**ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЗОНДА В ПЛАЗМЕ, ОБРАЗОВАННОЙ ПРОДУКТАМИ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ**

Кунаков С.К., Кудабаева А.Д., Шапиева А.Е.

Международный Университет Информационных Технологий

Республика Казахстан, Алма-Ата

sandybeck.kunakov@gmail.com

В настоящей работе изложена теория сферического зонда в химически активной слабоионизированной плазме, содержащей отрицательные ионы. Рассмотрен случай интенсивной ионизации когда параметр, равный отношению ионизационной длины к радиусу зонда, является малым. Предполагается, что дебаевский радиус мал по сравнению с радиусом зонда,длина энергетической релаксации электронов много меньше локального макроскопического масштаба и функция распределения электронов определяется локальными значениями ne и Te.

1. **Основные уравнения**

Плазма, образованная продуктами ядерных реакций представлена плазмой газовой смеси, 3He+UF6 ,находящейся в нейтронном потоке. Продукты ядерной реакции 3He+n p+T+0.76 Mev вызывают образование положительных и отрицательных ионов и их последующую рекомбинацию по следующим каналам:

 (1)

 (2)

 (3)

 (4)

- (5)

 (6)

 (7)

 (8)

Скорость ионизации определяется количеством тепловых нейтронов и ценой образования пары ион-электрон Ω и равна:

(9)

где - концентрация нейтральных атомов гелия, - величина нейтронного потока, - сечение реакции (1), - кинетическая энергия продуктов реакции (1), - цена образования пары ион-электрон в газовой смеси 3He+UF6.

С учетом этих элементарных процессов (1-8) основные уравнения в гидродинамическом приближении для неподвижной плазмы имеют вид:

(10)

(11)

(12)

(13)

где - концентрации положительных, отрицательных ионов и электронов, - коэффициенты диффузии и подвижности положительных, отрицательных ионов и электронов, - константа прилипания [2], определяющая формирование отрицательных ионов (5).

Рекомбинация атомарных ионов гелия равна:

(14)

Рекомбинация молекулярных ионов гелия равна [3]:

(15)

Граничные условия на поверхности зонда определяются следующими условиями:

(16)

(17)

где - радиус зонда, - радиус слоя объемного заряда.

В невозмущенной области , а и определяются следующими уравнениями:

(18)

(19)

Во всех точках от зонда до противозонда выполняется соотношение:

(20)

(21)

Тогда напряженность электрического поля равна:

(22)

При этом диффузионные потоки могут быть представлены в следующем виде:

(23)

(24)

(25)

где - коэффициенты амбиполярной диффузии заряженных компонентов:

(26)

(27)

(28)

Вольтамперная характеристка зонда может быть получена в любом сечении, как в области объемного заряда, так и в диффузионной области, разница состоит в том, что в слое объемного заряда ток формируется за счет переноса вследствие действия электрического поля на заряженные частицы, в то время как в диффузионной области диффузионный поток уравновешивает процессы ионизации, которые в свою очередь не в полной мере компенсируются рекомбинационными процессами, как это есть в области невозмущенной плазмы. Более того рекомбинационные процессы и процессы образования отрицательных ионов по мере приближения к зонду уменьшаются вследствие падения концентрации электронов в случае отрицательного потенциала зонда и разогрева электронов в случае положительного потенциала зонда.

В нормализованном виде уравнения (10-13) и граничные условия (16-17) имеют следующий вид:

(29)

(30)

(31)

(32)

Граничные условия соответственно преобразуются к следующему виду:

(33)

(34)

В уравнениях (29-32) были использованы следующие обозначения:

1. **Слой объемного заряда**

В случае отрицательных потенциалов зонда система уравнений (29-32) преобразуется к следующему виду:

(35)

(36)

Система (35-36) может быть приведена к дифференциальному уравнению относительно :

(37)

Величина электрического поля в слое равна:

(38)

где .

1. **Диффузионный слой**

В диффузионном слое для отрицательного потенциала зонда концентрация положительных ионов определяется следующим уравнением:

(39)

где

Определяя величину градиента концентрации на границе слой объемного заряда -диффузионный слой можно определить зондовый ток на зонд:

(40)

Здесь как и в работе [4]

(41)

а величина слоя объемного заряда равна:

(42)

(43)

**Литература:**

1. S.K.Kunakov and E.E.Son Probe Diagnostics of Nuclear-Excited Plasma of Uranium Hexafluoride, High Temperature, 2010, Vol.48, No.6, pp.789-805, Pleades Publishing, Ltd, 2010

2. R.N.Compton On the formation of positive and negative ions in gaseous UF\_{6}.The Journal of Chemical Physics,Vol.66, No.10, 15 May 1977, pp. 4478-4485.

3. H.A.Hassan and Jerry E.Deese Electron distribution function in a plasma generated by fission fragments, The Physics of Fluids, Vol.19.,No.12, December 1976,pp.2005-2010.

4. К.Н.Ульянов Теория электрических зондов в плотной плазме, ЖТФ, Том XL, №4, стр 790-798.