



# СИЛЬНОТОЧНЫЕ УСКОРИТЕЛИ

Авторы: Н. А. Шурхно

---

**СИЛЬНОТОЧНЫЕ УСКОРИТЕЛИ**, установки для получения потоков заряженных частиц (ионов и электронов), электрич. токи которых достигают  $10^4$  А и более. Возникающие в С. у. потоки частиц, в которых собств. электромагнитные поля оказывают определяющее воздействие на динамику самого потока, называют сильноточными пучками.

С. у. состоят из мощного высоковольтного импульсного генератора и вакуумного диода. Электрич. напряжение генератора (порядка  $10^6$  В) прикладывают к обкладкам диода, создавая между ними кратковременное электрич. поле. В этом поле заряженные частицы ускоряются, образуя ток такой величины, что порождаемое им электромагнитное поле оказывает определяющее воздействие на движение породивших его частиц. Управлять сильноточными пучками при помощи магнитов (как это делается в традиционных [ускорителях заряженных частиц](#)) невозможно.

Одноименно заряженные частицы пучка отталкиваются по закону Кулона; одновременно с этим частицы, движущиеся параллельно и в одном направлении, представляют собой электрич. токи и притягиваются по закону Ампера. В вакууме сила отталкивания превышает силу притяжения и её необходимо компенсировать для создания устойчивого пучка. Кроме того, движущиеся заряженные частицы создают вокруг себя магнитное поле; при большой интенсивности пучков потери энергии на его создание возрастают и могут сделать ускорение неэффективным. Эти нежелательные эффекты контролируют, распространяя пучок не в вакууме, а в плазме: наличие в объёме заряженных частиц противоположного знака позволяет компенсировать силу отталкивания, а потери на создание магнитного поля значительно уменьшаются из-за возникновения в проводящей среде [скин-эффекта](#). Это позволяет добиться эффективного, контролируемого и устойчивого

распространения сильноточного пучка.

Источником заряженных частиц в С. у. служат электроды диода, с поверхности которых под действием приложенного напряжения происходит эмиссия электронов и ионов. В обычных условиях ионный ток пренебрежимо мал, и в диоде течёт электронный ток. Магнитное поле, создаваемое пучком, существенно искривляет траектории электронов ([Лармора прецессия](#)), в результате пучок получается слабосфокусированным. Поскольку ионы тяжелее электронов, их траектории изменяются незначительно, что позволяет получить в С. у. пучок ионов с малым угловым разбросом. Для создания ионного тока в диоде сопутствующий электронный ток искусственно подавляют: зазор между анодом и катодом увеличивают так, чтобы он был больше ларморовского радиуса электронов. Тогда электронный ток в диоде не будет распространяться, и осн. ток будет образован ионами. Для создания ионных пучков анод диода изготавливают с применением спец. диэлектрика. Однако ионный ток получается неустойчивым, поэтому возможность его технич. применения затруднена.

Первые идеи создания сильноточных пучков появились в сер. 20 в. Активная разработка С. у. началась в 1970-х гг., когда возникла идея о возможности применения сильноточных пучков для инерциального [управляемого термоядерного синтеза](#). На нач. 21 в. С. у. нашли применение в пром-сти (напр., для изучения структуры материалов, модификации их поверхностных слоёв с целью повышения износостойкости или закаливания), а также в радиационном материаловедении (для создания мощного рентгеновского излучения, позволяющего имитировать и исследовать воздействие ядерного взрыва на аппаратуру и материалы).

## Литература

Лит.: Генерация и фокусировка сильноточных релятивистских электронных пучков / Под ред. Л. И. Рудакова. М., 1990; Лебедев А. Н., Шальнов А. В. Основы физики и техники ускорителей. 2-е изд. М., 1991.