151-156.
- [4] Дзергач А.И., Краснопольский В.А., Осипова С.В. В кн.: Тяжелоионные ускорители. М.: РИАН. 1980. В. 36. С. 114-123.
- [5] Голант В.Е., Жилинский А.И., Сахаров И.Е. Основы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1977. 384 с.

Московский радиотехнический институт АН СССР

Поступило в Редакцию  
4 мая 1989 г.

В окончательной редакции  
21 ноября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 23

12 декабря 1989 г.

ОБ.4; 11

## ПРОЦЕСС РАДИАЦИОННОГО ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В $YBa_2Cu_3O_7$

В.В. Кирсанов, Н.Н. Мусин

Результаты исследований по воздействию облучения на высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) [см., например, 1-3] показали сильную чувствительность сверхпроводящих свойств ВТСП к наличию радиационных дефектов в них. С целью изучения деталей механизма дефектообразования в ВТСП было исследовано развитие цепочек ион-ионных соударений методом молекулярной динамики.

Вычислительный эксперимент проводился на модельном кристаллите, имеющем форму прямоугольного параллелепипеда и содержащем 189 ионов. Для описания взаимодействия между ионами использовался парный потенциал, обеспечивающий минимум потенциальной энергии кристаллита при заданных параметрах решетки и координатах ионов в элементарной ячейке [4].

Наибольший интерес при исследовании цепочек соударений в  $YBa_2Cu_3O_7$  представляют ряды ионов  $Cu-O$ , т.к. направления вдоль рядов  $Cu-O$  являются наиболее плотноупакованными, а, следовательно, нужно ожидать, что фокусоны и краудионы будут распространяться по этим атомным рядам. Далее, именно с наличием  $Cu-O$