

Голографические методы Д. п. основаны на применении голограмм. Т. к. голограмма несёт информацию о фазе исходной волны, её можно использовать для интерференц. измерений вместо самого объекта. Это — важное преимущество, т. к. заменяет интерферометрич. измерения на объекте измерения на голограмме. В принципе, с помощью одной голограммы можно восстановить интерференц. измерения под разными углами и найти пространственное распределение концентрации электронов и др. величин, влияющих на распространение волн в неосесимметричной системе. Методика иногда применяется и в СВЧ-диапазоне.

Корпускулярная Д. п. обычно подразумевает анализ потоков тяжёлых частиц или изучаемых самой плазмой (пассивная Д. п.), или пронизывающих её и испускаемых внеш. источником (активная Д. п.). Однако к этой группе относится целый ряд методов, использующих др. частицы плазмы. Корпускулярная Д. п. с использованием тяжёлых частиц является основной для изучения физ. характеристик тяжёлой компоненты горячей плазмы в проблеме управляемого термоядерного син-

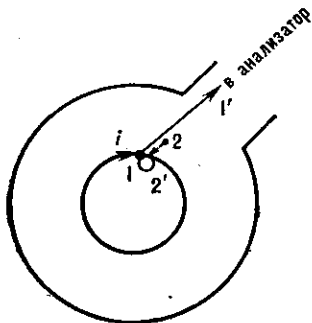
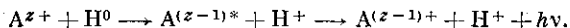


Рис. 3. 1 — быстрый ион, 1' — быстрый атом перезарядки, 2, 2' — соответственно холодные (медленные) частицы.

теза. С помощью пассивных методов исследуют нейтральные атомы, покидающие плазму в результате перезарядки ионов в объёме (рис. 3). Осн. элемент устройства — анализатор атомов перезарядки. В нём атомы за пределами сильного магн. поля термоядерной установки вновь ионизируются в камерах перезарядки и затем анализируются. Диапазон анализаторов: от 100—200 эВ до десятков КэВ, разрешение по энергиям $\Delta E/E \approx 10-20\%$. Анализ часто ведёт сразу по мн. энергетич. каналам. Методика является одним из осн. способов измерения T_i .

Для реализации корпускулярной активной Д. п. используются ослабление пучков нейтральных частиц в плазме, упругое рассеяние первичного пучка, возбуждение частиц пучка с последующим изменением их траектории. По ослаблению интенсивности пучка нейтральных частиц (в результате перезарядки) на выходе из системы можно определить концентрацию ионов. Регистрация потока атомов перезарядки на пучке и атомов пучка, рассеянных на ионах, даёт возможность определить темп-ру и плотность ионов водорода в исследуемом объёме плазмы. Осн. проблемы использования методики — ограниченная прозрачность плазмы для диагностики. пучка и особенно для выходящих атомов перезарядки, возмущения плазмы первичным пучком.

Комбинированная Д. п. основана на регистрации излучений, возбуждаемых частицами зондирующих пучков при столкновении с частицами плазмы. Процесс идёт по схеме перезарядки:



Метод даёт возможность реализовать локальную диагностику примесей с разл. зарядом Z. Возможны и др. варианты комбинированной диагностики. Так, напр., пучок атомов Li использовался для определения концентрации электронов по интенсивности возбуждения спектральной линии $2s-2p$ (6708 Å); по углу поворота плоскости поляризации излучения оценивалась напряжённость магн. поля в токамаке. **Д и а г н о с т и к а** электронной компоненты плазмы с помощью разл. анализаторов на границе плазмы позволяет определить ф-цию распределения $f_e(v)$ электронов,

уходящих за пределы плазмы. В магн. поле анализ обычно ограничен продольными (вдоль H) скоростями электронов. $f_e(v)$ несёт также косвенную информацию об элементарных процессах и коллективных явлениях в плазме. В активных методах корпускулярной Д. п. используют для зондирования плазмы электронный пучок заданной энергии. Распределение электронов по энергиям в рассеянном пучке несёт информацию об объёмных свойствах плазмы, её компонентном составе и т. д. Эти методы применяются редко.

Метод «меченых» атомов позволяет контролировать поведение отд. тяжёлых компонент плазмы (до сих пор использовался мало). Пассивной нейтронной Д. п. используются потоки нейтронов при реакциях синтеза в горячей плазме для оценки темп-ры ионов и их распределения по скоростям. Выделение «истинных» термоядерных нейтронов требует комплекса измерений (углового и пространственного распределения, их энергетич. спектра, рентгеновского излучения в установке и т. п.)

Зондовая Д. п. основана на помещении в плазму зондов (датчиков). Все зондовые методики (кроме зондов-анализаторов, расположенных на границе плазмы) возмущают плазму. Однако обычно возмущение локализуется в прилегающих зонду слоях, а параметры призондовой плазмы удаётся связать с её объёмными свойствами. Энергетич. поток, к-рый может выдержать зонд, ограничен. Поэтому все варианты зондовых методик пригодны только для анализа низкотемпературной или периферийных зон горячей плазмы.

Электрические зонды (Ленгмюра), представляющие собой один или неск. небольших металлических электродов, погружённых в плазму, являются одним из осн. средств диагностики локальных свойств низкотемпературной плазмы. Схемы нек-рых конструкций зондов приведены на рис. 4. Осн. первичная информация — вольт-амперная характеристика (ВАХ) зонда, из к-рой можно определить $n_e, I_e(v_e), T_e, \Phi_p$ — потенциал плазмы. ВАХ зависит от геом. и плазменных параметров: l_e, i — длины свободного пробега заряд. частиц, r_D, r_p — размера зонда и его конструкции; $T_e, T_e/T_i, l_a^i$ — длины пробега атомов до ионизации, напряжённости магн. поля H.

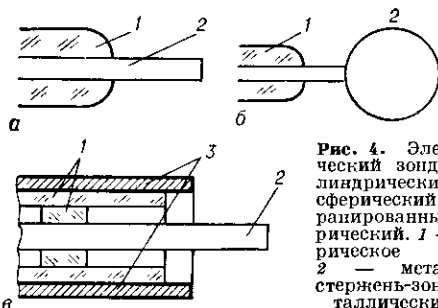


Рис. 4. Электростатический зонд: а) — цилиндрический, б) — сферический, в) — экранированный цилиндрический. 1 — диэлектрическое покрытие, 2 — металлический стержень-зонд, 3 — металлический экран.

Обработка ВАХ для разл. диапазона параметров плазмы существенно различна. Если отбор тока (частиц) на зонд происходит в прилегающем к зонду возмущённом неквазиравновесном слое r_s , меньшем l_e, i (бесстолкновительный слой), то зонд вносит наименьшие возмущения в плазму. Имеется последовательная теория этого случая, к-рая даёт значение токов I_e, I_i и позволяет определить ф-цию распределения электронов по скоростям. При $r_s > l_e, i$ частицы, попадающие на зонд, испытывают в слое неск. столкновений. Строгая теория для таких условий отсутствует. Однако существует экспериментально подтверждаемая интерполяционная ф-ла, позволяющая определить I_i и ф-цию распределения электронов по энергиям.

В случае $r_s \gg l$ плазма может рассматриваться как сплошная среда. Возмущение плазмы оказывается наибольшим. Характеристики потоков на зонд увяз-