

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
имени Д.В. СКОБЕЛЬЦИНА**

Андрианова Наталья Николаевна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И СТРУКТУРЫ
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ
ФЛЮЕНСАХ ОБЛУЧЕНИЯ ПУЧКАМИ АТОМАРНЫХ И
МОЛЕКУЛЯРНЫХ ИОНОВ**

01.04.08 –

-

– 2008 .

" " -
.. .

: - ,

: - ,

- ,

:
« »

« 1 » 2008 . 15

501.001.45

.. .

: 119991, , -1, ,
.. , 19 , . 2-15.

.

« 27 » 2008 .

501.001.45

.. .

.. .

Цели и основные задачи работы

1.

2.

3.

4.

Научная новизна работы

1.

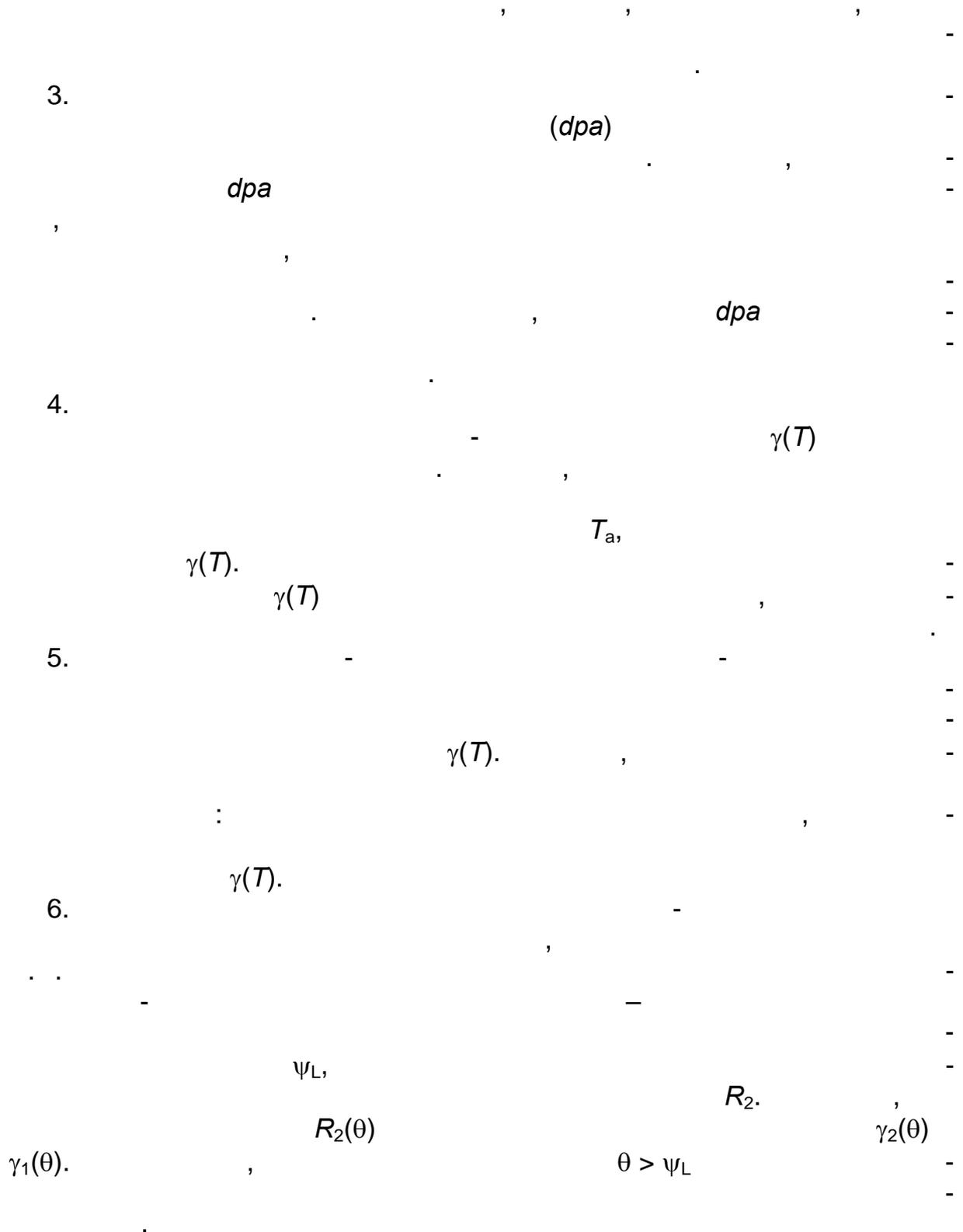
2.

(-1)

(-2500)

Ar⁺

30



Научная и практическая ценность работы

Достоверность основных положений и выводов

На защиту выносятся следующие положения

1.

-1

Cu

-1

2.

3.

Ar⁺

30

4.

5.

60°

N_2^+

30

-1

$T,$

$T > T,$

6.

N_2^+

30

$T > T_a,$

7.

Ge(111)

Апробация работы.

: XXXIV - XXXVIII

XVII XVIII

(, 2004 - 2008),

" (, 2005, 2007), VII -
 2004), I " (. ,
 " (. , 2006), -
 « : , -
 » (, 2006), 21 - 22 International Conferences
 on Atomic Collisions in Solids (ICACS-21 – Italy, Genova, 2004, ICACS-22 –
 Germany, Berlin, 2006), 2–6 -
 « » (, , 2004 –
 2007), 7 « -
 » (, 2005), XXVIII – XXXIV -
 « » -
 (, , 2002-2008), 10-14 -
 « ' -
 » (, , 2004-2008), II -
 « -
 » (, 2007), -
 « -
 2007 .».

Личный вклад

Публикации. 18 , 11

Структура и объем диссертации.

182 , 175
 , 77 2 .

введении

Глава 1

главе 2

разделе 2.1

0.5 $\text{Ar}^+ / \text{N}_2^+$ 0.3 2 30

Leibold.

$(I_i \quad \varphi t \sim 10^{16} - 10^{17} \quad / \quad ^2) \quad I_e, \quad 1 - 3$

$\gamma = I / I_i$
 $\gamma < 3\%$.

$\gamma \quad (\quad 10^{18} - 10^{19} \quad / \quad ^2).$

HR-202i

0.01
разделе 2.2

plus,

Femtoscan.

LEO 1430-vp

Axiostar

()

-4

CuK_α-

(),

1-2

-102

50

50

()

Раздел 2.3

SRIM.

(OKSANA [6]),

(TRIM.SP) [7].

5

dpa.

dpa

$$\sigma_{dam} \approx 0.4 S_n/E_d$$

S_n

E_d.

S_n

E

σ_{dam}
R_d.
[8],

Y

$$dpa = \frac{R_d}{\Delta x} \cdot \frac{5.26}{\alpha(M_2/M_1)} \cdot \frac{E}{E_d} \cos^f \theta \cdot \left(1 - \frac{x}{x_d}\right),$$

$$x < x_d = R_d \cdot \cos \theta,$$

$$f \geq 1, \alpha -$$

(M₂/M₁), E_c -

, Δx -
dpa

S_n

dpa
R_d/Δx
θ.

E_c/E_d

SRIM.

$$\sigma_{\text{dam}} \cdot n_0, \quad \delta = Y \cdot (\varphi \cdot t)_{\delta} / n_0 \cdot dpa$$

400 Al(110). dpa,

Ar⁺

Глава 3

-850, -1300, -2000 -2500 ()
 T
 -8 () РОСО-AXF-5Q ()
 (раздел 3.1)

раздела 3.2

Ar⁺ 30

Y(θ) θ = 78° θ = 0, 90°

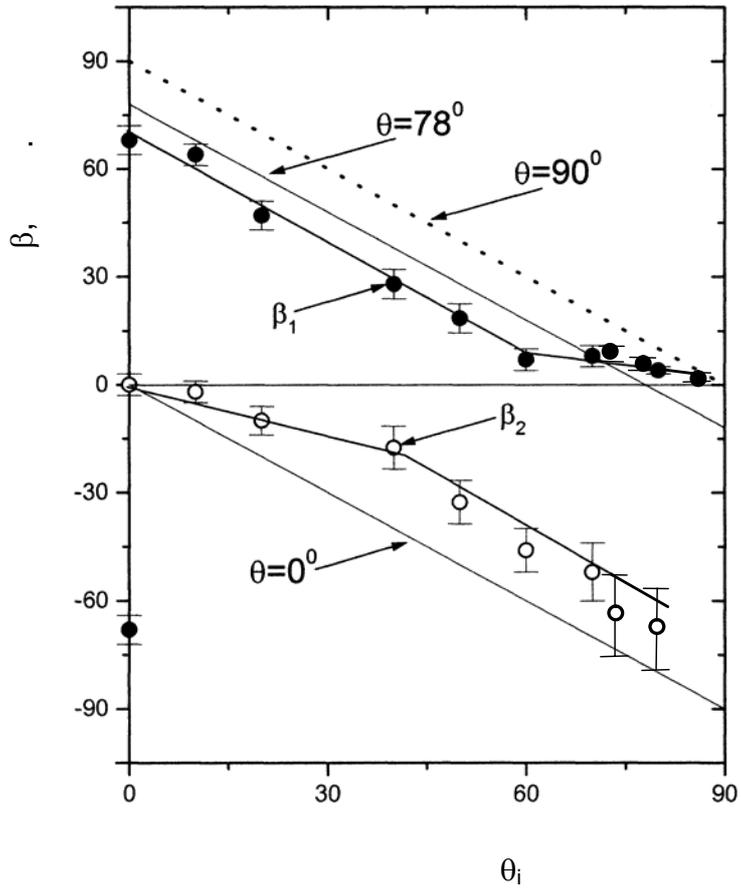
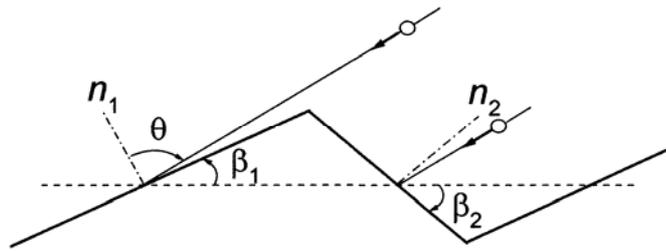
[8].

Раздел 3.3

$\Delta m/m$

(-2000, 2500) $\Delta m/m$ $\Delta m/m$

T



.1.

β_1 β_2

$f(\beta)$

i

$Y(\theta)$ -2500

[9]

$Y(\theta)$

-2500

$Y(\theta)$

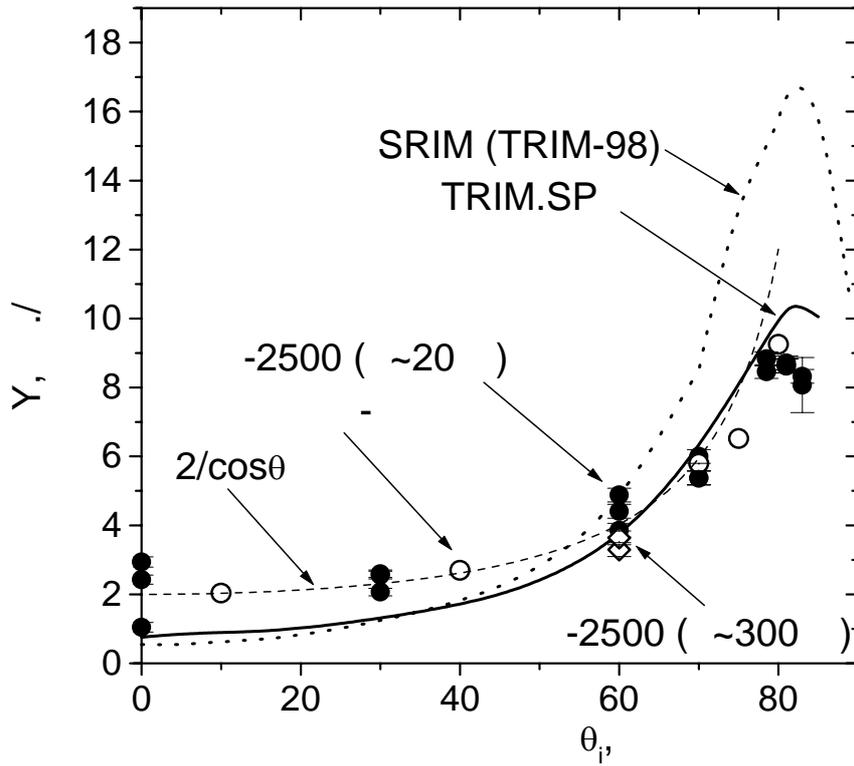
.2.

[5].

$\gamma(T)$

T

(



.2.

Y Ar^+ 30
 j $(\text{N}^+, \text{N}_2^+, \text{Ar}^+)$ $j \approx 0.3$ / 2

T_a

γ

.3 .

$\gamma(T) -$

Ar^+

N_2^+

$T < T_a$

$T > T_a$

$\gamma(T)$

j

$(\text{N}^+$

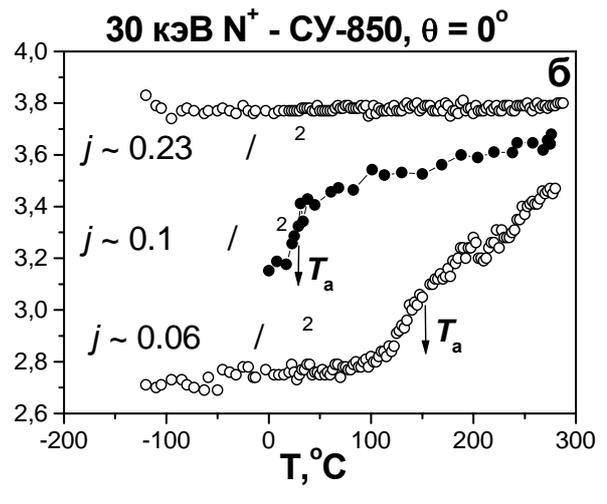
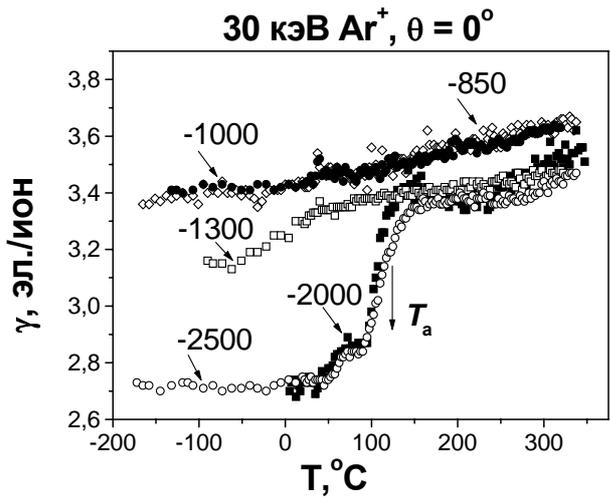
15 30

, N_2^+

, 30)

T_a

.3 .



.3.

(-8, -1) T_a -
 j .
 T ,
 -
 -
 N_2^+ 30
 Ar^+ -
 Ar^+ -
 N_2^+ -
 $dpa_N > dpa_{Ar}$ -
 CN_x [5].
 -
 -

2. разделе 3.4

$Y(\theta)$, $1/\cos\theta$, $\gamma(\theta)$,
 $Y(\theta)$.
 $\gamma(T)$, γ .

$\gamma(T)$

λ

[5].

Глава 4

,

().

($T > T_a$)

() $\theta = 60^\circ$ [5].

разделе 4.1.

-1 ()
($T < T_a$)

N_2^+ , 30

-1

$T = 400^\circ$ ($T > T_a$)

N_2^+

Y $\theta = 60^\circ$

Y $\theta = 0^\circ$.

[1].

-1

18%,

$T=400^\circ$ - 7%.

-1

$\theta = 60^\circ$,

-1 .

-1

[001],

[001]

58°

-1 ,

-1

)

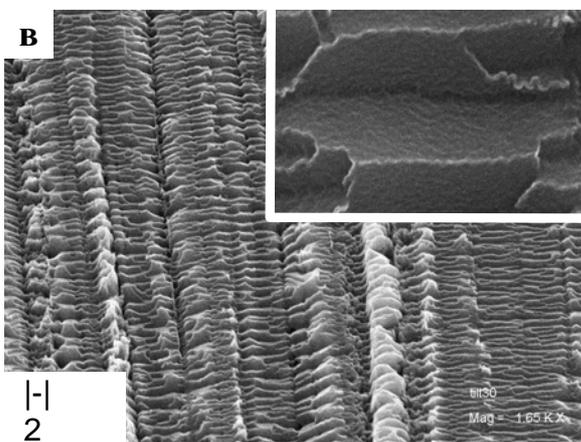
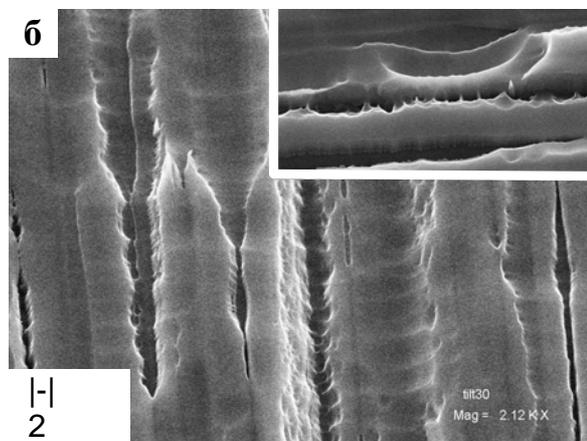
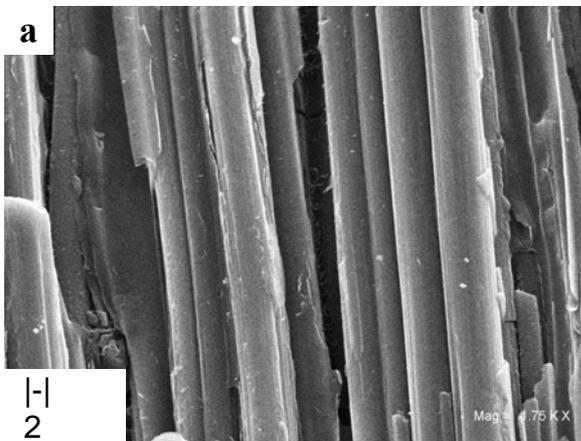
-1 ,

Ar⁺ 30, .1, -1
 Ar⁺ θ = 60°
 -1,
 N₂⁺,
 (≥ 2·10¹⁹ / ² ~ 10²⁰ / ²).
 Y θ = 0°.

разделе 4.2

()

γ(T)



.4.

30° () N₂⁺
 30 (),
 90°, T = 330°C (),
 (20)
 42°

$$T > T_a$$

.4.

$$T < T_a \quad T > T_a$$

$$T < T_a$$

~16%,

$$T > T_a \sim 11\%$$

(~)

разделе 4.3

$$R_n = \gamma_n / n\gamma_1 < 1.$$

$$R_2(\theta) = \gamma_2 / 2\gamma_1$$

N_2^+

N^+

Cu(001)

$$R_2(\theta)$$

ψ_L

$$R_2(\theta)$$

$$\gamma_2(\theta) \quad \gamma_1(\theta)$$

$$\theta > \psi_L$$

Ge(111)

Cu(001)

$$\text{Ge(111)} \quad \theta = 0^\circ (R_2 = 0.91 \pm 0.02)$$

$$\theta = 10^\circ (R_2 \approx 1).$$

$$R_2 = 0.96 \pm 0.02$$

-850

-2500

$$T > T_a$$

30 $Y(\theta_i)$ -1 $T > 300^\circ\text{C}$ Ar^+

5. -1 Y $\gamma(T)$

T_a $\gamma(T)$ $\gamma(T)$

6. 30 60° N_2^+

T_a -1 -1

$-$ $[001]$ $[001]$ 58° -1

7. N_2^+ 30 $-$ -1 $T > T_a$

8. $-$ $-$ $-$

Cu(001) Ge(111)

-850,

-2500,

Список цитируемой литературы

1. ... 3. ...
..., 1998. - 551 ...
2. ...
1990. - 216 ...
3. Ehrhart P., Schilling W., Ullmaier H. Radiation Damage in Crystals // Encyclopedia of Applied Physics - 1996. - v. 15. - p. 429-457.
4. Chan W.L., Chason E. Making waves: Kinetic processes controlling surface evolution during low energy ion sputtering // J. Appl. Phys. - 2007. - v. 101. - p. 121301(1-46).
5. ...
//
2008. - 1. - 58-74.
6. Shulga V. I. Computer simulation of single-crystal and polycrystal sputtering. I // Rad. Eff. - 1983. - v. 70. - p. 65-83.
7. Biersack J.P., Eckstein W. Sputtering Studies with the Monte Carlo Program TRIM.SP // Applied Physics A. - 1984. - v. 34. - p. 73-94.
8. ...
/ ... , 1984.
- 336 ...
9. ...
// ... - 1994.
2. - с. 33-37.

Основные публикации по теме диссертации

1. ...
// ... " / ...
... -2002. -
4 (7). - 14-18.
2. ...
/ « ... » //

« » - : . . . - 2007. - .
353-358.

12.
// . - 2008. - 1. -

. 24-27.
13. // -

. - 2008. - 3. - . 23-26.

14.
// . - 2008. -

4 (94). - c. 11-14.

15. Andrianova N.N., Borisov A.M., Mashkova E.S., Nemov A.S., Parilis E.S. The effect of crystalline structure on molecular effect in ion-induced electron emission // Vacuum. - 2008. - v. 82. - p. 906-910.

16.
//

. - 2008. - 5. - . 23-26.

17.
// . - 2008. - . 72. - 7. -

. 944-948.

18.

30 . XXXVIII

/.
. - 2008. - c. 114.

Наталья Николаевна Андрианова

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И СТРУКТУРЫ
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ФЛЮЕНСАХ
ОБЛУЧЕНИЯ ПУЧКАМИ АТОМАРНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ИОНОВ**

01.04.08 –

-

100 . 2008 . . . 1,0.