

- [3] З в е з д и н А.К., К о т о в В.А. Магнитооптика тонких пленок. М.: Наука, 1988. 192 с.
- [4] С т о г н и й А.И., Т о к а р е в В.В. // ПТЭ. 1990. № 3. С. 142-144.
- [5] Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. В. 11 / Под ред. Р. Бернша. М.: Мир, 1986. С. 488.

Институт физики
 твердого тела и полупроводников
 АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию
 15 ноября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 1

12 января 1991 г.

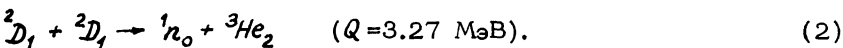
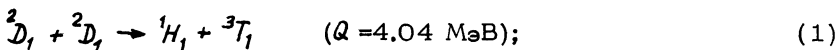
04; 05, 1

© 1991

ИЗОТОПНЫЙ АНАЛИЗ ВОДОРОДА КВАДРУПОЛЬНЫМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРОМ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ДЕЙТЕРИЯ В ТИТАН

Н.В. К о н е н к о в, С.С. С и л а к о в,
 Г.А. М о г и л ь ч е н к о

В работе [1] сообщается о наблюдении продуктов ядерных реакций дейтерия (D) в процессе имплантации ионов в титан:



Вывод о наличии реакций (1) и (2) основывался на регистрации в масс-спектре пиков с массовыми числами $M=3$ и $M=6$. Пик с массовым числом $M=3$ идентифицировался с изотопом гелия 3He , а с $M=6$ - с молекулой трития T_2 . Использование для масс-анализа продуктов реакций (1) и (2) монополюсного масс-спектрометра с низкой разрешающей способностью не позволяет однозначно установить 3He и 3T из-за интерференции масс-продуктов плазменных реакций, например, для $M=3$ - $({}^3He, {}^3T)^+$, HD^+ и H_3^+ , $M=6$ - T_2^+ , D_3^+ , ${}^{12}C^{++}$.

В таблице представлены вероятные ионы - продукты плазмохимических реакций, когда используется титановый магниторазрядный

Возможные частицы плазмы и требуемые значения разрешающей способности

M	Частицы плазмы	$m/\Delta m$
2	D^+, H_2^+	1300 (D, H_2)
3	$^3He^+, T^+, HD^+, H_3^+$	159000 ($^3He, T$) 510 (T, HD) 1950 (HD, H_3)
4	$^4He^+, HT^+, D_2^+, H_2D^+$	190 ($^4He, HT$) 930 (HT, D_2) 2600 (D_2, H_2D)
5	DT^+, H_2T^+, D_2H^+	3250 (DT, H_2T) 1115 (H_2T, D_2H) 860 (DT, D_2H)
6	$^{12}C^{++}, T_2^+, D_3^+$	590 (T_2, D_3)

насос и напуск в него дейтерия. Как следует из данных таблицы, для однозначного установления наличия 3He и 3T масс-спектрометрическим методом требуемые минимальные значения разрешающей способности $m/\Delta m$ составляют 510 для разделения ионов $(^3He + ^3T)^+$ и HD^+ и 590 для разделения дублета T_2^+, D_3^+ .

Указанным требованиям удовлетворяет квадрупольный масс-спектрометр с высокой разрешающей способностью [2], работающий в промежуточной области стабильности [3], который мы использовали для анализа состава ионов плазмы титанового магниторазрядного насоса типа НМДИ-0.25. Регистрация ионов осуществляется в режиме счета с помощью электронного умножителя ВЭУ-6 при уровне шума регистрирующей аппаратуры ≤ 10 имп/с. Предельное детектируемое давление аргона составляет $\sim 10^{-12}$ Па. Диапазон масс 1-40 АЕМ. Получение ионов D^+ в разряде ионного насоса осуществлялось путем напуска в камеру тяжелой воды (D_2O). Источник ионов открытого типа располагался над сеткой выходного отверстия насоса.

Наблюдаемый масс-спектр при напуске воды с воздухом показан на рис. 1. Перед напуском интенсивности компонент с $M=1, 3, 4$ были приблизительно в 100 раз меньше интенсивности пика H_2^+ . Остаточное давление в камере составляло 10^{-6} Па и при напуске воды с воздухом от $5 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ Па, что соответствовало току разряда насоса 0.5-2 мА.

Возможности квадрупольного масс-спектрометра иллюстрируются на рис. 2, где приведен масс-спектр дублета $^4He^+, D_2^+$. Поскольку наличие гелия 4He в камере анализа обусловлено напуском воздуха, то можно говорить о том, что в данном типе масс-спектрометра реализуется высокая чувствительность по концентрации гелия порядка 5-10 ppm при высокой разрешающей способно-

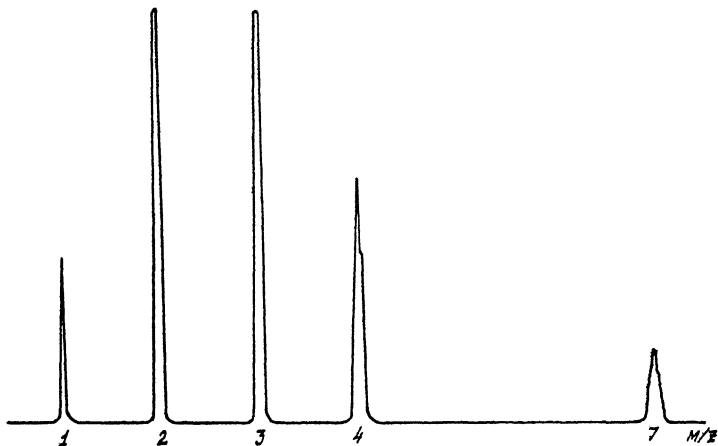


Рис. 1. Спектр легких масс ионов при напуске D_2O с воздухом. Ток эмиссии электронов 0.2 мА, энергия ионов 50 эВ, давление $5 \cdot 10^{-5}$ Па, ток разряда насоса 0.5 мА.

сти $R_{0.5}=1000$. Попытки разделить пик $M=3$, с тем чтобы обнаружить T^+ на фоне HD^+ при $R_{0.5}=1000$, не дали положительных результатов. В близких условиях эксперимента [1] в нашем случае интенсивность пика с $M=6$ очень мала (≈ 200 имп/с), и изменение ее величины по истечении долгого времени (в течение недели) не наблюдалось. Происхождение этого пика, вероятно, связано с наличием ионов $^{12}C^{++}$.

Таким образом, результаты эксперимента при использовании более совершенного масс-спектрометра не подтверждают гипотезу

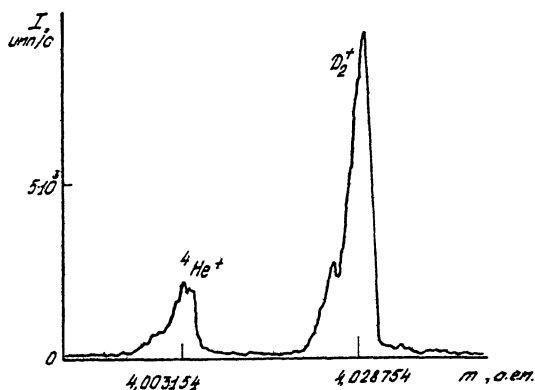


Рис. 2. Масс-спектр дублета $^4He^+$, D_2^+ . Ток эмиссии электронов 0.4 мА, энергия ионов 10 эВ, давление $5 \cdot 10^{-4}$ Па.

существования холодного термоядерного $D-D$ синтеза в твердых телах. Указанный тип масс-спектрометра [2] может быть применен для изотопного анализа водорода в установках типа токамак.

Авторы выражают признательность С.С. Волкову и А.Б. Толстогузову за полезное обсуждение результатов работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К о с я ч к о в А.А., Т р и л е ц к и й С.С., Ч е р е п и н В.Т., Ч и ч к о н ь С.М. // ДАН СССР. 1990. Т. 312. № 1. С. 96-98.
- [2] К о н е н к о в Н.В., М о г и л ь ч е н к о Г.А., С и л а к о в С.С., Ш а г и м у р а т о в Г.И. // ПТЭ. 1990. № 3. С. 157-159.
- [3] Ш а г и м у р а т о в Г.И., К о н е н к о в Н.В., С и л а к о в С.С., М о г и л ь ч е н к о Г.А. // ЖТФ. 1990. Т. 60. № 1. С. 117-122.

Научно-исследовательский
технологический институт,
Рязань

Поступило в Редакцию
11 октября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 1

12 января 1991 г.

01; 04

© 1991

ПОЛЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ТОКА В КЛАССИЧЕСКОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ СРЕДЕ

П.В. К о т е т и ш в и л и, А.А. Р у х а д з е,
В.П. Т а р а к а н о в

1. Известно, что в классической проводящей среде статический ток создает магнитное поле, не зависящее от свойств среды, т.е. такое же поле, как и в вакууме [1]. Это является следствием того обстоятельства, что диэлектрическая проницаемость классической среды не может обладать полюсом при $\omega \rightarrow 0$ выше первого порядка. Однако если проводник с током движется, то даже при сколь угодно малой скорости движения в среде индуцируется электрическое поле, а следовательно, и ток, который может скомпенсировать магнитное поле тока проводника. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим бесконечно тонкую пластину в плоскости yZ , по которой течет ток в направлении оси Z , а сама пластина перемещается поперек тока вдоль оси x со скоростью u . Плотность такого тока при этом запишется в виде

$$j_0(r, t) = i_z j_0 \delta(x - ut). \quad (1)$$