Измерение концентрации плазмы в широком диапазоне значений резонансным малогабаритным СВЧ-зондом

Галка А.Г., Янин Д.В., Костров А.В., Привер С.Э.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», [galasпп@appl.sci-nnov.ru](mailto:galasпп@appl.sci-nnov.ru)

Резонансный СВЧ-зонд, впервые предложенный R. L. Stenzel [1], успешно применяется для локальных измерений концентрации плазмы в научных лабораторных экспериментах. Зонд представляет собой миниатюрный четвертьволновый резонатор в виде отрезка двухпроводной линии закороченной с одной стороны и разомкнутый с другой. Резонансная частота данной диагностики зависит от диэлектрической проницаемости плазмы. Измеряя собственную частоту резонатора без плазмы ω0 и в плазме ω, легко найти плазменную частоту *ωp*, а, следовательно, и концентрацию плазмы.

При исследовании плазмы с помощью СВЧ-зонда важными параметрами являются динамический диапазон, чувствительность и пространственное разрешение диагностики. При стандартном способе измерений по сдвигу максимума резонансной кривой [1] чувствительность СВЧ-зонда определяется точностью измерения сдвига резонансной частоты Δω. Данная величина определяется добротностью Q резонансной системы, причем Δω=ω0/Q. Минимальное измеряемое значение концентрации, соответствующее частотному сдвигу Δω, в соответствии с [1] определяется выражением . При необходимости измерения более низких значений концентрации плазмы приходится использовать СВЧ-зонд с меньшей резонансной частотой и большей длиной резонатора, что ухудшает пространственное разрешение диагностики. В данной работе предлагается методика измерения концентрации плазмы с помощью СВЧ-зонда, позволяющая не увеличивая геометрических параметров резонатора уменьшить минимальное измеряемое значение концентрации на несколько порядков, тем самым существенно расширить динамический диапазон измерительной системы вниз по концентрации. В рамках данной методики измерения проводятся на фиксированной частоте, соответствующей резонансной частоте СВЧ-зонда без плазмы, а малые изменения резонансной частоты системы в пределах ширины собственного резонанса регистрируются посредством амплитудно-фазовых измерений.

В работе представлена теоретическая модель методики измерений и ее экспериментальная апробация на плазменном стенде “ИОНОСФЕРА” (ИПФ РАН) при исследовании пространственно-временных распределений концентрации плазмы СВЧ-зондом с собственной резонансной частотой 2034МГц. Продемонстрировано, что развитая методика увеличивает динамический диапазон СВЧ-зонда вниз по концентрации на три порядка и совместно с традиционной методикой измерения существенно расширяет диагностические возможности СВЧ-зонда.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты №[18-42-520053](https://kias.rfbr.ru/index.php)р\_а и № [19-02-00616](https://kias.rfbr.ru/index.php)a.

Литература

1. Stenzel R.L. Review of Scientific Instruments, 1976, V. 47, P. 603