

гии ионов и большом отношении A/Z . Поэтому предпочтительны установки, в к-рых могут быть применены пучки тяжёлых малозарядных ионов, как, напр., Bi^{+1} , Bi^{+2} , U^{+2} , U^{+4} .

Для ускорения ионов в драйвере предполагается использование *линейных ускорителей* (ЛУ): индукционных ускорителей (ЛИУ) и резонансных ускорителей (ЛРУ) (подробнее см. *Тяжёлых ионов ускорители*). При конечной энергии ионов ~ 10 ГэВ и полной энергии пучка ~ 10 МДж на мишень должен поступить заряд $\sim 10^{-3}$ кулона. Требуемый заряд пучка на входе ЛУ образуется за счёт достаточно большой длительности импульса тока. Необходимая мощность пучка на выходе драйвера должна быть достигнута путём сокращения длительности пучка с соответствующим увеличением тока.

В схеме ЛИУ за счёт подбора формы ускоряющего напряжения в индукторах длительность пучка может быть сокращена в процессе ускорения с 50 мкс до 25 нс с соответствующим увеличением суммарного тока с 20 А до 40 кА. Возникающие при этом трудности связаны с возможными коллективными неустойчивостями пучка и с повышенными требованиями к интенсивности ионных источников.

В схемах драйверов с ЛРУ требуются спец. накопительные и компрессионные кольца, т. к. предельный ток пучка в ЛРУ в принципе существенно меньше, чем в ЛИУ. Ток пучка на выходе ЛРУ может составить 0,2 А при длительности 5 мс. Предполагается использование многократной и многооборотной инжекции в накопительное кольцо с последующим дополнит. сжатием ступков в компрессионных кольцах за счёт преобразования продольного фазового объёма пучка — сокращения длительности и увеличения энергетич. разброса. В итоге длительность пучков, как и в схеме ЛИУ, сокращается приблизительно до 25 нс, а суммарный ток всех пучков на мишень доходит до 40 кА.

Создание ЛУ для тяжёлых малозарядных ионов связано с необходимостью ускорения интенсивных пучков с весьма низкими нач. скоростями ионов ($\beta \sim 0,0015$). Эту проблему удалось в значит. мере решить после открытия принципа *пространственно-однородной квадратной фокусировки* и изобретения схемы с разветвлёнными каналами ускорения.

Проблемы фокусировки пучков на мишени миллиметровых размеров требуют подавления сферич. и хроматич. aberrаций понной оптики и исследования распространения пучков в объёме реактора.

Предполагается, что один драйвер сможет обслужить до четырёх реакторов, каждый из к-рых будет работать с частотой «микровзрывов» не ниже 10 Гц. Кнд драйвера и мишени η с учётом кнд электростанций, использующих тепловую энергию синтеза, должен удовлетворять условию $\eta \gg 3$, откуда видно, что кнд драйвера должен быть не менее 15—20%. Ионные ускорители позволяют обеспечить это условие.

Повышение полной энергии и особенно мощности импульсного пучка тяжёлых ионов откроет в дальнейшем принципиально новые возможности ИТС за счёт достижения сверхплотных сжатий вещества мишени (в 10^6 — 10^8 раз). В таком случае возможны термоядерные реакции в разл. веществах, в частности в чистом дейтерии или в боро-водородной смеси.

ИТС является важным альтернативным направлением развития термоядерной энергетики; исследования по ИТС проводят мн. научные центры в ФРГ, США, СССР, Японии и Великобритании.

Лит.: Keefe D., Sessler A. M., Heavy ion inertial fusion, в кн.: 11-th Int. Conf. on High-Energy Accelerators, Geneva, Proceedings, 1980, Basel—Stuttg., 1980, p. 201; В о с к Р., Heavy ion fusion, «IEEE Trans. on Nuclear Science», 1983, v. NS-30, № 4, pt 2, p. 3049; Д ю д е р ш т а д т Д ж., М о з с с Г., Инерциальный термоядерный синтез, пер. с англ., М., 1984; И м ш е н н и В. С. и др., О некоторых результатах работ по проблеме управляемого термоядерного синтеза на тяжёлых ионах в ИТЭФ, Препринт ИТЭФ, М., 1985. И. М. Капчинский.

ИОНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ — свечение люминофора, возбуждаемое ионным пучком. Чаще всего для возбуждения И. используют положит. ионы с энергией в неск. кэВ. Глубина проникновения ионов в люминофор порядка неск. А, поэтому И. носит поверхностный характер. Выход И. примерно на 2 порядка ниже выхода *катодолуминесценции* тех же люминофоров и падает с уменьшением энергии ионов. Бомбардировка ионами приводит к быстрому старению люминофора. См. также *Люминесценция*.

ИОНОСФЕРА — ионизованная часть *атмосферы верхней*; расположена выше 50 км. Верх. границей И. является внеш. часть *магнитосферы Земли*. И. представляет собой природное образование разреженной слабоионизованной *плазмы*, находящейся в магн. поле Земли и подвергающейся воздействию ионизирующего излучения Солнца. Только благодаря И. возможно распространение радиоволн на дальние расстояния.

Методы наблюдений ионосферы. Изучение И. началось в 20-х гг. 20 в. методом вертикального радиозондирования на разных частотах f . Макс. значение частоты радиоволн, отражённых от данной области И., соответствует её плазм. частоте f_0 и связано с электронной концентрацией n_e ф-лой:

$$f_0 = \sqrt{\frac{ne^2}{4\pi m \epsilon_0}} = 9 \cdot 10^3 \sqrt{n_e} \text{ Гц,}$$

где e и m — заряд и масса электрона, ϵ_0 — диэлектрич. проницаемость вакуума. Вертикальное радиозондирование даёт информацию об изменениях И. над данным пунктом, а мировая сеть станций позволила получить глобальную картину распределения n_e в И. по земному шару за ряд солнечных циклов. Применение ракет и спутников позволило непосредственно измерить ионный состав (при помощи масс-спектрометра) и др. физ. характеристики И. (тем-пу и концентрацию ионов T_i , n_i и электронов T_e , n_e) на всех высотах, исследовать источники ионизации — интенсивность и спектр коротковолнового ионизирующего излучения Солнца и разнообразных корпускулярных потоков. Это дало возможность построить теорию образования И. С помощью спутников, несущих на борту ионосферную станцию и зондирующих И. сверху, удалось исследовать верх. часть И., расположенную выше гл. максимума n_e и поэтому недоступную для изучения наземными ионосферными станциями.

Наряду с ракетами и спутниками применяются наземные методы исследования, особенно важные для изучения ниж. части И.: методы частичного отражения и перекрёстной модуляции, измерения поглощения космич. радиозлучения на разных частотах, исследования поля длинных и сверхдлинных радиоволн, а также метод наклонного и возвратно-наклонного зондирования. Большое значение имеет метод обратного некогерентного (томпсоновского) рассеяния, основанный на принципе радиолокации. Этот метод позволяет измерять не только распределение n_e до очень больших высот (1000 км и выше), но даёт также T_e , T_i , ионный состав, регулярные и нерегулярные движения и др. параметры И.

Структура ионосферы. Установлено, что n_e в И. распределена по высоте неравномерно: имеются области или слои, где она достигает максимума (рис. 1). Таких слоёв в И. несколько, и они не имеют резко выраженных границ. Верх. слой F соответствует гл. максимуму ионизации И. Ночью он поднимается до высот 300—400 км, а днём (преим. летом) раздваивается на слои F_1 и F_2 с максимумами на высотах 160—200 км и 220—320 км. На высотах 90—150 км находится область E , а ниже 90 км — область D . Слоистость И. обусловлена резким изменением по высоте условий её образования.

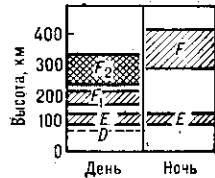


Рис. 1. Схема вертикального строения ионосферы.