

ПОВЕРХНОСТНАЯ ИОНИЗАЦИЯ

Авторы: М. В. Кнатько, М. Н. Лапушкин

ПОВЕРХНОСТНАЯ ИОНИЗАЦИЯ, образование ионов в процессе термич. десорбции частиц с поверхности твёрдых тел. Открыта в 1923 И. [Ленгмюром](#) и К. Кингдоном и одновременно Г. Айвсом. Они обнаружили, что в вакуумном диоде с нагретой вольфрамовой проволокой в присутствии паров

Cs возникает ток ионов

Cs⁺. Детальные исследования и развитие теории П. и. выполнены рос. физиками Э. Я. Зандбергом и Н. И. Ионовым во 2-й пол. 20 в.

Классич. теория П. и. рассматривает 3 стадии: поступление частиц на поверхность; наступление зарядового и теплового равновесия между адсорбированными частицами и поверхностью твёрдого тела; испарение частиц с поверхности, часть из которых испаряется в виде ионов. Десорбирующийся поток частиц может значительно отличаться от поступающего по составу и величине потока, которые определяются процессами в адсорбированном слое частиц (химич. реакциями диссоциации и ассоциации в адсорбированном слое), текущей концентрацией частиц в слое и теплотой их десорбции. Ток положительно заряженных ионов каждого вида определяется выражением

$$I = \frac{e\nu s}{1 + \frac{1}{A} \exp\left(\frac{e}{kT}(V - \phi - (eE)^{1/2})\right)}$$

где

I – ток ионов,

e – заряд электрона,

ν – поток частиц данного вида, десорбирующихся с поверхности,

ϕ – работа выхода, определяемая разностью между уровнем Ферми твёрдого тела

и уровнем вакуума,

V – потенциал ионизации частицы,

s – площадь эмитирующей поверхности,

A – отношение полных статистич. сумм для заряженной и нейтральной частиц,

k – постоянная Больцмана,

E – напряжённость электрич. поля у эмиттера. Образование отрицат. ионов также определяется выражением (*), в котором параметр ($V - \phi$)

заменяется на ($\phi - S$), где

$\phi - S$), где

S – сродство частицы к электрону. Энергия десорбирующихся ионов характеризуется распределением Больцмана с темп-рой

T , равной темп-ре твёрдого тела.

Из формулы (*) следует, что при

$e(V - \phi) \ll kT$ практически каждая частица, падающая или образуемая на поверхности, десорбируется в виде иона. Этот случай называется «лёгкой»

ионизацией. Плотность ионных токов при лёгкой ионизации может достигать порядка 10^3 А/(Па·м²) (напр., при П. и. триэтиламина на окисленном вольфраме). Этот эффект используют для детектирования частиц в газовых смесях и создания источников ионов (напр., при создании электроракетных двигателей).

В случае «трудной» ионизации при

$e(V - \phi) \gg kT$ эффективность ионизации резко снижается. Различие эффективности П. и. частиц разной природы позволяет создавать селективные детекторы для регистрации определённых частиц, напр. взрывчатых веществ, лекарственных средств, наркотиков. При этом можно регистрировать положительные ионы с потенциалом ионизации частиц

$V < 8$ эВ и отрицательные ионы со сродством к электрону частиц

$S > 0,6$ эВ. Влиянием электрич. поля напряжённостью

E до 10^4 В/см на ток ионов можно пренебречь, а при

$E > 10^6$ В/см в случае «трудной» ионизации эффективность П. и. возрастает вплоть до автоионизации (см. [Автоионизационное состояние](#)).

Величина

v определяется: темп-рой

T ; теплотой десорбции частиц; потоком частиц, поступающих на поверхность, а также каталитич. процессами на поверхности эмиттера, в т. ч. с участием отд. центров; диффузионным обменом частицами между адсорбированным слоем и объёмом эмиттера; внешним воздействием на процессы в адсорбированных слоях (освещением, электронным облучением, электрич. полем).

В качестве эмиттеров обычно используют металлы (

W, Mo, Pt, Ir, Re, Ni) и оксиды

W, Mo, Ni, нихром, а также интерметаллиды (напр.,

Na_xAu_y) и полупроводники (напр.,

Si, LaB₆). Их работа выхода лежит в диапазоне 4,0–6,7 эВ. Темп-ра эмиттеров

поддерживается в диапазоне от 600 до 2500 К. Эти эмиттеры применялись для П. и

металлов, солей металлов, галогенов, а также для многочисл. органич. соединений

(аминов, гидразинов, фосфинов, арсинов, фенолов, органич. кислот, производных

циклич. соединений, алифатич. соединений и др.).

П. и частиц наблюдается не только в вакуумных, но и в атмосферных условиях. Так, с

использованием эмиттеров из окисленного Мо созданы селективные детекторы

содержания органич. молекул в воздухе и газовых смесях, а также дрейфовые масс-

спектрометры, получившие широкое распространение.

Литература

Лит.: Зандберг Э. Я., Ионон Н. И. Поверхностная ионизация. М., 1969; Кнатько М. В.,

Лапушкин М. Н., Палеев В. И. Управление термической ионизацией с помощью

электропереноса катионов щелочных металлов // Письма в Журнал технической

физики. 2005. Т. 31. Вып. 8.