ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОЕ УСКОРЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ДО 100 ГЭВ В ПЛАЗМЕННОМ КАНАЛЕ

В.Е. Баранов, Н.Е. Андреев, \*Б.С. Парадкар, \*Б. Крос, \*\*П. Мора, \*Ж. Мейнар

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия,
 baranov.victor.27@gmail.com
\*Парижский Университет, Орсе, Франция
\*\*Эколь Политекник, Палезо, Франция

В задаче построения нового поколения ускорителей частиц лазерно-плазменные ускорители рассматриваются, как потенциальный кандидат из-за значительного прогресса в лазерных технологиях в последние годы. Но, несмотря на выдающийся прогресс в развитии таких ускорителей, они до сих пор ускоряют заряженные частицы, по меньшей мере, на порядок ниже, чем традиционные ускорители. К примеру, электронный пучок, полученный на Стэнфордском центре линейного ускорителя, имеет энергию ~50 ГэВ [1], тогда как последний экспериментальный успех кильватерного ускорения - ~2 ГэВ [2]. Поэтому для рассмотрения лазерно-плазменных ускорителей, как реальной альтернативы традиционных линейных ускорителей, помимо всего прочего, следующие поколения ускорителей должны быть способны ускорять электроны до энергий мульти-ГэВ диапазона.

Для лазерно-плазменного ускорения до уровня энергии ~100 ГэВ предлагается использовать плазму низкой плотности (≤1016 см-3) и лазер мульти-петаваттного класса мощности [3,4]. Предлагаемый подход может рассматриваться как в рамках сильно-нелинейного режима “bubble” [3], так и в рамках умеренно-нелинейного режима [4].

В данной работе в умеренно-нелинейном режиме в самосогласованном плазменном канале проведено численное моделирование ускорения электронов, внешне инжектированных с энергией 50 МэВ в кильватерную волну, возбужденную лазерным импульсом мульти-петаваттной мощности (~2 кДж, 500 пс, 300 мкм – размер пятна). Самосогласованный канал имел параболический профиль плотности с минимумом на оси 7×1015 см-3. Показана возможность достижения средней энергии электронами ~ 100 ГэВ, как в приближении тестовых частиц, так и с учетом нагрузки зарядом на длине распространения ~25 метров. При этом в выбранной схеме инжекции в окрестность второго максимума ускоряющего электрического поля число захваченных частиц составляет 100%, а среднеквадратичный разброс по энергии не превышает 5%.

Проведены сравнительные расчеты ускорения в несогласованных плазменных каналах. Показано, что в несогласованном плазменном канале конечная достижимая энергия ограничена из-за потерь электронов в радиальном направлении вследствие раскачки бетатронных колебаний.

Литература

1. Blumenfeld I et al 2007 Nature 445 741-744
2. Wang X et al 2013 Quasi-monoenergetic laser plasms acceleration of electrons to 2 GeV Nature Communications 4
3. Lu W, Tzoufras M, Joshi C, Tsung F S, Mori W B, Vieira J, Fonseca R A and Silva L ) 2007 Generating multi-GeV electron bunches using single stage laser wakefield acceleration in a 3D nonlinear regime Phys. Rev. ST Accel. Beams 10 061301
4. Nakajima K, Lu H, Zhao X, Shen B, Li R and Xu Z 2013 100-GeV large scale laser-plasma acceleration using a multi-PW laser Chinese Optics Letters 11 031501