

Пространственная изоляция ионов, разделенных в много-отражательном времяпролетном масс-анализаторе

Friday 4 July 2025 11:20 (20 minutes)

Много-отражательные времяпролетные масс-анализаторы (МО ВПМА) получили широкое распространение в ядерно-физических экспериментах, поскольку сочетают высокую разрешающую способность и точность измерения масс с высокой скоростью анализа, позволяющей измерять массы изотопов, времена жизни которых начинаются от 50 мс. МО ВПМА также используются как масс-сепараторы, выделяющие исследуемые ионы из общего спектра для дальнейшего исследования их свойств. Изоляция исследуемых ионов после разделения по времени пролета осуществляется либо затвором Брэджбери-Нильсена, либо улавливанием «на лету» в газонаполненную радиочастотную ловушку. Оба эти метода имеют временное разрешение порядка 20 нс, в то время как временное разрешение МО ВПМА существенно выше – до 2 нс. В результате времяпролетные масс-сепараторы на основе МО ВПМА обладают разрешающей способностью на порядок хуже, чем собственно времяпролетные масс-анализаторы. Повышение разрешающей способности масс-сепаратора требует увеличения временной дисперсии МО ВПМА и, соответственно, пропорционального увеличения времени анализа.

В докладе предложен альтернативный метод пространственной изоляции ионов, разделенных в МО ВПМА. Пакет ионов после прохождения конечного временного фокуса МО ВПМА и некоторого дрейфового промежутка вводится в замедляющее электростатическое поле. Поскольку ионы больших энергий входят в замедляющее поле раньше ионов меньших энергий, в фиксированный момент времени они теряют больше энергии в поле и, таким образом, после входа всех ионов пакета в поле можно добиться существенного устранения их энергоразброса. В некоторый момент времени замедляющее поле выключается. При этом, конечная энергия ионов пакета зависит от момента времени выключения поля. Поэтому ионы различных масс, пришедшие в конечный временной фокус МО ВПМА в разное время, в момент отключения замедляющего поля будут иметь различную энергию. Конверсия временного разделения по массам в разделение по энергии позволяет пространственно разделить пакеты ионов разных масс с помощью электростатического энергоанализатора. Расчеты показывают, что даже при использовании простого 90-градусного секторного энергоанализатора можно полностью пространственно разделить пакеты длительностью 2 нс ионов массы 250 а.е.м. с энергоразбросом от 1270 до 1330 эВ от ионов другой массы, пришедших во временной фокус анализатора с интервалом в 4 нс, то есть повысить разрешающую способность масс-сепаратора в 5 раз по сравнению с используемыми в настоящее время методами изоляции ионов. Улучшение качества энергоанализатора за счет увеличения его дисперсии и устранения пространственных aberrаций позволит добиться временного разрешения сепаратора на основе МО ВПМА в 2 нс, то есть сделать его равным собственному временному разрешению МО ВПМА.

Primary author: ЯВОР, Михаил (Институт аналитического приборостроения РАН)

Co-author: КОВАЛЬ, Кирилл (Политехнический университет Петра Великого)

Presenter: ЯВОР, Михаил (Институт аналитического приборостроения РАН)

Session Classification: 3. Modern methods and technologies of nuclear physics

Track Classification: Section 3. Modern methods and technologies of nuclear physics.