

• •

-

• •

• •

22.383

621.315.3; 537.226; 537.311

• • •
.- : , 2007, . 209. -

(1962-1991 .) -

-« » -

• • • , • • • -

, -

, -

. -

, -

- -

. -

0,03 – 10 . -

v~0,1-20 / , -

5-20 -

©
©
© . . .

			4
1			5
2		-	22
3	-	-	45
4		,	67
5			77
6			93
7		-	106
8		-	118
9			123
10			151
11		-	166
12		-	182
		-	
			186

(),
(~0,01 – 100),

~7-10

1-100

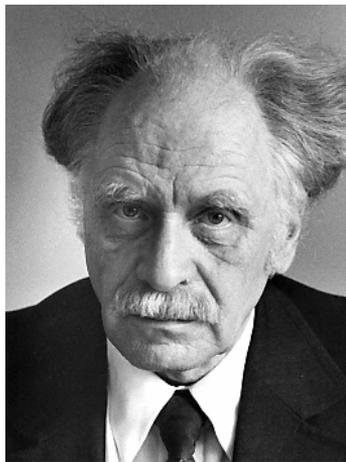
($\rho > 10^{14}$),

(1-1,5 /),

().

()

,
 ,
 (. . . , . . .)
 1965 .
 ()
 . 1981 .
 (),
 . . . ,
 . 1993
 . . .



.1.
 (1910-1982)

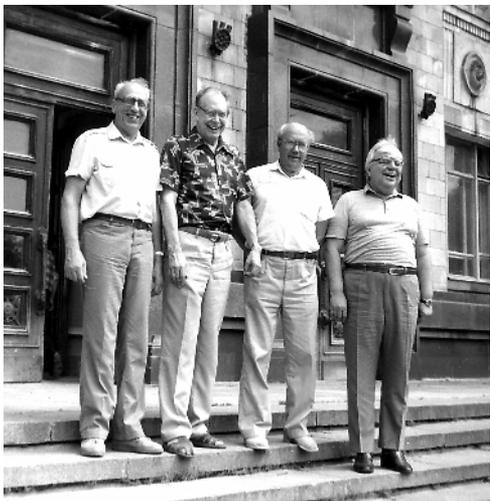
(.2)
 ,
 ,
 -
 .
 1960-
 ,
 .
 1962-1978 . [1-15]
 . . .



.2.
 (1908-1981)

. . .
 (.3),
 ,
 (1979 .).

6,3 ,
 4 ,
 -500
 100-500
 30 ..
 -400.
 c
 2 22
 (. . .)
 , . . . , .3 , : . . . ,
 . . .)
 c (. . . 100 (. . .))
 (. . .)
 :
 -
 -
 =30 , , 10^{-6})
 -
 -
 -252
 -
 10^{10} - 10^{-12} .,





.4. . . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . .

.

.

.

1964 . " -1"

" -1"
1 , . . .

" -3,4"

" "

0,1-30 .

,

.

,

,

27 $2 \cdot 10^{-1}$.

0,1 . $\sim 10^{-12}$, 10^5 .

() .

() -

1979 .

,

,

,

,

,

,

,

,

,

-252,

80 110 40-45

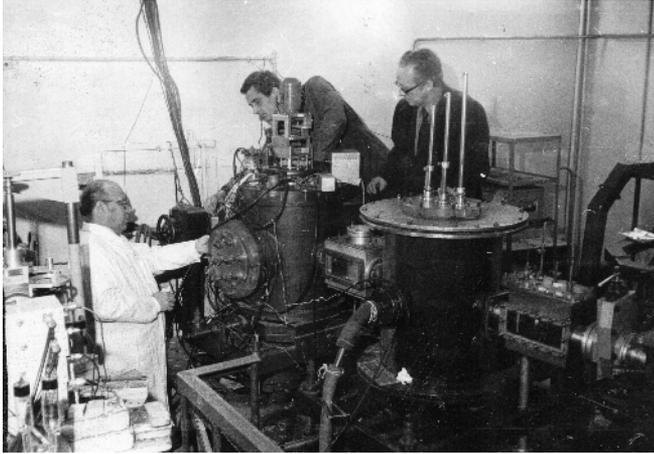
$2 \cdot 10^{-1}$,

,

,

15 .

. -
 , -
 , -
 , -
 1963 . -
 1962 . -
 400 , -
 , -
 , -
 , . . . -
 , -
 , -
 " " " " 70- " " , -
 . -
 , -
 2 () -
 - (: (" " : " ") -
) (: " " : " ") -
) (: " " : " ") -
) (: " " : " ") -



5. . . . , . . . , . . .

6,3

, , -
-
-
-
-

100

(1961-1991 .),

(. 5,6)

[1-24]:

1.

10 - 1000

2-6,3

(= 77-600 K)



.6.

(1975) 1 : . . . , . . . , . . .

; 2 : . . . , . . . , . . . , . . . ; 3 : . . . - . . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . .

2. « »

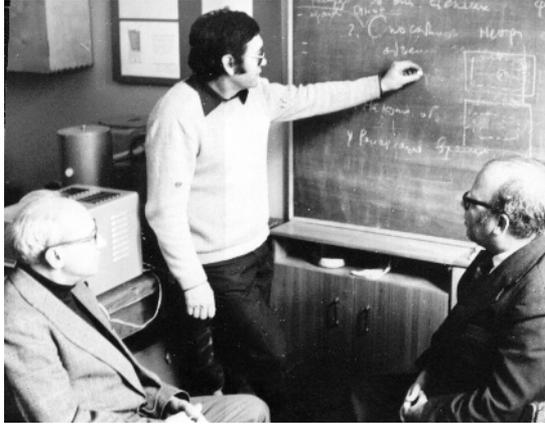
(p, -) 0,1-30 .

« » (. . .)).

3. « »

10-30

30-40 (.7).



.7.

4.

100

()

1-10

5.

6.

1-10

1 ., 10^6-10^7 , $10^7 \cdot 10^{-2}$ $10^{11}-10^{12}$ $\cdot 10^{-3}$.

« » (1986-1988)

7. ()
100 . (. , . , .)

8. (. , . , .).

() Cf^{252} (. , . , .) .

9. -8, ($m \sim 10^{-10} - 10^{-12}$) -500) ($v \sim 0,1-20$ / .) .

10. $10^{-10}-10^{-12}$. $v \sim 2-10$ (. , . , .) .

$v \sim 10-100$ / . « -3» . ,

1991). 1965 . . .

2 . . . (1965-

: «

». 1965-1991 . . . 79

1.

MB CCO ,

2.

2

“ ” , “ ” , “ ” .
: . . . ;
(. . .); (. . .);
; (. . .), (. . .),
(. . .), (. . .)

1995 .

(“ ”) (1964-1983) .

2

2.

1965 1982 2,

« »,

1962-1963 () .

1963

(.),

1964

200

1965

«

» () .

1971

« » : «
» «

».

.. (.8)



.8.

,
 1971 .
 «
 », 1974 .
 «
 ». 1970 -1975 .
 100
 50
 1971 1982 .
 "", 1982 .
 1991
 1971 «
 » (.9).



.9. ()
 5-

1975 . 1985 .
 " " -
 « » , -
 1971 . 40 . -
 (« » , -
) , -
 « » 1978 -
 . 12 100 -
 (-
 ,) . . , -
 . . 20 ,
 , . -
 . . " " " " - 45 , -
 , (.10,
 11). 2007 . « -
 » .1 .2: 2006.



.10. (2005) 1 :

... , ... , ... ; 2 : ... , ...
 , ... , ... , ... , ...
 , ...



.11. (2006 .): 1 : ...

... , ... , 2 : ...
 , ... , ... , ...
 , ...

2.

()

,

,

,

(.1)

,

,

-

.

,

,

.

1

.

,

,

,

.

-

.

-

,

,

-

,

,

-

.

1.

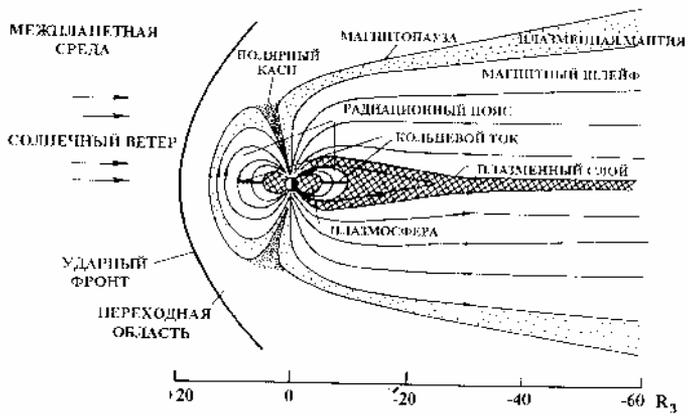
			$10^{-2} - 10^{-1}$
-	(p) He ()	$10^2 - 10^{15}$	$1,5 \cdot 10^4$ 10^3 $1,2 \cdot 10^1$
-	(p)	$1 - 10^4$	$10^7 - 10^8$
	(p) (e)	$1 - 30$ >30 $0,1 - 1,0$ $>1,0$	$3 \cdot 10^{11}$ $2 \cdot 10^8$ $1 \cdot 10^{12}$ $1 \cdot 10^{10}$
-	(p) (e)	$10^{-3} - 10^{-1}$	$10^{11} - 10^{14}$

7

.1

1

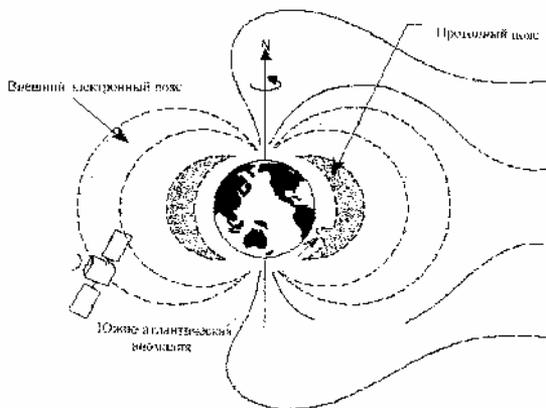
0,5



.1.

()

.2



.2.

1.

,

2.

3.

4.

5.

, P.

6.

:

-

,

,

$$10^2 - 10^3;$$

-

-

,

-

,

;

;

;

7.

8.

9.

$E, N(E) \sim E^{-1}, N(E) -$

1963 .

()
() [1-8].

10 – 70

, 0,6 – 2,3 ,

[9-10].

2.

/	-	-	-	
1	()		650	-
2	-100 ()		30,70, 100	-
3	()	p	1-7,8 1-25	-
4	-8 ()	p e He ⁺ He ⁺ M ⁺	1-3 1-1,5 1-3	- - “ - v~10-
			30 /	

5	-500 ()	p	0,1- 0,5 0,1-1	-
6	-4 -10 ()	e e	4 2,2	- - -
7	()		23	- - -
8	, ()	e	0,05	-
9	- ()	p Kr ⁺	0,03 0,03	- - -
10	Co ⁶⁰ () , 0,25	γ	1,25	- -
11	Cf ²⁵² 0,1 , ()	,	6,1 50-130	- -
12	Tl ²⁰⁴ (10) ()		0,25	
13	-400 ()	X	0,4	- -

- ; - - ; X -
, , -
+ -
m~10¹² , - , - -
, - , - -

()
() (.3-7), [11,13].



.3.



.4.

(-8)



.5.

(-500)



.6.

(-400)

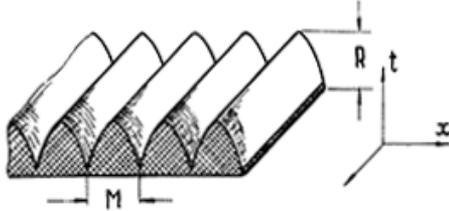


1,2 .7. , 50 , 60 ,

$j(E) \sim j_0 e^{-E/E(0)}$, $j(E) -$, $(,)$, $j(E) \sim j_0 E^2$
 $E; E(0) - \text{const}; 2 < < 5; j_0 -$.

(.8) [4].

$$\frac{x}{M} = \left(\frac{E_{\min}}{E_{\max}} \right)^Y \left[\left(1 - \frac{t}{R} \right)^{-\delta Y} - 1 \right]$$



.8.

$R \sim E$,

$$x = M \left(\frac{E_{\min}}{E_{\max}} \right)^Y \left[\left(1 - \frac{t}{R} \right)^{-\delta Y} - 1 \right],$$

x, E_{\min}, E_{\max}

[1].

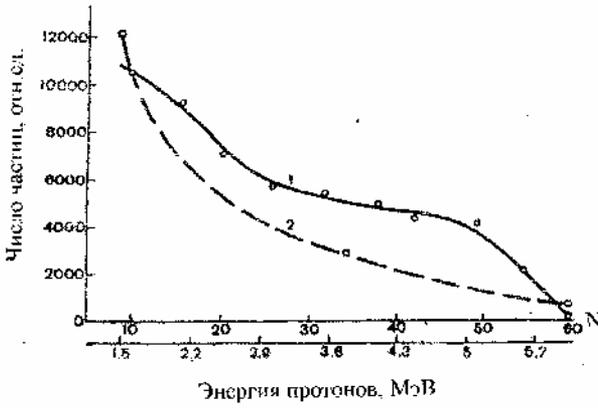
$E_{\min} \quad E_{\max}$

6,3

.9 [1] .

$10^{-3} - 10^{-1} / ^2 .$

(.).



9.
6,3 :1 -

6,3

. 2 -

$j(E) \sim E^2 [1]$.

[1].

(d,p) (,p).

$\sim 10^7$ / $40 - 50$,
[1].

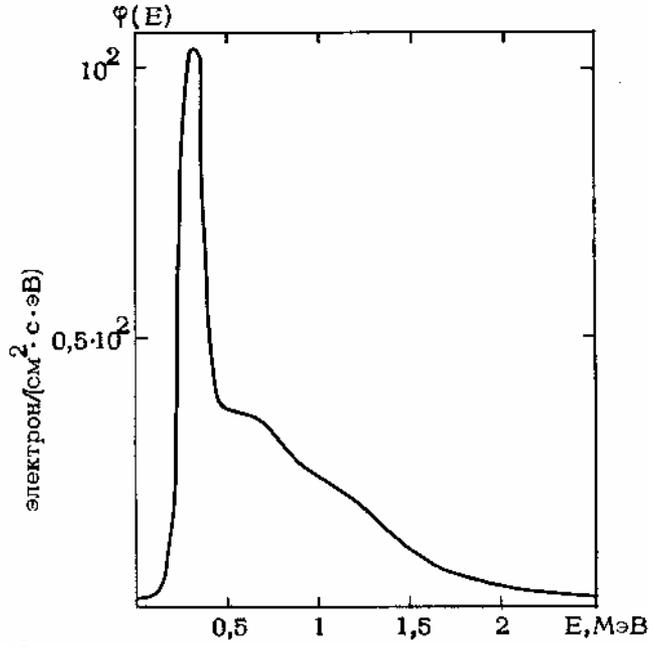
60^0 $j \sim e^{-E/E(0)}$

[4].

$Sr^{90} - Y^{90}$

$Sr^{90} - Y^{90}$

0,8



.10.

$Sr^{90} - Y^{90}$,

-1

-2

10^8 10^0

$10^{-3} - 10^{-5}$

10^{-5}

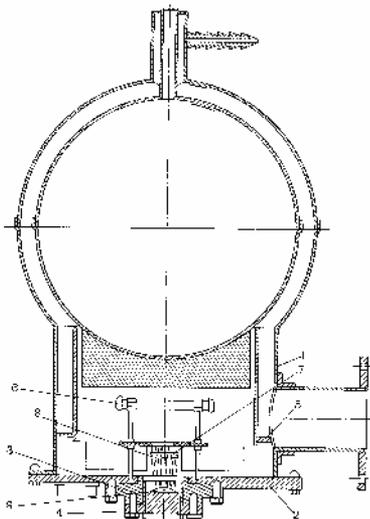
-2

$Sr^{90} - Y^{90}$ (2)

-1

-2 () (

.11)



.11. -1 -
 ; 1 - ; 2 - ; 3,4 - ; 5 -
 ; 6 - ; 7 - ; 8 - ; 9 -

$Sr^{90} - Y^{90}$

20

$Sr^{90} - Y^{90}$

-1, -2

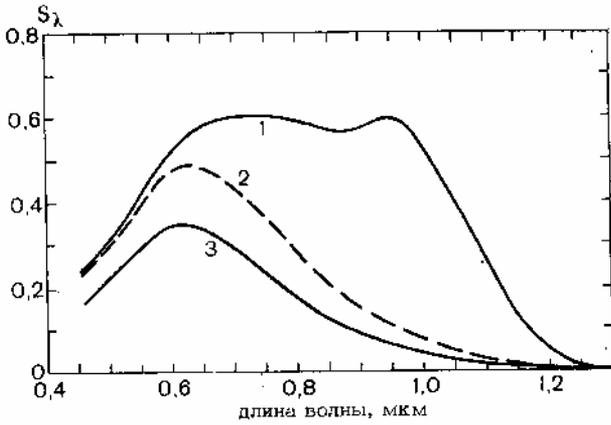
0,306

2,5

$$j(E) \sim e^{-E/E(0)}$$

.12.

I



.12.

: 1, 2 -

6,3

$$j(E) \sim j_0 e^{-E/E(0)}$$

; 1, 3 -

n-p

$10^2 - 10^4$

$E_p=6,3$

$j=8 \cdot 10^{11} \quad p=3,9 \cdot 10^{12} \quad / \quad 2$
 $j=1,1 \cdot 10^9$

$/ \quad 2$

[5].

800

$(S=0,35 \quad 2)$

$P \sim 10^{-5}$

50

$1 \quad 10 \quad / \quad 2$

$0,35 \quad 20-$

-3000,

~0,2-3

[14].

(1-20)

-3000.

« »

550
[15,16].

$3 \cdot 10^{16} \cdot 2^{-2}$

n-
180 p-

, (.13).

(0,6-2,6) .

-4

(,) [19,20].

,
-8

R~3),

100

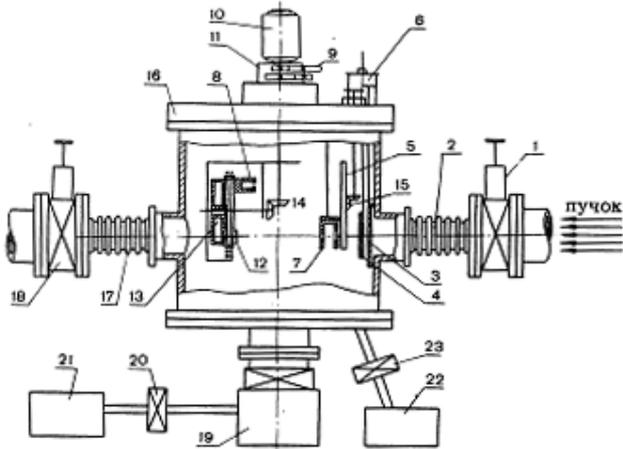
($\sim 10^{13} \cdot 2^{-2}$;

-101,

[5].

$\sim 2 \cdot 10^{-8}$,

10
 $\sim 10^5$ / .



.13.

1, 18 - ; 2, 17 - ; 3 -
; 4, 6 - ; 5 -
; 7 - ; 8 -
; 9, 10, 11 - , 12 - ; 13 -
; 14, 15 - ; 16 -
; 19 ÷ 23 - .

[18].

[19,20]

1. (),

2. (SiO₂)

3. -

4. ,

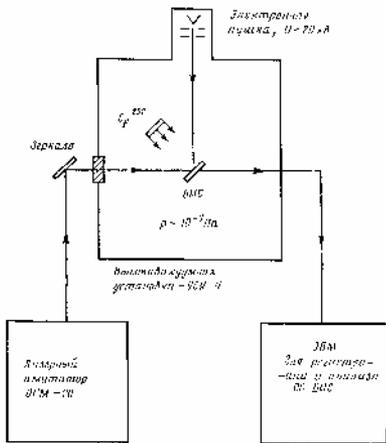
()

2⁻¹

100

/ 20-100 30 2⁻¹, 1-3 2⁻¹.

:



.14.

-252

(Cf²⁵²),

1-100 /

(1-100)

2 -1.

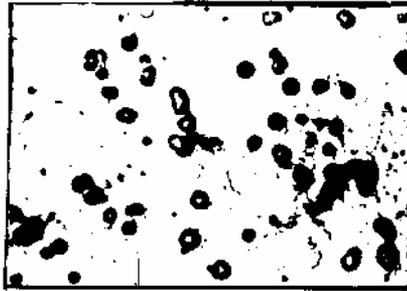
Cf²⁵²

43

80 110

(.14,15) [19,20].

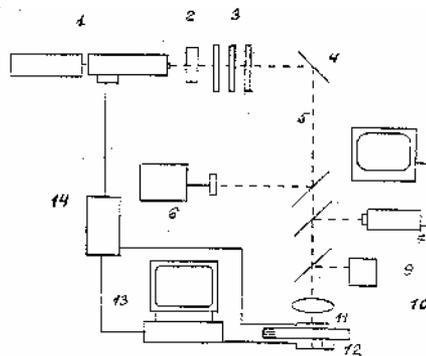
15



.15.

Cf^{252} , $E \sim 10^6$ /

(.15) [20-22].



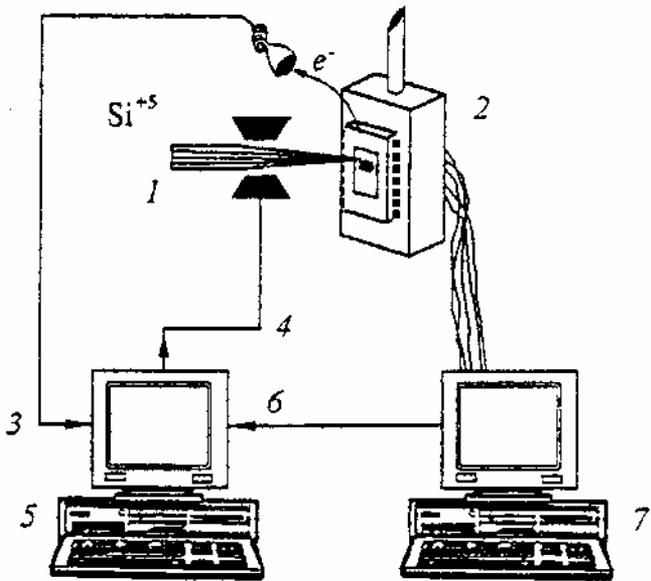
.16.

[22]: 1 - ; 2,3 - ; 4 - ; 5 - ; 6 - ; 7 - ; 8 - ; 9 - ; 10 - ; 11 - ; 12 - ; 13 - ; 14 -

(.17)

(.18) [23].

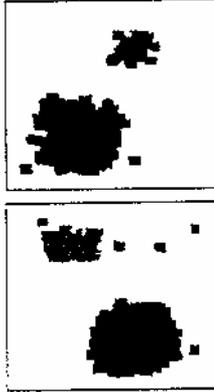
0,5



.17. - :
1 - Si⁺5; 2- ; 3 - -
; 4 - ; 5 - ; 6 - ; 7 -
[23]

(" ")

(250-300).



.18.

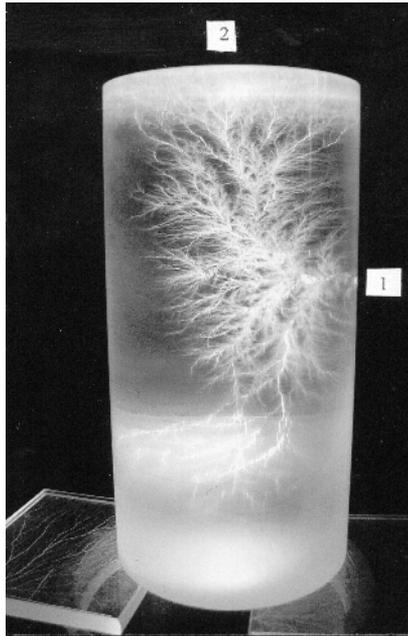
144 [23]

3.

[1-6].

.1

()



1. ()

:1 - ; 2 - =22 , $\sim 10^{13}$

-2

2 ,

10,5

22 , $\sim 10^{13}$./ 2 .

1-10 [2,4].



.2.

(10,5),

10,5

, =22 , $\sim 10^{13}$ / 2

-
-
-
-

- ,

.

-

10,5

22

-
,
-
-

.

. . .

22

~ 1

2 / .

-
-

I-3-4

$\rho \sim 10^2$ [7].

$\sim 50\%$.

10^3-10^4 [8].

$-1,8$

~ 22

10^{13}

$I \sim 100-200$

$\sim 10^7$

$1 < d_f < 2$.

$$2 < d_f < 3.$$

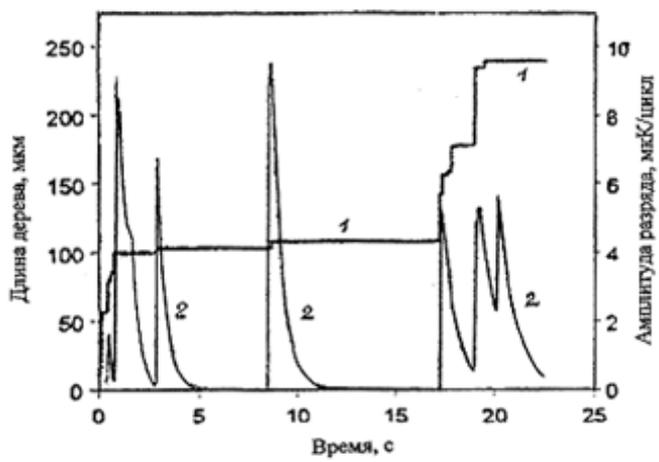
[15,16].

1.

()	$=1,8$ / $=22$ $J=30-60$ / 2 $=10^{13}-10^{14}$ / 2 $D=10^4-10^5$ $P=10^2-10^3$ / ~ 1 $d \sim 50-100$ $I \sim 100-200$ $J \sim 10^6$ / 2 $\sim 10-20$ $P \sim 10^7$ $10^{11}-10^{12}$ / 3
-----	--

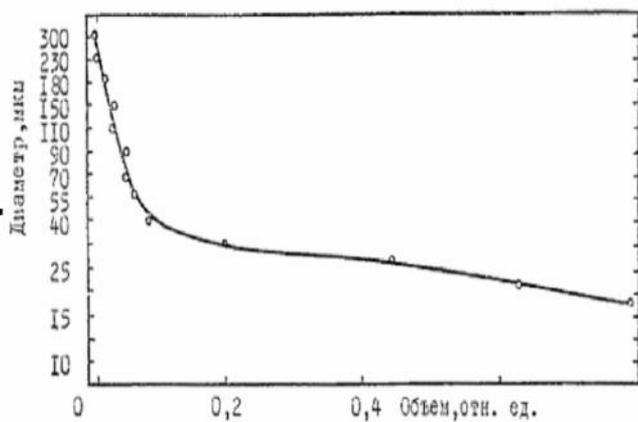
.3 ()

[12].



.3. () :1 - .2 -

.4



.4.

(10-50)

25

25

$3 \cdot 10^{13} \cdot 10^{-114}$

Nd^{3+} ($\lambda=1,064$, $\tau = 1,5 \cdot 10^{-8}$, $\sim 10^{-3}$
 $F=3,5$

($\tau \sim 10^{-7}$)

53

()

$5-15 \cdot 10^{-9}$

10-100

($f > 100$)



.5

4

100).

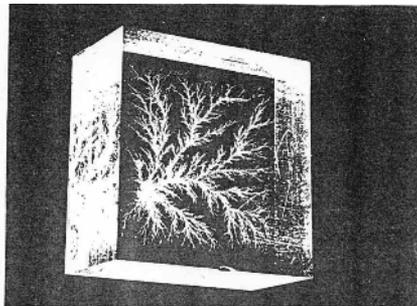
(.5,6
-114,
100),



.6.
(10)

2

(.7).



.7.

4

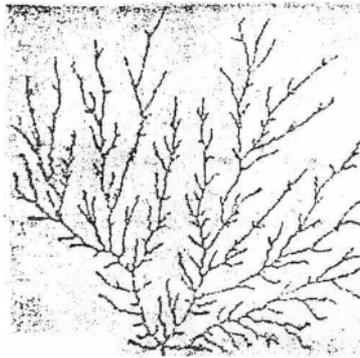
$10^{13} - 2$

(.8).

1-100

(.8)

1 128.



.8.

$N(\eta)$,

$N(\eta) \sim \eta^{-D}$.

, D ,
 $\lg N(\eta) \sim \varphi(\lg \eta)$.

$D \sim 1,6$

(.9).



.9.

).

(5000
 $D \sim 1,75$

10 /

1000

-8,

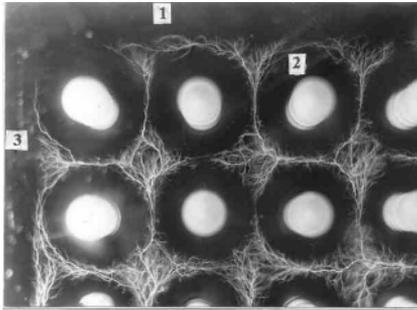
[18].

(),
1-10

0,5

$\sim 10^{13} \cdot 10^{-2}$

.10



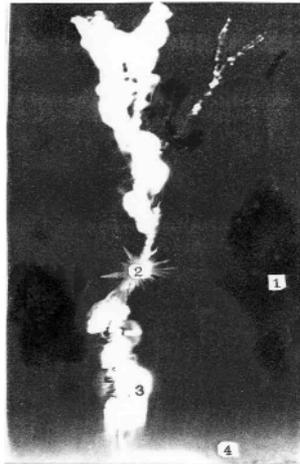
.10.

7 , $10^{13} \cdot 10^{-2}$

$\sim 0,5$

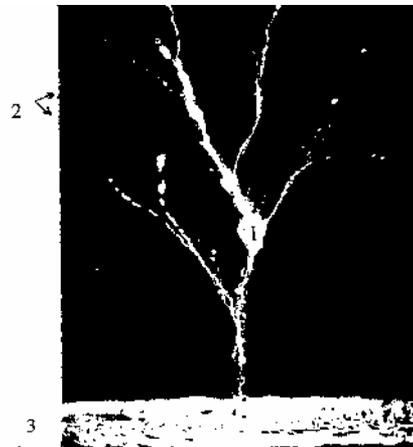
: 1 - ; 2 - ; 3 -

, ~0,5 , -
 -
 -
 , -
 -
 . -
 . -
 10¹³ -2, -
 1-2 , -
 / 2. , -
 , -
 -
 -
 (), (.), -
 , -
 , -
 -
 (, .). -
 , -
 (.11,12) [19]. -
 ,), (-
 . -
 1-25 . -



.11.

,
: 1 - ; 2 -
; 3 -
; 4 - ,



.12.

- 4 , - : 1
; 2 - ; 3 - -

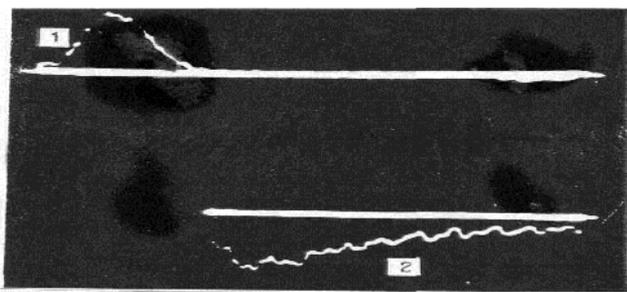
$10^{12}-10^{14} \text{ }^{-2}$.

2

, $\lambda=1,06$).

:Nd³⁺
($\tau=20$

(.13).



.13.
1 -

; 2 -

$$10^4 \cdot \frac{2}{2} \dots$$

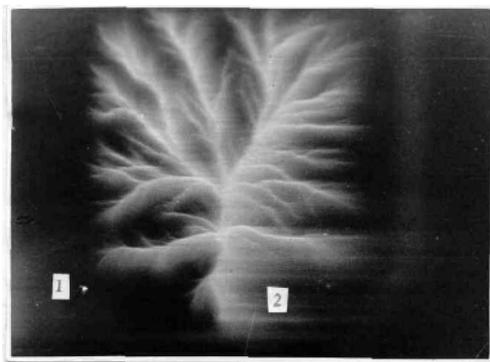
~0,2

8

0,5-0,6

(.14).

()



.14.

: 1 -

, 2 -

-109

$2 \cdot 10^{-8}$,

63

$5 \cdot 10^{-7}$

8

2

$2 \cdot 10^{-8}$

$5 \cdot 10^{-8}$

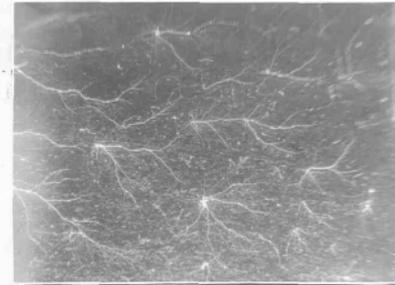
$2 \cdot 10^{-6}$

$- 10^{-6}$

$5 \cdot 10^5$

2-5 / [20-21].

10^{-12}



.15.

2

$= 5 \cdot 10^{12}$

-2,

$m = 10^{-12}$

$v = 2,6$

/

8

$10^{13} - 2$

$$= 5 \cdot 10^{12} \cdot 2,6 \cdot 10^{-2} \cdot 0,15 \cdot 2$$

$$m = 10^{-12} \quad v = 2,6 \text{ / .}$$

$$V = 2 - 4 \text{ /}$$

$$10^8 - 10^{10} \text{ .}$$

(, ,)

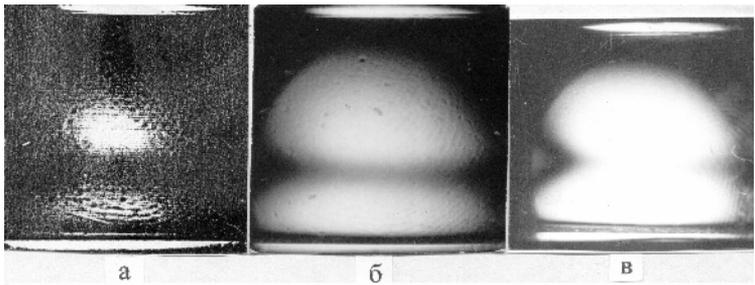
0,5 ,

()
() -

()

[10]. 16

2,1



.16.

$$=1,3 \cdot 10^{12} \text{ }^{-2}; \text{) } =3,9 \cdot 10^{12} \text{ }^{-2}; \text{) } =6,5 \cdot 10^{12} \text{ }^{-2}.$$

$E(x)$

1,2

4

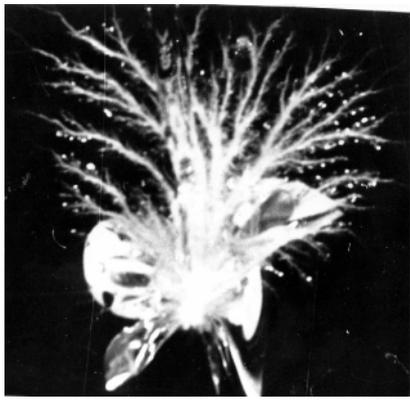
16

$j \sim 10^{11}$ -2 -1 $\sim 10^{12}-10^{14}$ -2 $\sim 10^{13}$ -2 $0,6-2,6$

4.

100

(.1)



.1.

100

100

.1

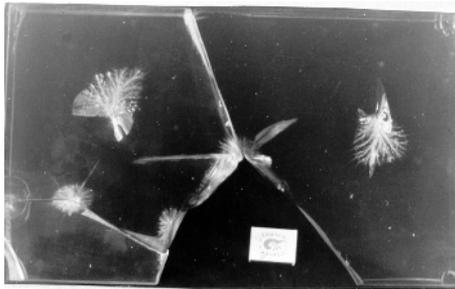
-100

(.)

$10^{13} -2$

(~10⁻²).

(100)



.2.

100

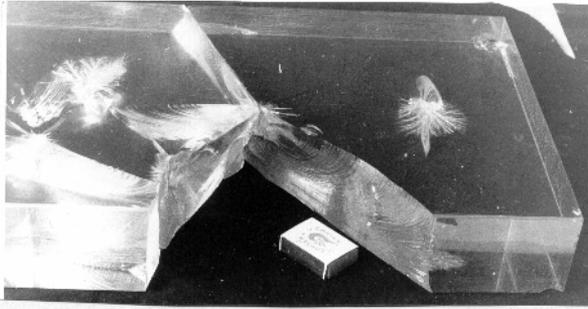
.2,3

-108,

40 35 8³

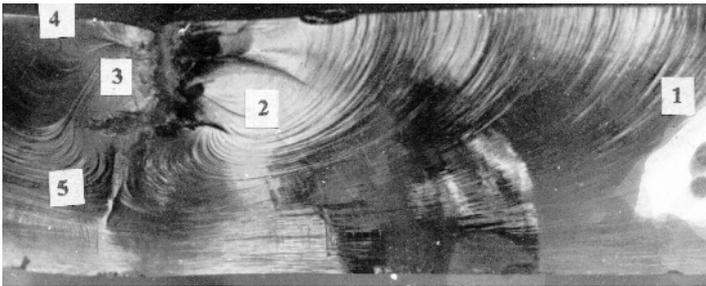
3,5

100 (.2)



.3.

100



.4.

=100 : 1 - ; 2 -
 R~3 ; 3 -
 j~10¹² -² -¹; 5 -

; 4 -

(~1,5 10⁶ /).

3

1

100

6 ,

(« »-« ~5 »)

(« »),

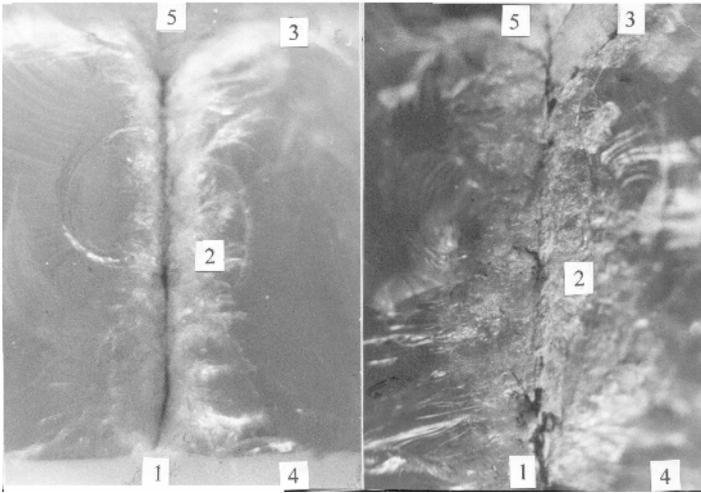
(« »)

(-).

200-300

($\sim 10^9 - 10^{10}$)

(.5), 2-3 .



.5.

(2): 1 -

; 2 -

, 3 -

; 4 -

; 5 -

1

100

.5

. ~1,5 / , -
 -
 6-9 .
 ,
 5·10⁹-10¹⁰ .
 . , -
 . -
 . -
 , - 100 , -
 , ~1 , ~0,1-1 .
 0,1-1000 , (), -
 . , -
 , -
 . , -
 , , -
 , , -
 , -
 , -
 - 100-200 .

1.

, P	$10^{-5} / ^2$
, W	~ 1
, τ_p	$10^{-7}-10^{-6} \text{ c}$
,	10^6-10^7
, I	1-100
, j_p	$10^7 / ^2$
, dI/dt	$10^8 /$
	$10^4 / ^3$
, V_k	$10^{-5} ^3$
	$10^{11}-10^{12} / ^3$
,	1,5 /
, U	~ 5
,	$(3-5)10^3 \text{ K}$
,	10^9-10^{10}
, n	$10^{20} ^{-3}$
	$0,1-10^3$

, .1.

) 100-200 (,

$$V(t) = E_{t=0} \exp(-t/\tau)$$

$$E_t = E_{t=0} \exp(-t/\tau)$$

$\sim 2 \cdot 10^{-8}$

7

$E(t)$

τ

$E_{t=0}$

$10^6 / 5 \cdot 10^6$

$5 \cdot 10^7$

5.

(,), (,), [1]

[2-4].

$$D = -\lg$$

$$D = \int_0^1 (x) dx.$$

- 1) $\sim 10^{12} - 10^{15}$; -2 ; $\sim 10^3 - 10^6$; ~ 1 / 2 ;
- 2) $120 -$ (); $\sim 0,2 - 0,1$ / 2 ; 10^{12} ;
- 3) 10^{14} -2 ; $() - 6,3$; $-10^4 - 10^6$; -400 (X) -400 ;
- 4) $\sim 0,1$ / ; $\sim 10^3$; Co^{60} ;
- 5) $30 - 100$ ().

[5]

$$-3000 \quad -1000, \quad 0,2-0,75 \quad [6].$$

-3

$$I_0 \quad 0,4-0,75 \quad = I / I_0,$$

$$\lambda: \quad (1)$$

$$\Delta D = -\lg(z/ i),$$

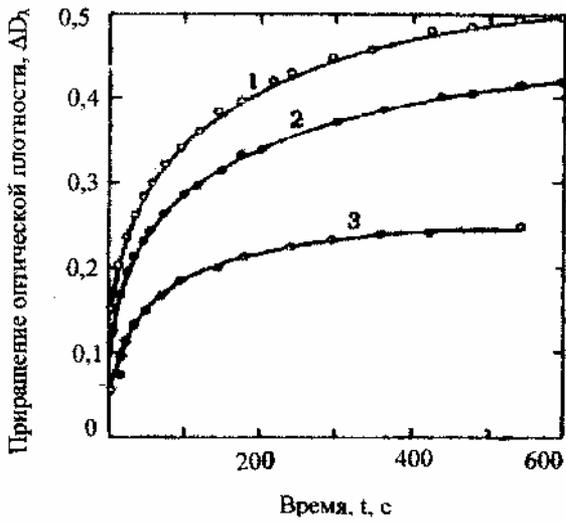
$$1 - ;$$

$$2 -$$

[3].

10

(.1).



.1.

-8

6,3

$2 \cdot 10^{10}$

-2

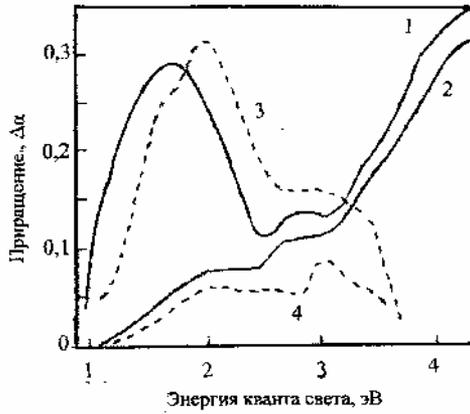
: 1 - 0,45 ; 2 - 0,5 ; 3 - 0,6

$10^3 - 10^6$

(~100).

10^2-10^3 (0,5-1,5%)

10^6



.2.

108 (3,4)
(1,3), 10

295
(2,4)

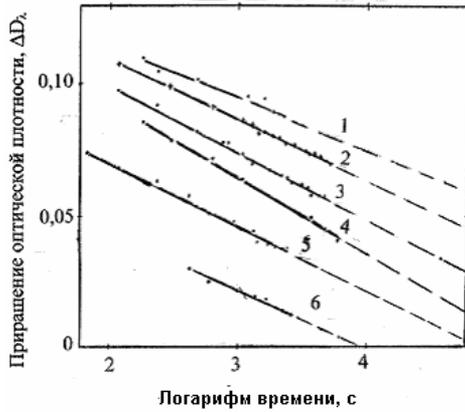
8 (1,2)
 $t=10$

(<1).

20 (.2) [7]. 8 108

[8-10].

10^{-8}
343 , 353 , 383 , 413 , 443 (.3).



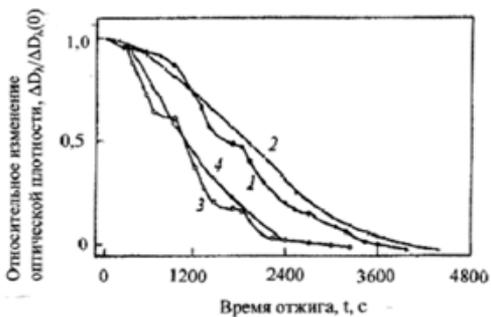
.3. ΔD_λ
($\lambda=0,5$)
6,3 , $10^{13} - 2$, $\sim 10^4$
: 1 - T=343 K; 2 - T=353 K; 3 - T=383 K; 4 - T=393 K; 5 - T=413 K; 6 - T=443

ΔD_λ

(.3).

« » ,

, 4 [11].



4.

1 (3.4)

50^0

15

,

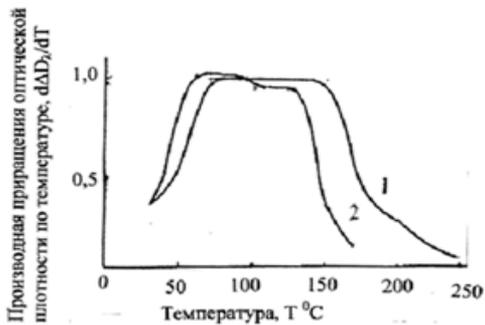
(1.3)

200^0

/

(2.4).

(0) –



5.

(1) -1 (2)

$(d\Delta D_\lambda/dT)$

-8

(.5)

« »

”

[11].

j

N

P(x) [12].

D

[1]:

$$D = \int_{l_0}^{l_k} [P(x),t]dx, \quad (2)$$

[P(x),t] -

P

t, l₀ l_k -

;

(1)

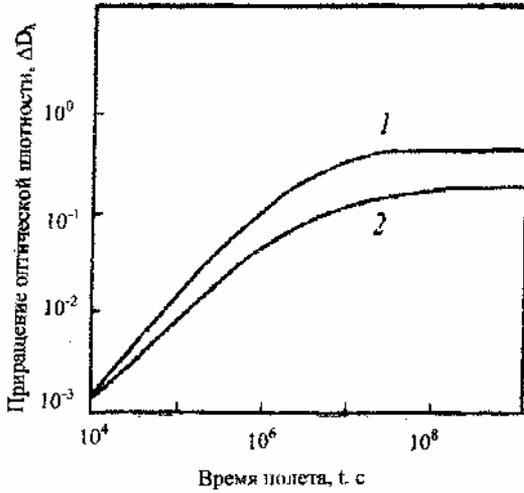
t. P(x)
, H~3000 [2].

t₁, t₂, l₀

: D =f(t) x=const;

.6

" " -1 " " -8.
3000



.6.

$\frac{1}{3000} D^2$

« » -8 (1) « » -1 (2)

[13].

$7 \cdot 10^{14} \text{ }^{-2}$,

2
-1000.

0,2-0,75

10:1.

-1000

24

10

, T, (5%)
().

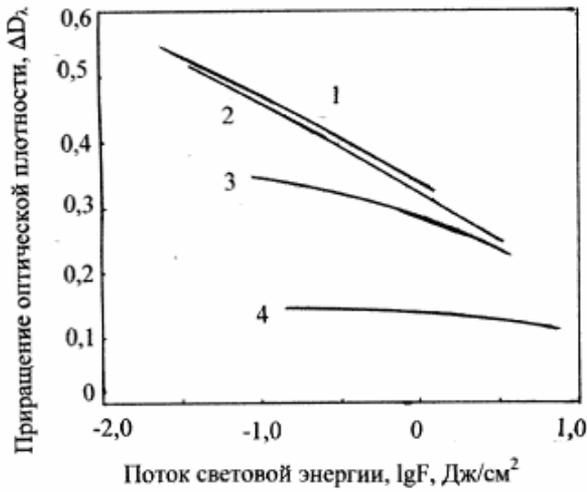
10

.7

-8

λ

λ .



.7.

-8,

0,35 ; 2 - 0,40 ; 3 - 0,50 ; 4 - 0,65

: 1 -

-8 450

1-4

10-100

[14,15].

... [3,16].

410-460

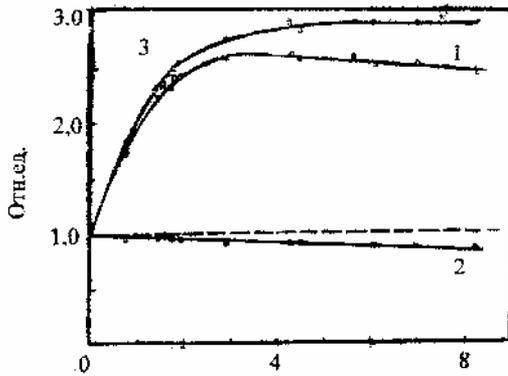
380-520

$$B_{e,p} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \vdots \\ e, j_{e,p} E_{e,p} = e, p J_{e,p} \\ \vdots \end{pmatrix}, \quad \frac{1}{\sqrt{2}} J_{e,p} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \vdots \\ j_{e,p} \\ \vdots \end{pmatrix}, \quad E_{e,p} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \vdots \\ e, p \\ \vdots \end{pmatrix}, \quad J_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \vdots \\ e, p \\ \vdots \end{pmatrix}.$$

$$\frac{1,5 \cdot 10^4}{10^7} \frac{2 \cdot 10^7}{10^{10}} / \dots$$

$J_p -$

SiO₂, BaO, PbO.



Поглощенный поток энергии, $E_c, 10^{13}$ МэВ/см²

.8.

1-

, 2-
, 3-

CeO₂

.8

1

$$J_e = I_{et}(t)$$

— ,)

1,2 4,7.

()
~420

120
bT.

$B_T -$

320
 $B_T/B = a -$
T; B -

; a b -

()

),

(

~0,2 /

/ 2.

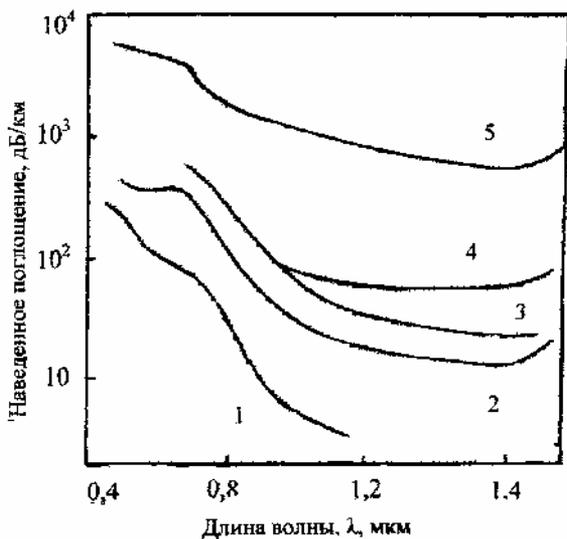
SiO₂

9

()

SiO₂

1



9.

1 ; 2 - 10³ ; 3 - 10⁴ ; 4 - 2 · 10⁵ ; 5 - 10⁶

SiO₂

· 1 - 10²

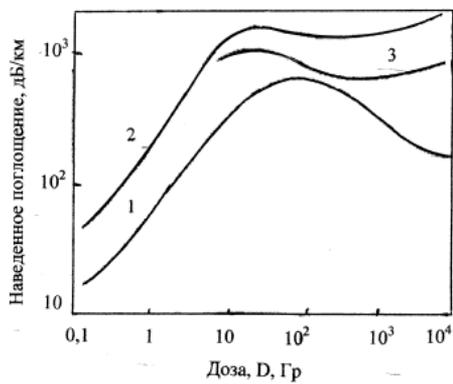
10⁴

SiO₂

— ;
— ;
—

0,8-0,9

(v-SiO₂)



.10.

=0,82

SiO₂ (

; 2,3-

): 1-

ОН

.10.

SiO₂ [22].
0,45 0,65

($P=6 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^3$ /).

~20 [23]
Ge, B P

~10⁻⁴ .⁻².
(0,44 - 1,06)

(0,5 10) .
- 0,8

(~400) .

(>400) .

() ,

SiO₂, SiO₂:GeO₂. =1,4-1,5

)

/ = 1300

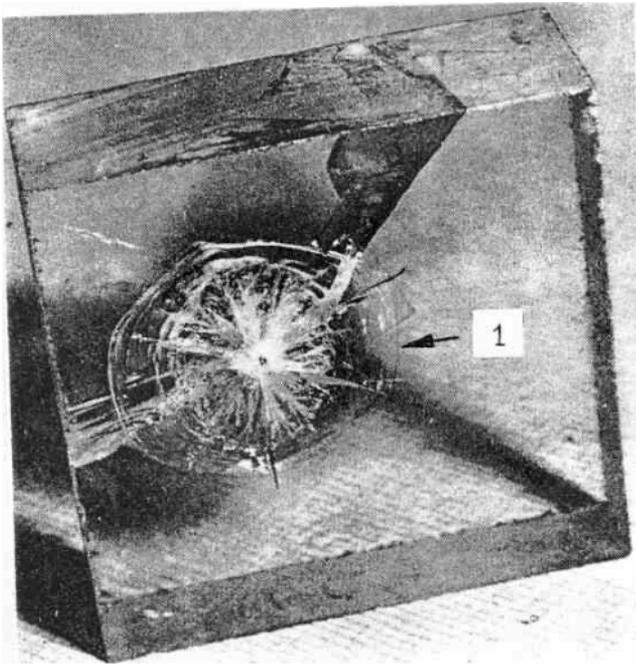
[25].

$P \sim 10^{-6}$

6.

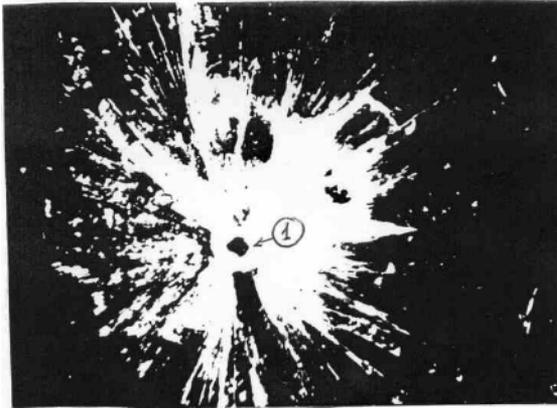
100

(.1,2).



.1.

. 1-



.2.

(1)

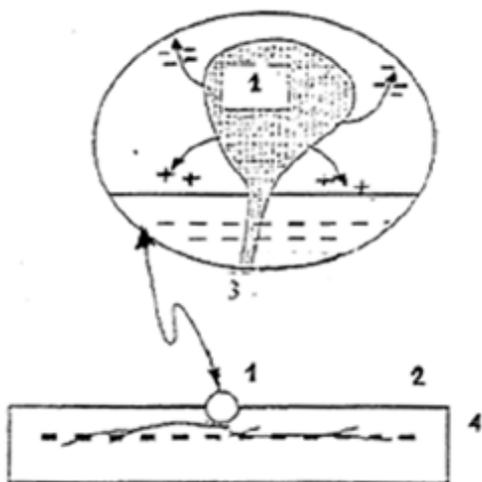
1 , $\sim 0,1-1$,
 $6 \cdot 10^6$ / .

120, -112
 1-10

-108,

$n \sim 1-5000$

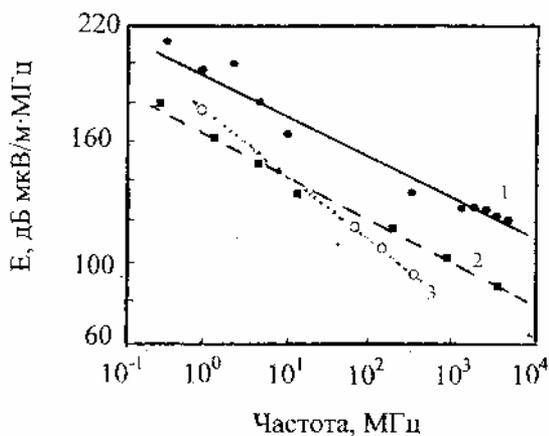
(.3),



3.

: 1 - ; 2 -
; 3 - ; 4 -

[7]



4.

: 1 - 1650 ; 2 - 450 ; 3 - 5

[8]

0,1-1000 (.4).

()

1-10 .

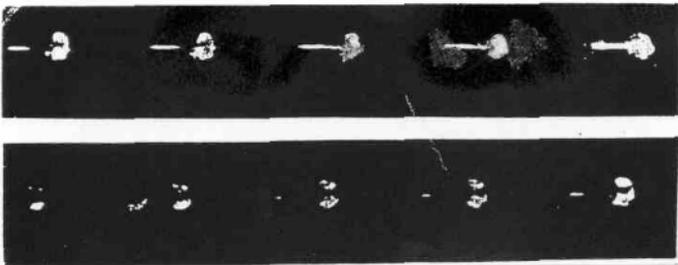
20 90%

$10^2 - 10^3$ / .

10^{16}

(.5),

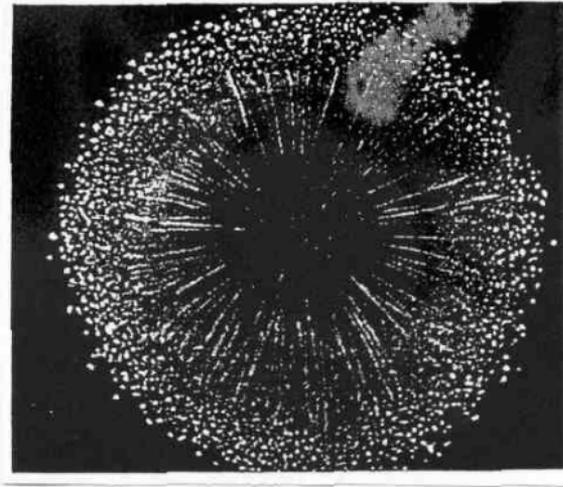
[9].



.5.

[9]

(.6).



.6.

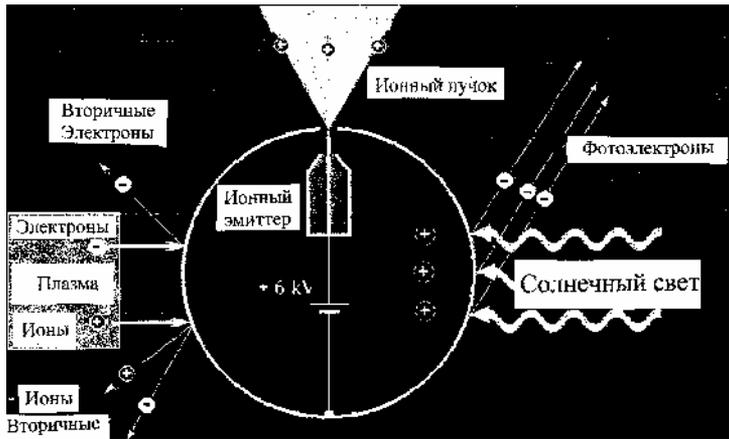
[9]

280
BaF₂,

[10].

10¹¹ -²,
[6,10,11].

2



.7.

$$I = I_e - (I_p - I_{ce} + I_{bse} + I_{sp} + I)$$

$I_e -$; $I_p -$; $I_{ce} -$
 ; $I_{bse} -$
 ; $I_{sp} -$
 ; $I -$.

$\varphi \quad \varphi \cong -1,5(kT_e/e).$

[12-14].

(8).

$\sim 10^{-4}$,

20-50 ,

1-10 / 2

0,35 2 .

-4096-90.

(1-20)

8-14

1-122 .
 0,1 10^{-10})

3-63.

4-1 .

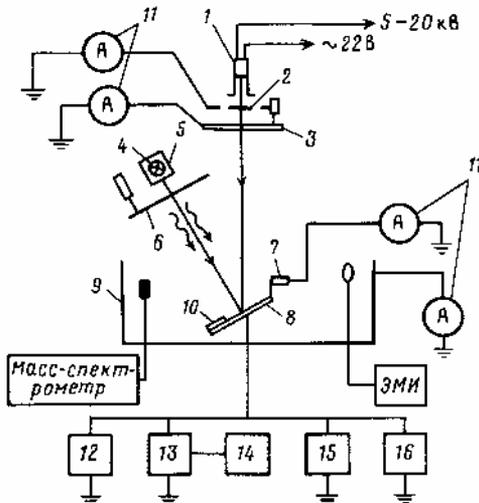
20 2

10 .

~6-10 ,

0,1-0,5 ,

3-5 .



.8.

: 1 -

; 2 -

; 3 - ,

; 4 -

-240; 5 -

; 6 - ,

-240; 7 -

; 9 -

8 -

10 -

; 11 -

12 -

; 13 -

; 14 -

; 15 -

; 16 -

Q,

.),

(S)

$j_{\max} \sim S^{1/2}$, $I \sim 0,1-10$,

20 90%

0,1
1%.

3 1

(,)

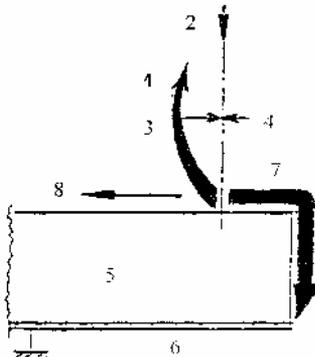
T -

$\varphi \sim (-kT)$, k -

$$F = 5 \cdot 10^{11} / ^2$$

$$Q \sim 10^{-7} / ^2$$

[14-16]. 9



9.

; 3 -

; 7 -

; 8 -

; 4 -

: 1 -

; 5 -

[3]

; 2 -

; 6 -

3-5

10^{-9} ,

« ».

$\sim 10^{-8}$, $10^8 / ^2$.

$\sim 10^{-8}$ -

30 - 40 /
 $10^6 - 10^7$

.10



.10.

10 - 20

U

$\sigma \gg 1.$

$\sigma \gg 1.$

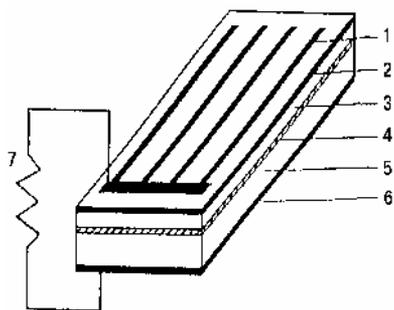
σ

7.

() .

[1-4].

.1.



.1.
c

; 4 -

; 7 -

n-p -

; 2 -

; 5 -

; 3 -
; 6 -

: 1 -

0,1-100 n- p-
 100 500 . (0,1-3)

n-p -

n-p -

n- p-

$\lambda \approx 0,5$

$\lambda \leq 1,15$

n-p -

n-p-

L

\dot{L}

n-p-

$$\tau = L^2 / D, \quad D -$$

$$U_{xx} \sim 0,5-0,6$$

$$I_{k3} \sim 40-45 /$$

22%,

~ 10-11 %.

τ

τ ,

-10^{-9} ,

τ
 $1/\tau$
 $1/\tau_0$
 $1/\tau = 1/\tau_0 + K'$

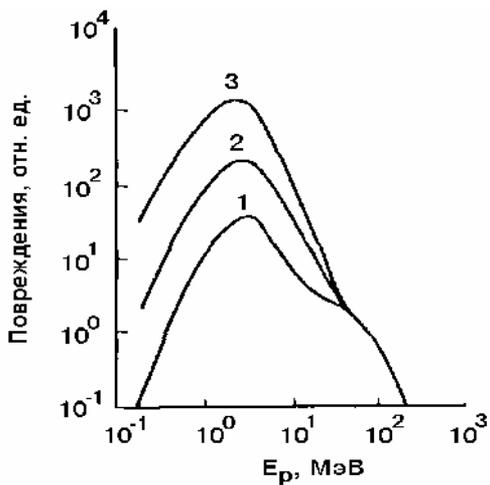
$\tau = L^2/D$
 $1/L = 1/L_0^2 + K$
 $K = K' / D$

$K = K_{TD} + K_{op}$

n-
 p-
 (n-p-)
 n- (p-n -)

p-
 0,5-4
 n-p-
 n-p-

p-n -
 1-30



. 2.

; 2 - 0,72 ; 3 - 0,36

: 1 - 1,44

. . 2

. . 1

p- $\rho = 1$

n-p- , -

1.

$\rho=1$

			, K/K_1^*
	0,5	$6,4 \cdot 10^{-11}$	0,3
	1,0	$2,0 \cdot 10^{-10}$	1
	2,5	10^{-9}	5
	7,0	$1,6 \cdot 10^{-9}$	8
	18,0	$2,5 \cdot 10^{-11}$	12,5
	0,4	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^5$
	1,0	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^4$
	2,0	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^4$
	6,3	$2,0 \cdot 10^{-6}$	10^4
	19,6	10^{-6}	$5,0 \cdot 10^3$
	30	10^{-6}	$5,0 \cdot 10^3$
	65	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^3$
	100	$4,6 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^3$
	200	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^3$
	25,4	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^4$

* K_1 -

1

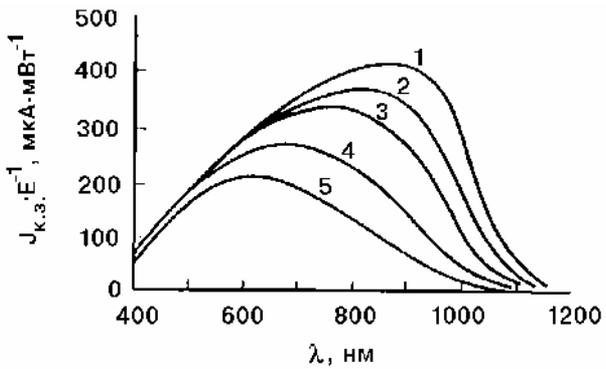
(5%).

0-100°

19,6

.3

=19,6

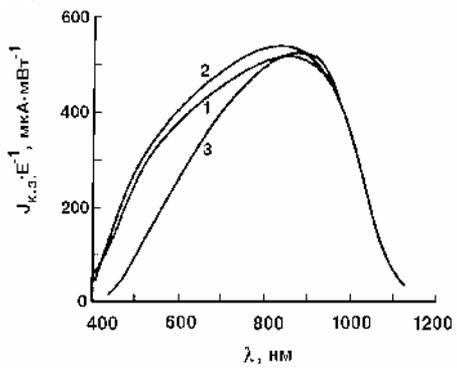


.3.

=19,6 ; 1 -

[\dots] : 10^{14} ; 3 -

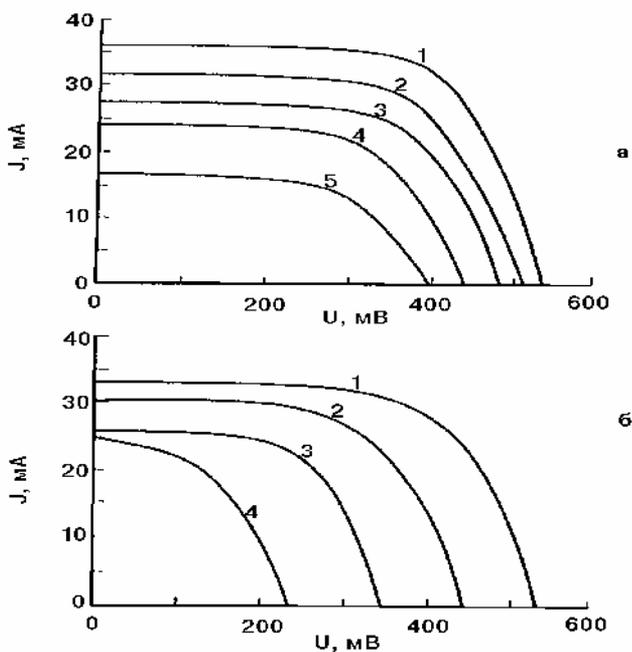
10^{15} ; 4 - 10^{16} ; 5 - 10^{17}



.4.

=0,2 ; 1-

[\dots] : $2 \cdot 10^{15}$; 3 - 10^{17}



. 5.

0,2: 1 - 10^{14} ; 3 - 10^{15} ; 4 - 10^{16} ; 5 - 10^{17}

[] (-) : -6,3; - [-2] : 2 -

(1—2)

6,3 0,2

(.5).

(,).

(250-400)

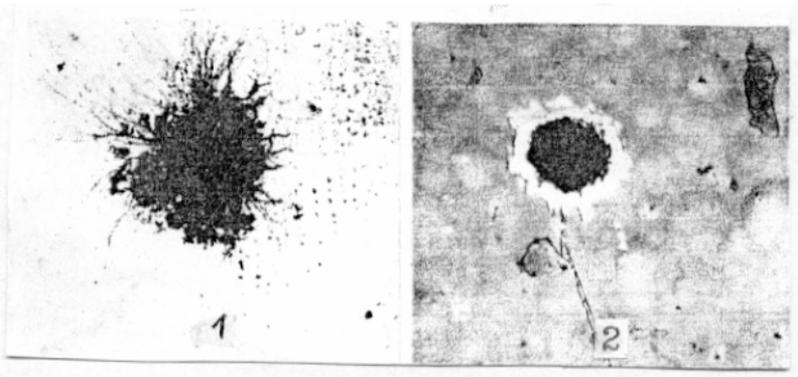
0,1-0,5 ².
()

$j \sim 1-10 / ^2$ $E \sim 30-50$.
 $p \sim 10^{-5}$,

p-n-

.6
[9]

].



.6. 1-

; 2-

[9]

$S^{1/2}$ (S)

10 $\tau \sim 1-5$

.7

20-30

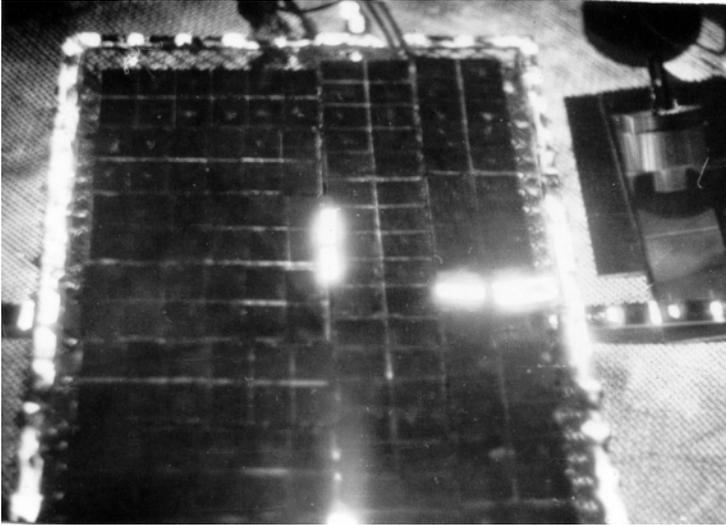
-28 51

10-100

100-300 .

.7

[9].



.7.

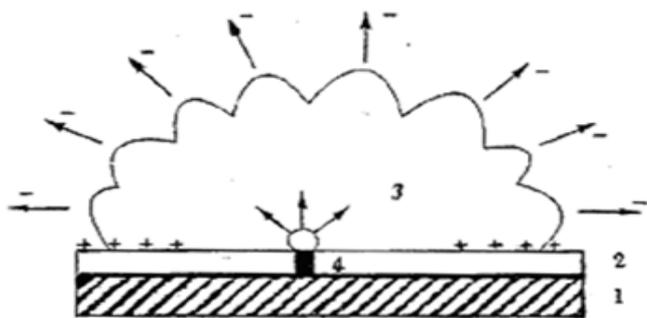
[9]

Al_2O_3

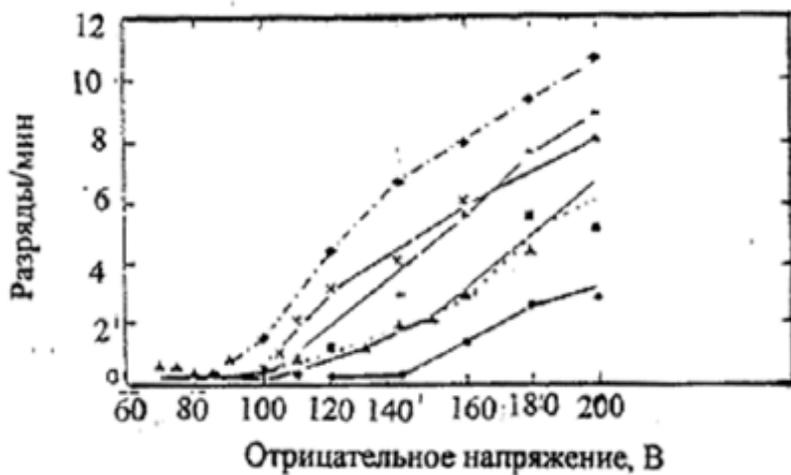
1-5 .

$\sim 10^6$ / ,

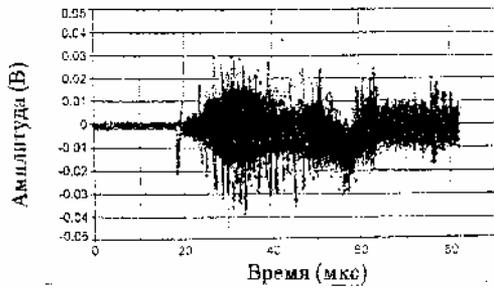
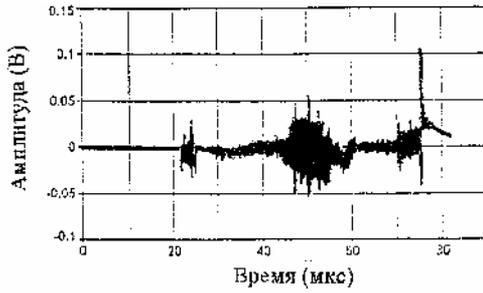
.8



8. ; 1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 - ;



9.



.10.

1 –

; 2 –

(.9).

0,1- 100 , $\tau \sim 5-10$

.10

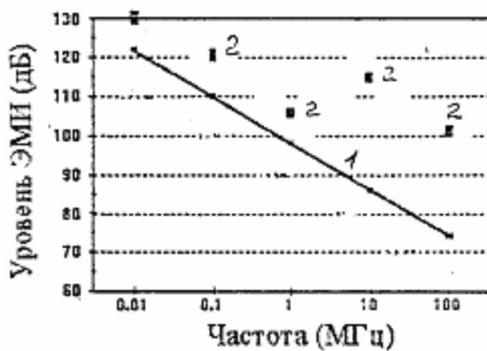
0,2-0,3 $\sim 10^{15}$

20 / .

.11

«

»



.11.

:1 -

;2 -

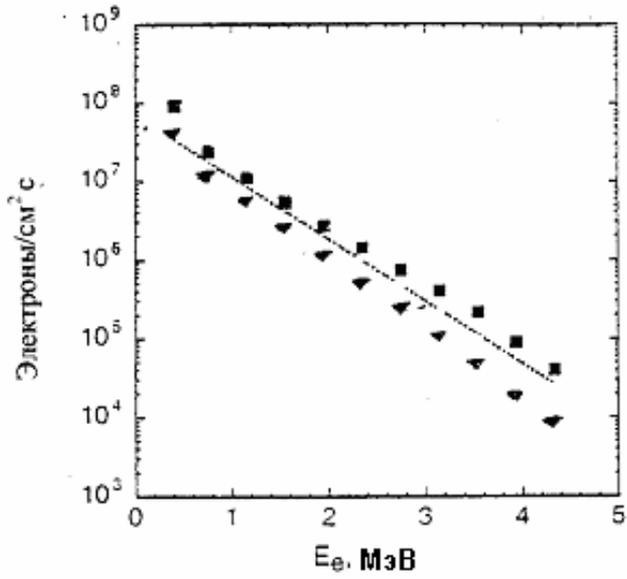
1

8.

,
:
() ,
,
,
.

>1 [1-14].

, $R > 1$ 1,5R - 4R
.1 -
-
CRRES [1].



.1.

-
CRRES

[1].

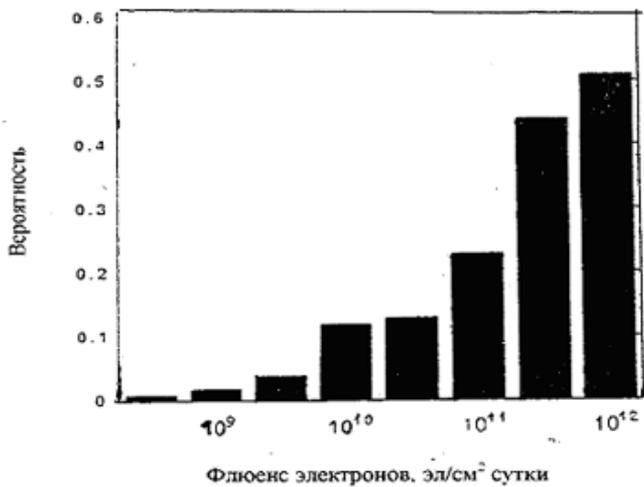
>1

1-10

>300

2

>300 [1].



2.

>300 [1]

1990-1991

CRRES

132

4000

>1

;
 - 1 ,
 10⁻³ - 1 . (~1 /)
 1-2
 ,
 SCATHA, CRRES . CRRES
 CRRES,
 1
 10⁻¹-10³ .
 100 .
 :

20% 90%

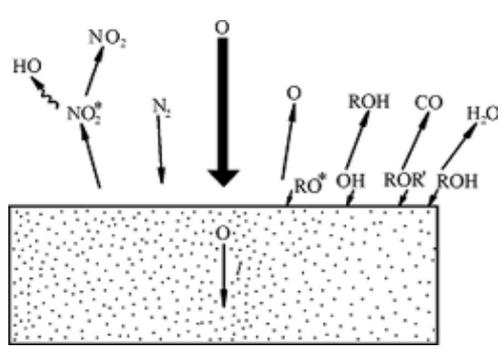
1

[14].

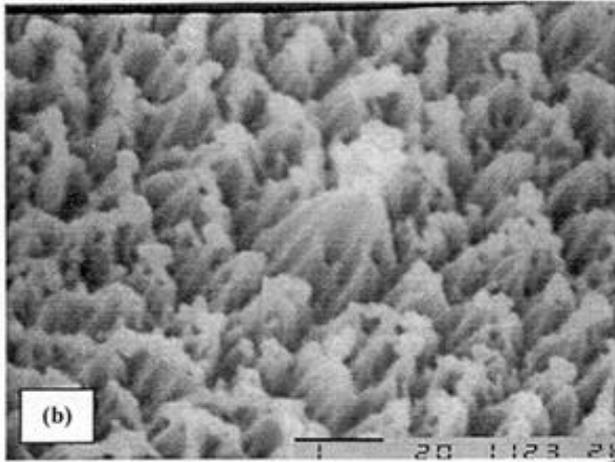
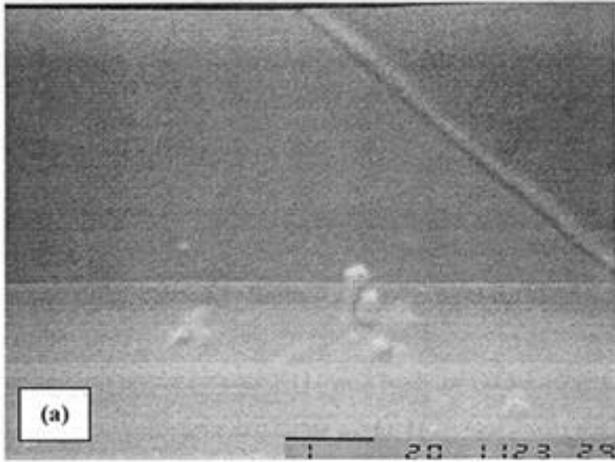
1.

$10^{-9} - 10^{-8}$	
10^{-7}	
10^{-6}	
10^{-5}	
10^{-4}	
10^{-3}	

(80%) 300-500 -
 N₂ (20%), -
 ~0,01%. -
 () (~121,6). 350-400
 , () ~10⁸ «⁻³,(N₂) ~2·10⁷»⁻³, (+)~(e)~10⁵ -³.
 « » ~8 /
 () ~5 .
 ,
 10¹¹ / ² . j ~10¹⁴-10¹⁵ / ² . , j ~10¹⁰-
 ,
 ,
 ,
 (.1) [5].



. 1. : 1 – [5]



.2.
,

N,

, .15000. ()-

-

, ()-

[6]

.2

N

();

,

, ()-

N

, ()-

[6].

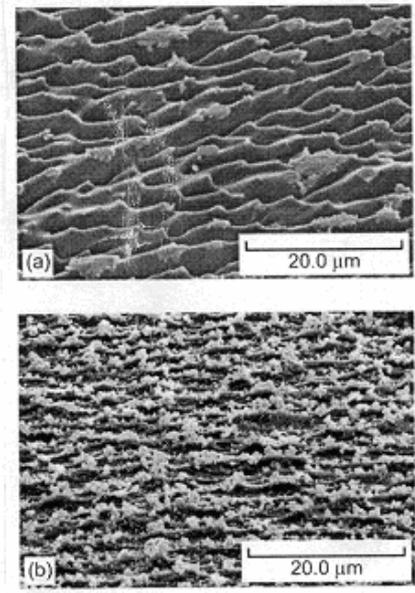
.3

. ()-

«

». ()-

70 [7].



.3.

)

«

»,)

70 [7]

(, H_2O , OH)

N_2^* , NO, OH

[38].

Ag, Os,

, , , , [8].
 $U_p > 200$, , [9].
 () ~5 ,
 [4,5,10].
 1. , -
 ;
 2. : MoS₂; (Ag; Pb; In),
 3. ():
 : Al- , Al-
 ().
 4. :
 : Ag, Al, Ni, Au, Ta, Ti, Zr
 : MgF₂; CaF₂.
 5. : , -
 , , , -
 , Ag, Al. : , , , -
 : Ni, SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, ZnO, Ni/SiO₂,
 ITO, In₂O₃.
 1965 .
 (f~50) , ([11-14].
 $j \sim 10^{15} / \text{cm}^2$, $\sim 5-10$
 $j \sim 10^{19} / \text{cm}^2$ ~0,04

() (~130)

~1-10
1-10%.
/ ² ~0,04. ~10¹⁹ / ² ~10 ~10²¹

(),
(ZnO, TiO₂, ZrO)

[11-14].

300-500 [15].

H~350

()

()

1. (),
(A)-j~10¹⁵ / ². ; E~5 ; ()-j~10¹⁹ / ². ; E~0,04
2. (₂),
()-j~10¹³ / ². ; E~10 ; ()-10¹⁹ / ². ; E~0,04
3. ;
()-10⁵-10⁶ ⁻³; E~0,1 ; ()-10⁹-10¹² ⁻³; E=1-10
4. ;
()~4·10¹¹ / ². , ~121,6 ; ()-10¹²-10¹⁴ / ² , ~130

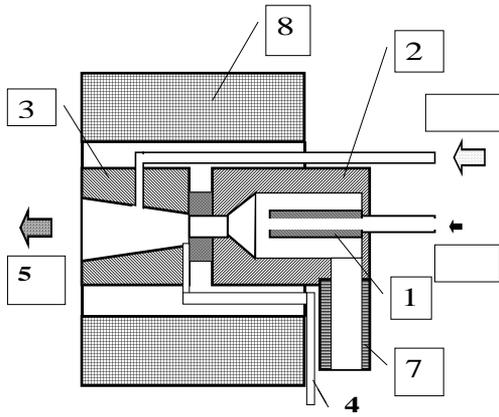
(,)

λ~200-500

, α_λ,

[4,16].

(.4,5).



.4.

- : 1- , 2- , 3- , 4- , 5- , 6- , 7- , 8- [16]



.5.

[16].

5-30
 $j \sim 10^{15} - 10^{16} / \dots$
 \dots
 \dots

10-30 ,
~0,04 .

$\sim 10^{-2}$.
j ~30 -

~5

[17-20]. -

~19000 .

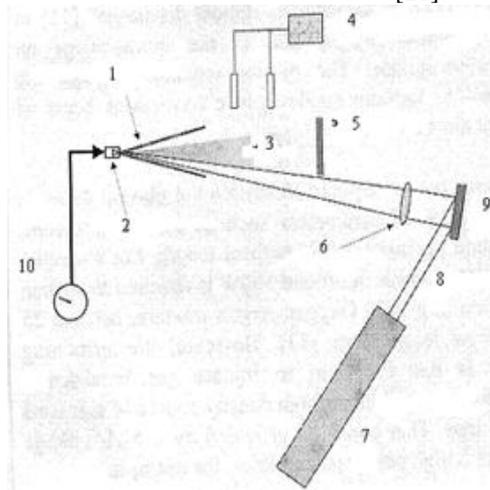
50

$j \sim 10^{15} - 10^{16} / \text{cm}^2 \cdot \text{s}$.
~5 .

10^6 ,

.6

~5 [21].



.6.

~5 . 1)

; 2)

3)

; 5)

CO₂; 8)

6) ; 4)

(10,6 ; 9)

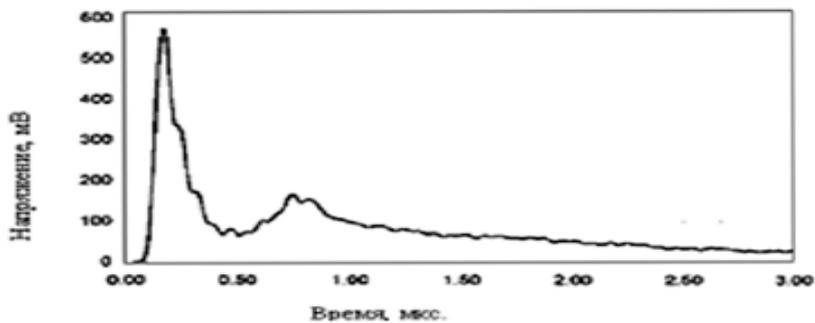
; 7)

10)

[21].

.7

(.6).

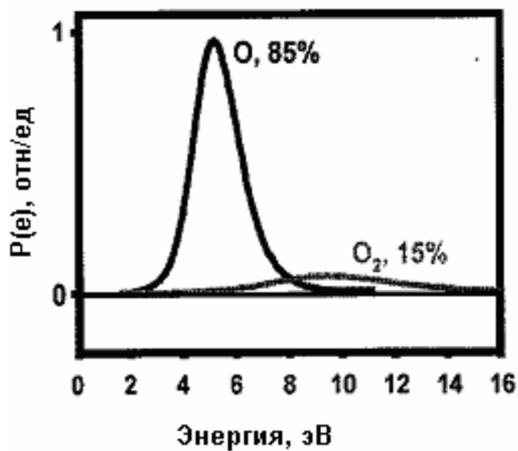


.7.

[21]

.8

[22].



.8..

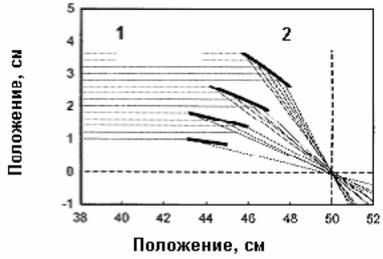
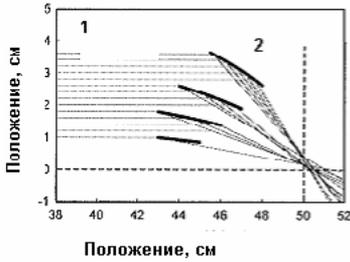
[22]

(.6)

~5 [41].

(.9).

2-40.



.9.

($H \sim 400$) () 1- [41]

; 2-

[2,5,14-18],

- 5-12 ;

- $j \sim 10^{15} - 10^{18}$ / 2 ;

- $\sim 10^{22} - 10^{23}$ / 2 ;

- O (>90%), O_2 , O^+ , N_2^+ , O_2^* ;

$70 \mu W / ^2$

: $80^\circ < T < 120^\circ$.

: - m; s ;

- R ; (Ag);

2; ; nH_m). (;

: + (~130).
~10-100.

, Re , [$^3/$] ; $S \approx 1-10^2$.

10^2-10^4 , 300-500 ,
2

5 « »

10-40
~5 ,

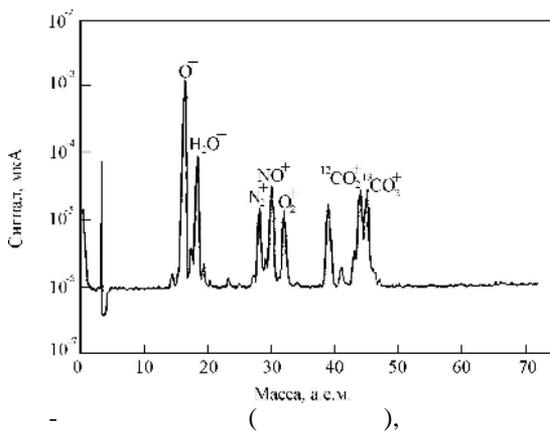
5 (C=C; C C; C=N; C N).
5

, Re, R ,
[23,24],

.1 , $Re(E)$,

(), [10]. 10^{13} ,

[25].



13 , .10. - () , [25]

. 1. , Re, -

[10]

	$\cdot 10^{-24} [\text{ }^3 \cdot \text{ }^{-1}]$, R ,
	0.00
Al_2O_3	<0.025
	1.2
	0.021
	1.7
	0.0
	2.6
	3.0
	3.3
()	3.4
	6.0
	1.7
	2.4
	0.05
(7% Sx)	0.6
(25% Sx)	0.3
()	3.2
	0.03-0.05

(Re)

~5 ,

[26, 27]:

$$\gamma = N_T(N_C - N),$$

$N_C -$: $\gamma -$

$N_T -$

$N -$

2

$\gamma.$

.2

γ Re [27]

		γ	Re ($\frac{3}{}$) $\times 10^{-24}$
	C	1.0	1.2
	C ₁₉ H ₁₂ O ₃	2.1	2.2
	C ₂₂ H ₁₀ O ₅ N ₂	2.3	3.0
	CH ₂ -CH ₂	3.0	3.2
	C ₁₀ H ₈ O ₄	3.7	3.9
-6,6	C ₁₂ H ₂₂ O ₂ N ₂	3.8	4.4
	C ₅ H ₈ O ₂	5.0	4.8
PVA	C ₄ H ₆ O ₂	6.0	5.2
PEO	C ₂ H ₄ O	7.0	5.7
	C ₁₂ H ₂₀ O ₇	7.8	6.5
	CH ₂ O		9.5

.11

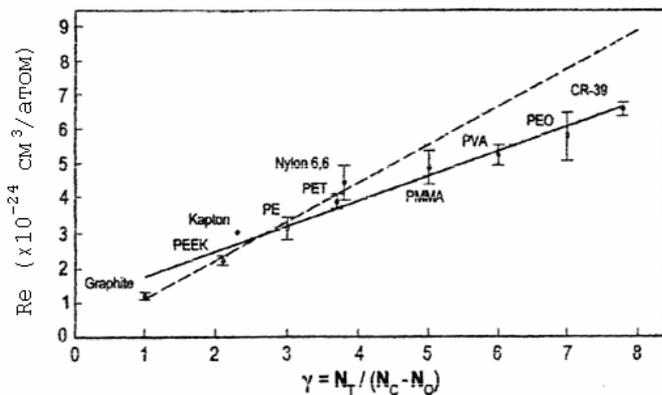
UTIAS

Re(γ),

(~2-3)

[27].

R(γ)



.11.

Re

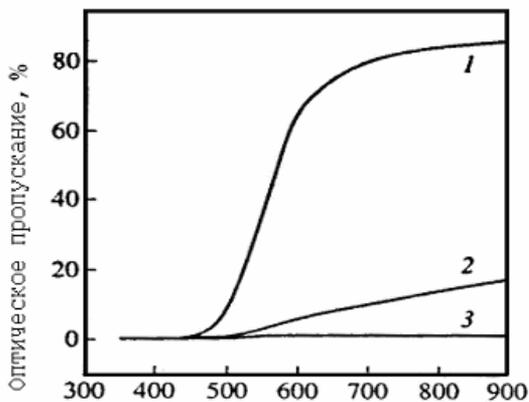
γ

UTIAS (),
 $Re(\gamma)$,

[27]

(.12).
 28 42

[28].



.12.

-1 : 1-
 « »

; 2-
 28; 2-

42

[28]

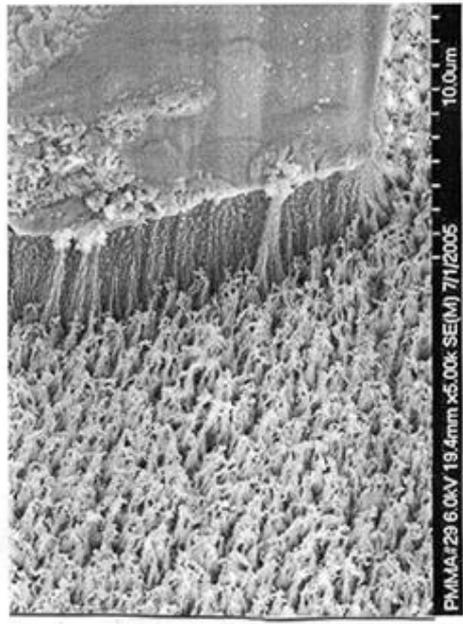
(, ,)

(
(SiO_2 , Al_2O_3 , MgF_2 , Si_3N_4),
)
10-100 . .13

~5

()

[29].



.13.

~5

[29]

(-80 T 120°C)

[10].

(,)

($\sim 10^3$ / cm^2) (SiO₂)
(.14).

()

1-5

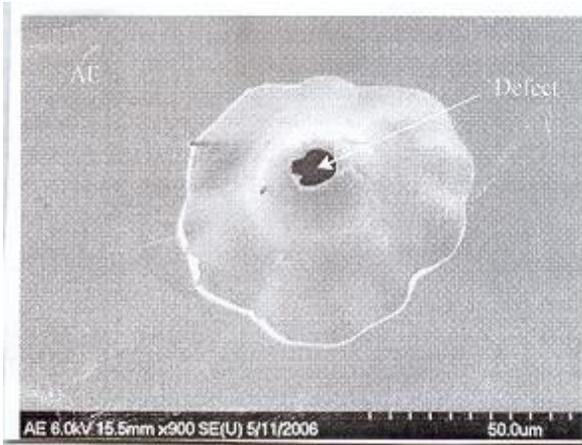
/ cm^2 .
~0.1

Si⁺, Al⁺, B⁺

30-100

$\sim 10^{16}$

SiO₂, Al₂O₃,
[30].



.14.
SiO_x,

[30]

[31]

SiO₂

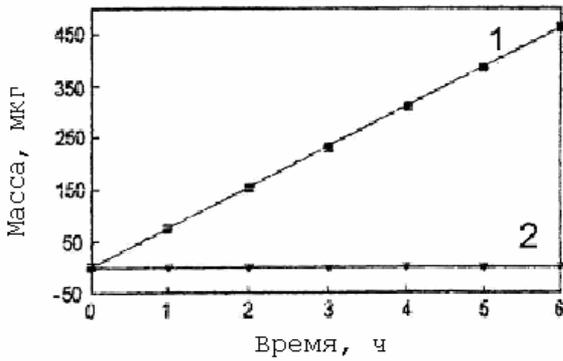
$\sim 1,5 \cdot 10^{21} / \text{с}^2$
 $\sim 13 / 997$

(.15),

(1)

$\text{Si}(\text{O}_3)_2$ (2)

[27].



.15.

1-

, 2-

[31]

[32]

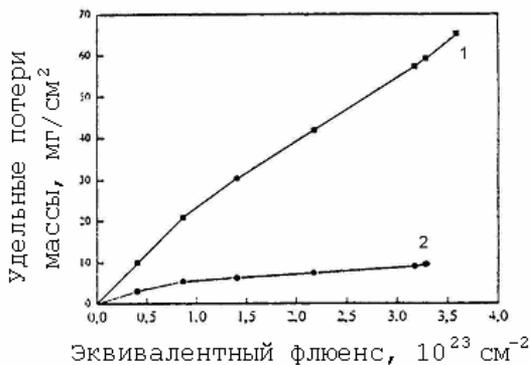
-4

~5

$(0,4-3,6) \cdot 10^{22} \text{ с}^{-2}$

- -1.

(0,32) (0,01),
 (.16).



.16.

-1 [32]

. 1 -

-4

, 2-

Sn),

Au,

(300-500)

(Al, Sn, Cu)

$\sim 10^{20}-10^{21} / ^2$

Ag

Ag.

(Ag, Al, Ni, Cu,

AgO.

10-40

, Au.

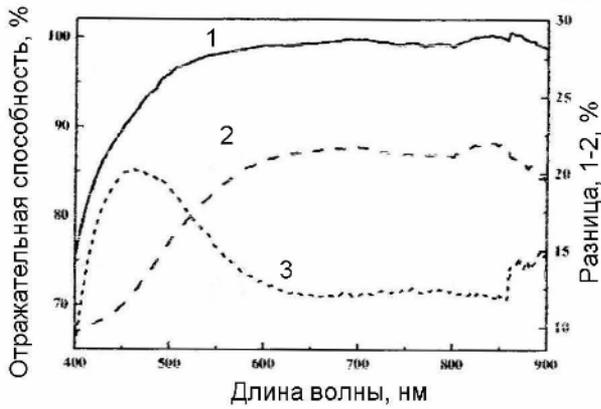
$10^{19}-4 \cdot 10^{20} / ^2$
Ag [34]. .17

Ag
($\sim 1,5 \cdot 10^{19} / ^2$).

Cu, Ag, Au, Sn

Ag
AgO [33].

~5 ,



.17.
Ag: 1-

; 2-
($\sim 1,5 \cdot 10^{19}$ / Å^2); 3-
[34]

Ag,

~ 350 . [35]

$j \sim 10^{20}$ / Å^2 .

$U \sim 1,8$ / $\sim 0,3$

/ Si-C.C.

[35,36].

5

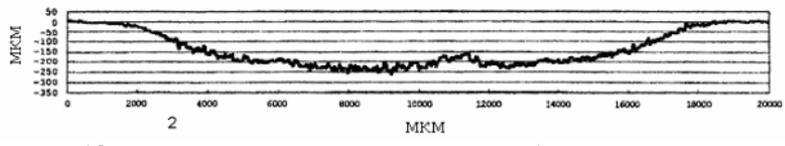
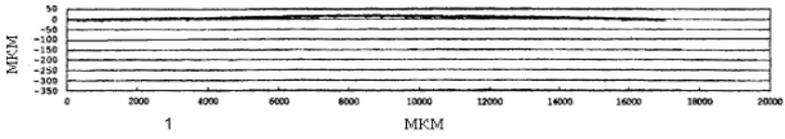
$= 647,5$

10^{-50}

$\rho = 1,8$ / Å^3

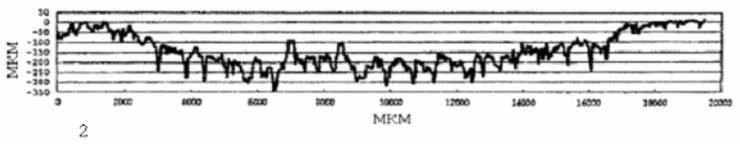
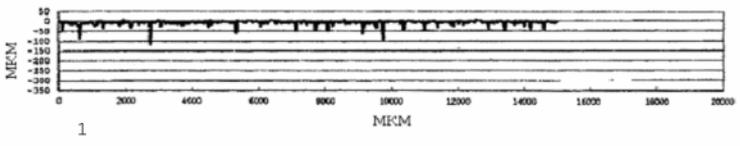
.18

$j \sim 10^{20}$ / Å^2 .



.18. : 1-
;2-
[35]

.19



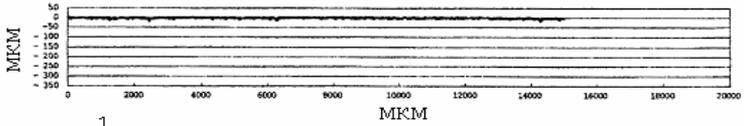
.19. / : 1-
, 2-

[35]

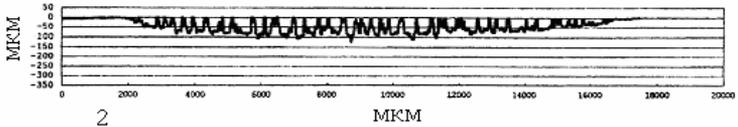
.20

Si- . . -

$j \sim 10^{20} / \dots$
/ , , Si SiC
(.19),



1



2

.20.
, 2-

Si- . . : 1-

[35]

.3

(H)

[7]

	$E_a \sim 0,1$	H~400 $E_a \sim 4,5$	$E_a \sim 70$
PI-H	1	1	1
PI-HN	0.90	0.937	1.03
Black PI	0.88	-	0.90
PG	0.61	0.138	0.58
FEP	0.81	0.067	1.89
ECTFE	0.83	0.597	1.59
CTFE	1.19	0.277	2.86
PE	1.65	1.25	1.06
PET	1.09	1.00	1.30
PPPA	2.18	0.470	1.47
PP	2.99	1,23	1.40
PSU	1.49	0.980	0.98
PTFE	0.39	0.047	1.86
PVF	1.79	1.06	1.10
PVDF	0.42	0.430	1.42
ETFE	0.74	0.320	1.08

[6,7,21,22,29,30,37,39],

[6,7],

H

(.3,4).

(

).

H,

H

0,04 .2-

.4

c

20-70 [7].

(H)

[7]

	/ E _a ~0,1	H~400 E _a ~4,5	E _u ~70
-	2.5	1.1	2.0
-	+3.3	+0.8	+2.7
-	0.9 +0.5	0.8 +0.4	1.9 +0.6
-	1.9 +2.7	0.1 +0.7	1.9 +2.3

,R ,

400 .

5-70
(~115-400).

() ,

() c 5

() (OH),

: + ; + 2 .

: 2; ; OH.

()

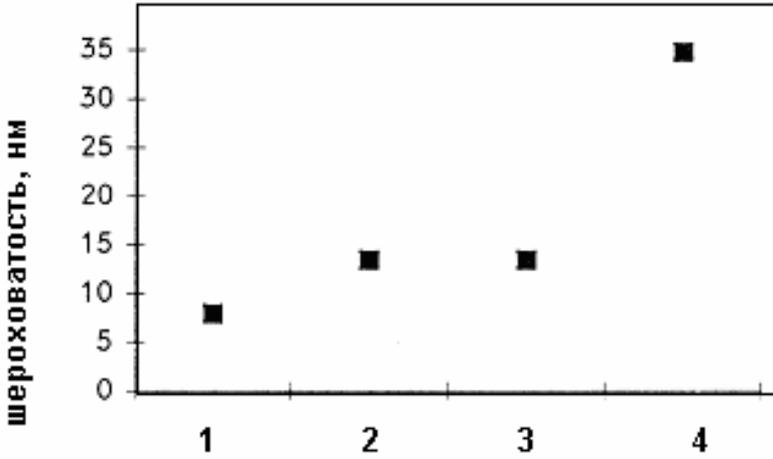
5-10 ,

,R ,

.21,22

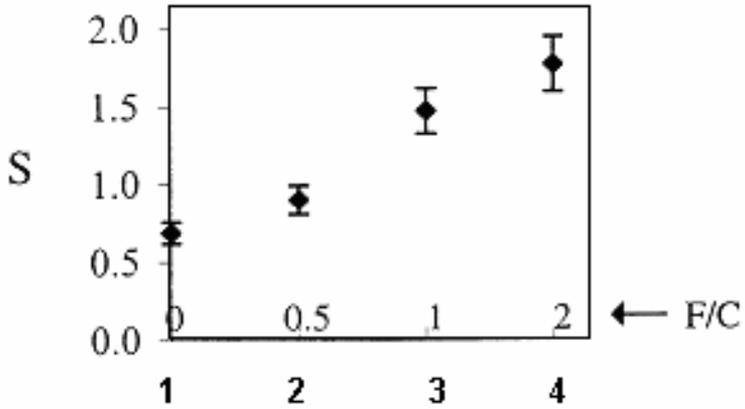
(+)

PVF).
 .21
 ,
 [44]



.21.
 ,
 : 1- ; 2- , 20
 (); 3- E=50
 $5 \cdot 10^{17} \text{ O}^+$; 4- (20)
 O^+ , E=50 , $=5 \cdot 10^{17}$ / .

.22
 (S),
 (20) O^+ с E=50 ($5 \cdot 10^{17}$)
 / 2) [44]



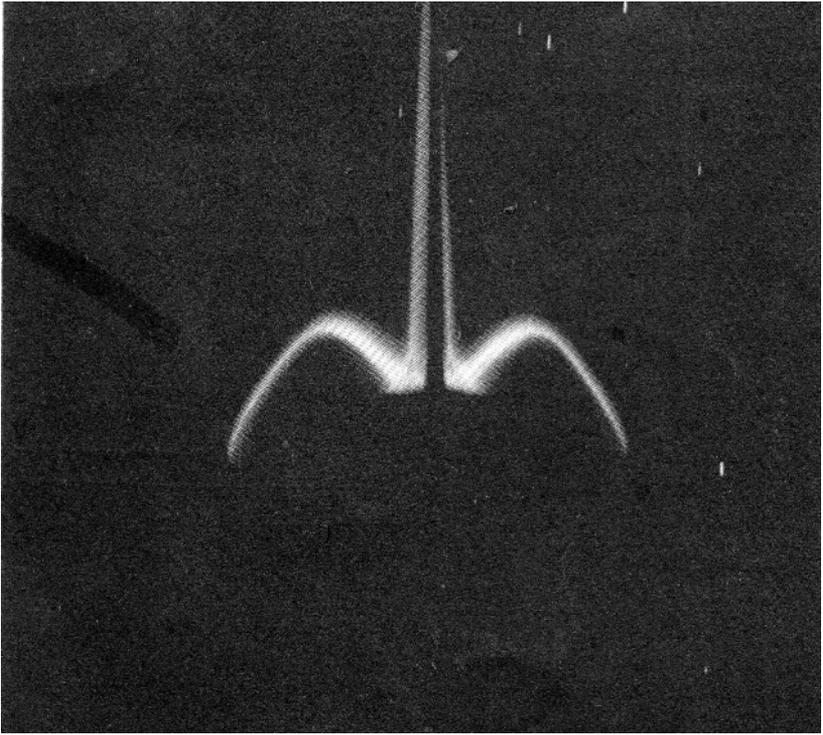
.22. (S),
 (20) $O^+ c E=50$ ($5 \cdot 10^{17} / ^2$)
 F/C: 1- (PE), F/C=0; 2- (PVF), F/C=0,5; 3- (PTE),
 F/C=1; 4- (FEP), F/C=2; S-
 [44]

.21,22

()

« »

[38,40].
 NO_2 NO ,
 (~20) (.21).



.21.

« »,

(, N₂)

[40]

. , - , -
 . , -
 :
 NO+O NO₂^{*}
 O+NO NO₂^{*}
 +N₂ NO+N
 NO - .
 , -
 , -
 , -

70 ,
 (0,4-0,75)

200 - (1-5).

()
 U~160 .

()
 65

U=120 .

400 .

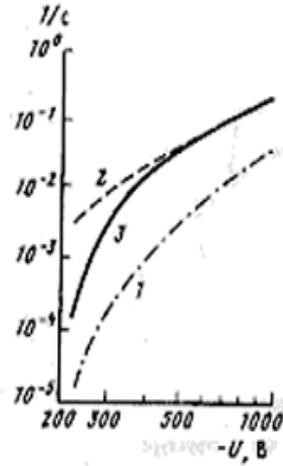
1- 2 , (H~300-500)
 [9,43].

2- ()

-200 .

(-
 (-400).

.24 [42].



.24.

U : 1- ; 2,3-

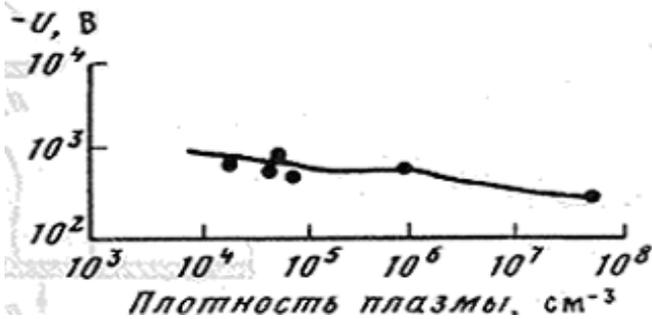
[43]

(.23),

[43].

- 200

(Ag Cu)



.25.

U

[43]

[43].

10.

()

: 1 - « »

; 2 -

; 3 -

[1].

« »,

()
()

[2-4].

$v > 5 /$

()

[5-13].

$= 10^{-10} - 10^{-16}$

$U = 1,5 - 2 \text{ MB}$
/ .

c m

$T \sim 10^3 - 10^5 \text{ K}$

[12-15].

, . . .

(.1)

$$v = (2qU/m)^{1/2} [16].$$

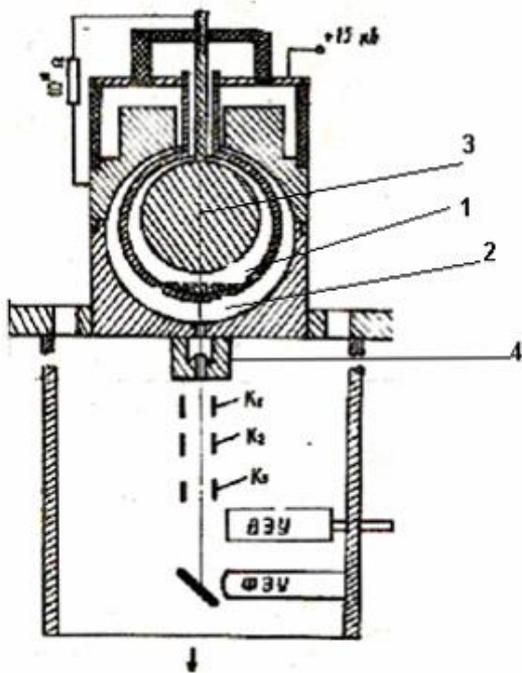
(1).

2-4

[10,11]. 2

,v,

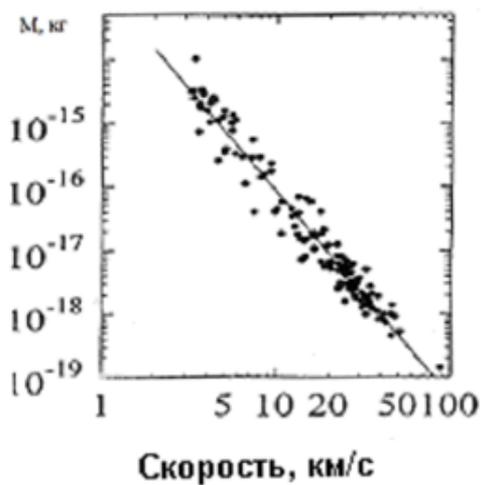
[10].



.1.

:1 -
; 4 - «

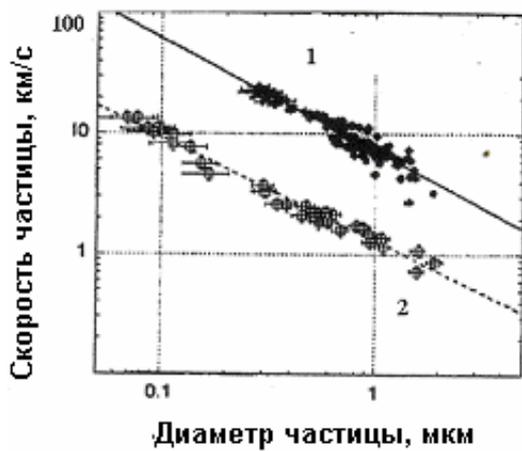
; 2 - ; 3 -
»; 5 - ; K₁; K₂; K₃ -



2.

,v,

[10]

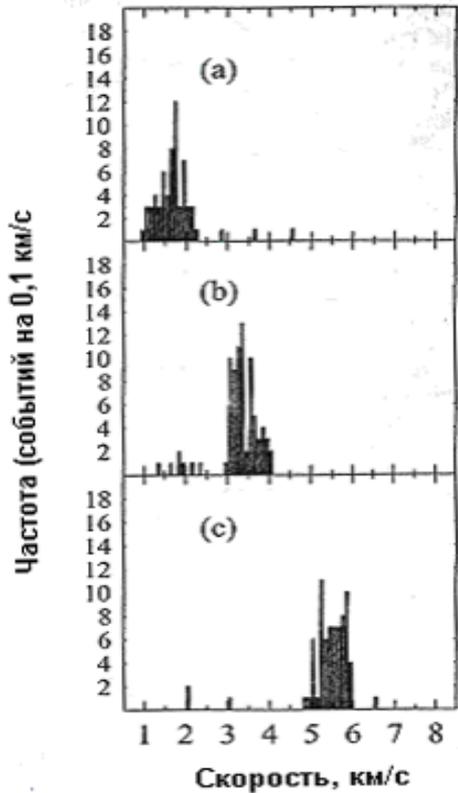


3.

: 1 –

$U=3$, 2 –

$U=90\text{KB}$ [11]



4. : a- 1-2 / , b- 3-4 / , c- 5-6 / [10].

$$E = E$$

$$(E \sim 10^9 /),$$

$$(E \sim 10^{10} /).$$

$$1 \cdot 10^3 \cdot^{-1}.$$

$$\sim 1^3$$

[7,8].

0,1-5

($Al < 1$ $Cr > 1$).
 10

$Al \ r \sim 0,1$

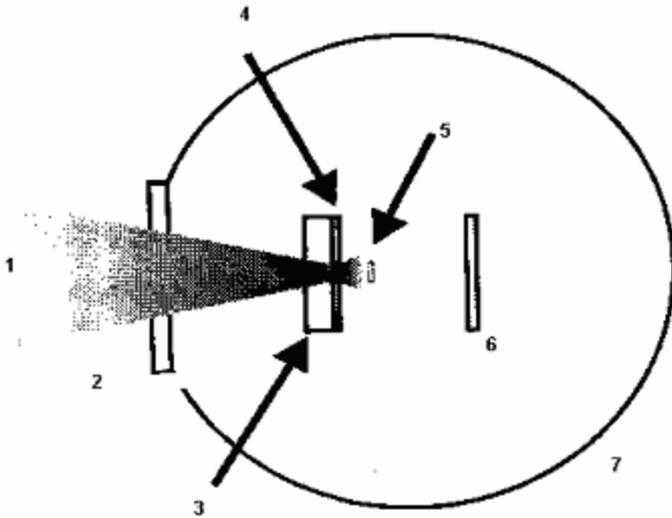
1-2 / ,
 0,2 - 100 [10].

-8
 ()
 [7,8].

() (c . .1.)

$v \sim 1-10$ /
 [17,18].

(.5)



.5.
 1- ; 2- ; 3- ; 4-
 ; 5- ; 6- ; 7- [17]

Nd: YAG 900 t ~ 4-6 ,
 , = 1064 ,
 90 - 350 .

5

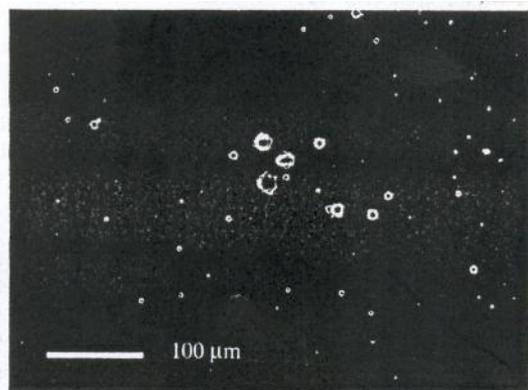
3 - 25

.6

2 . -

5

[17].



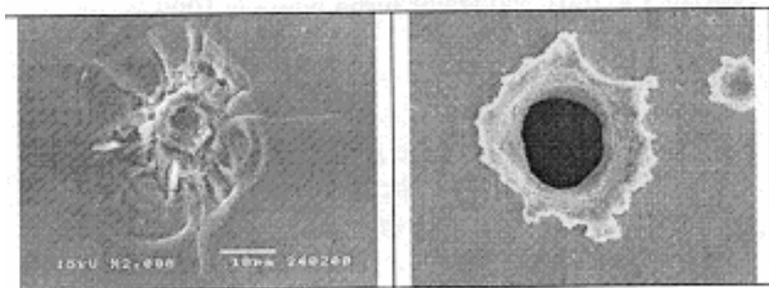
.6.

5

[17]

.7

() [17]



.7.

[17]

[4].

($\sim 10^8$ / 2)

$\square \sim 10^{-8}$ c

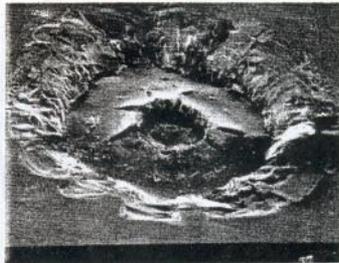
Facility);
«Hubble»,

«LDEF» (Long Duration Exposure
« », « »;

[15,19-25]. .8

(1,8)

[2]



.8.

(1.8)

[2]

«LDEF» [21]

5,77

470

600

P/D ~ 0,56-0,6, P -

, D -

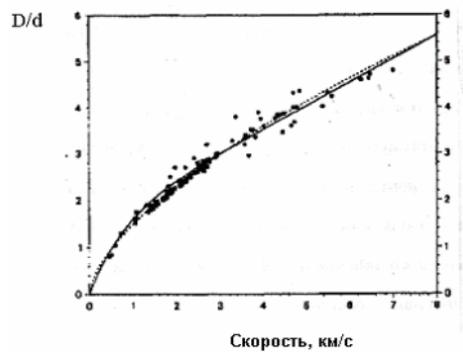
D(v)

[21]:

D = Am v , = 1,02; = 0,7.

.9
d.

D/d



.9.

D/d

[19]

Al.

«LDEF»,

[1]:

$$P = Km^{0,352} t^{1,667} v^{0,875}$$

P –

, ; t –

, ; m –
, / ; K –

$$0,1 \quad v = 71 \quad /$$

[1].

10^6

~ 1

« » [23-25]

(SiO₂~70%; Al₂O₃~15-20%)

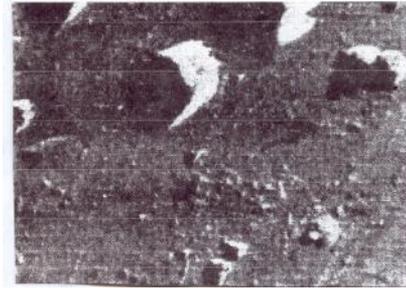
$10^{-3} - 10^{-8}$

[26-28].

/ ,

(. 1),

(. 10).



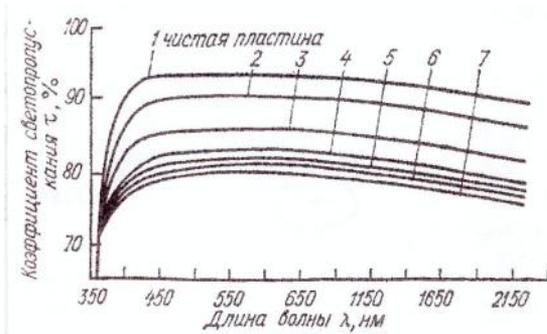
.10.

10-100 /

[27] (10^4)

$v \sim 10-100 /$
(. 11),

[27].



. 11.

100 / . 1 - 10^{-10}
/ 2 ; $4 \cdot 10^{11}$ / 2 ; $1-1.5 \cdot 10^{11}$ / 2 ; $2-10^{10}$ / 2 ; $3-5 \cdot 10^{10}$
/ 2 ; $6-2 \cdot 10^{11}$ / 2 ; $7-3.5 \cdot 10^{11}$

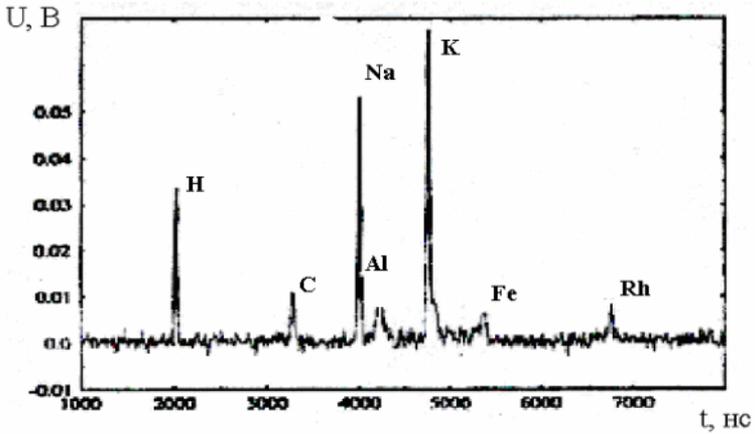
$v=94$ / ,
 2,9% [1, 29-31].
 $v=9$ / ,
 0,2%. 0,1-

[1,32].

()
 [1], Y_c :
 $Y_e = 10^{-0,88} m^{1,02} (v/5)^{3,48}$, ; $v -$
 $m -$,
 / . 15-70 /
 $Y_e > Y_i$: $Y_i -$

$Y_i = cm v$, [1]:
 $3,5 - 4,74$; ~ 1 .
 c ; ; - ; -

$5 - 40$ [1,31].
 $. 12$ -
 $Na^+, K^+ -$; : +; +;
 - , Al [31]. 27 -



. 12.

$+$; $+$; Na^+ ; K^+
 ; 27 - -
 , Al [31]

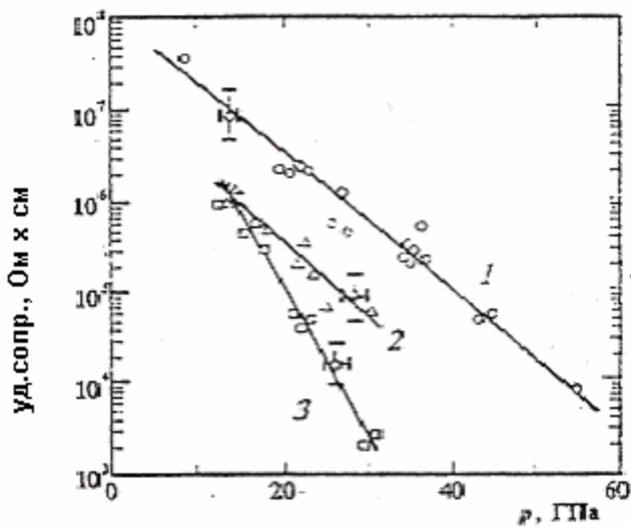
[33-36].
 $\nu \sim 3$ / $T \sim 10000$ [1]. $T \sim 3000$, $\nu \sim 40$

($U > 120$)

, $U > 100$.

1-10 .

[37-38]. .13



.13.

;2-
[37]

: 1-
; 3-

[1,38,39].

OLYMPUS (ESA)

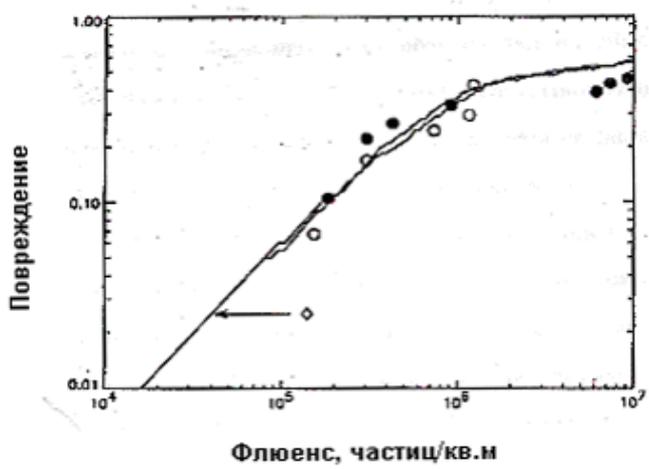
11 12

1993

[40].

[1].
 « » 1986 . -1 -2
 ()
 $v_{\max} \sim 78$ / .
 50% . .14
 -1
 2

[3]

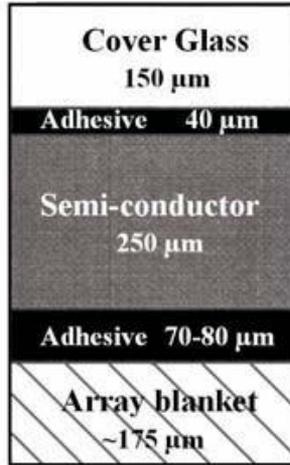


. 14.
 : -1 (●); -2 (○)
 « » 1986 .
 (/ ²); (◆) - () [3]

(
).
 [41]. . 15
 (HST).



(a)



(b)

.15

(HST) (a)-

(MICA); (b) -

; -

; -

[41]

: « »,

«
100².

» ()

: HST, ,
8-10 , -

(v~1-72 /)

, -

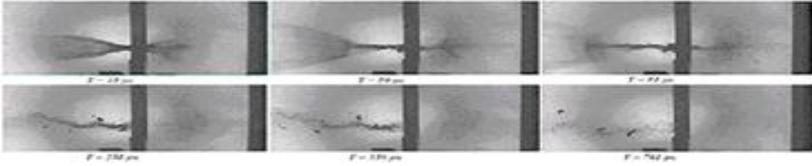
15 ,

,
100-1000

.16

HST

[41]

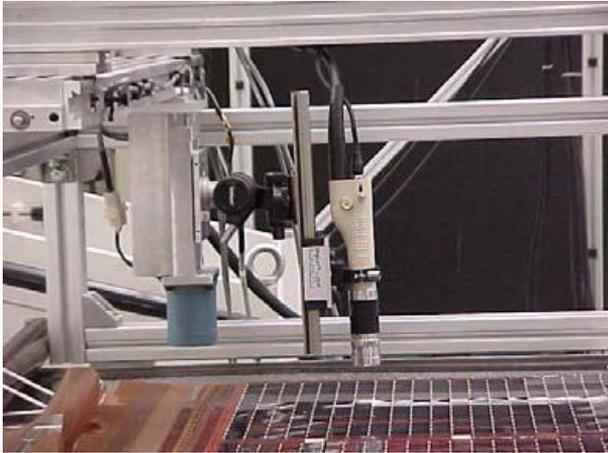


.16. , 500 , $v \sim 3000$ / , -
 HST, [41]

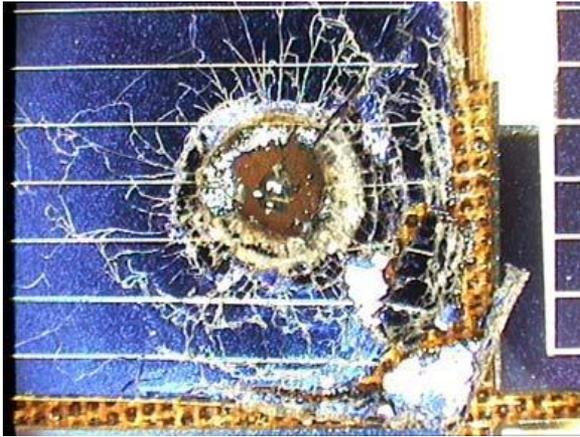
500 $v \sim 3000$ / HST.

.17 , -
 HST, [42].
 .18 , HST c

~3 [42].



.17.
 HST 8,25 [42]



. 18.

HST [42]

[41] 1997-2002 . HST 1530³ .
 , ~ 50 ,
 HST 8,25 ,
 (10³-10⁵) 20000000.
 , -
 , -
 . -

11.

() -
 (), () -
 , -
 , -
 , -

[1-4].

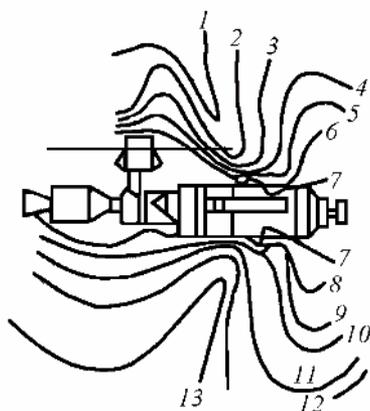
12 - 17) () « 0,2 » [1,2]. (- 10

W (. 1)[1,2]. V
(300-500 .) (h=3,6 10⁴)



1.

[1,2]



2.

, $/c^3$, « »:1; 13;-
 $3 \cdot 10^{-13}$; 2; 12;- $6 \cdot 10^{-13}$; 3; 11;- $1 \cdot 10^{-12}$; 4;- $1.8 \cdot 10^{-12}$; 5; 6; 9;- $3 \cdot 10^{-12}$;
 7;- $1 \cdot 10^{-11}$; 8;- $6 \cdot 10^{-12}$; 10;- $1.8 \cdot 10^{-12}$; 11;- $1 \cdot 10^{-12}$; [1,2]

$v_0 = 7$ / $r =$
 160 , $t \sim 17$, $h = 320$, $t \sim 400$, $h = 3,6 \times 10^4$, $t \sim 2 \cdot 10^5$.
 $h =$

[1,2].

.2

« » [1,2].

()

.3

Midcourse Space Experiment (MSX). КА MSX запущен на круговую орбиту, угол наклона 99^0 , высота 904км, 24.06.1996г. [5-8].

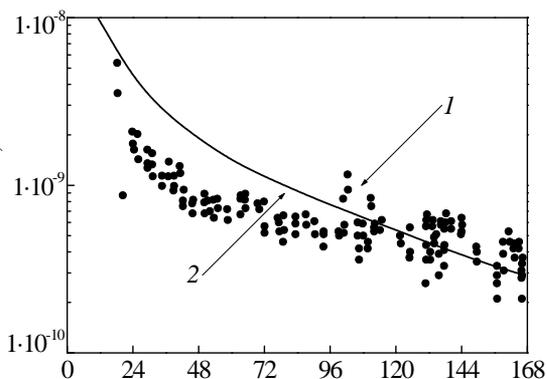


Рис.3 Временная зависимость давления паров воды в СВА около поверхности КА «MSX» в течение первой недели полета, • 1 – регистрация с помощью квадрупольного масс-спектрометра для нейтральных частиц 2 – модель, предсказывающая давление паров воды в процессе обезгаживания КА [5]

На рис.4 приведена временная зависимость давления в различных отсеках космического телескопа Хаббл (Hubble Space Telescope-HST) [9].

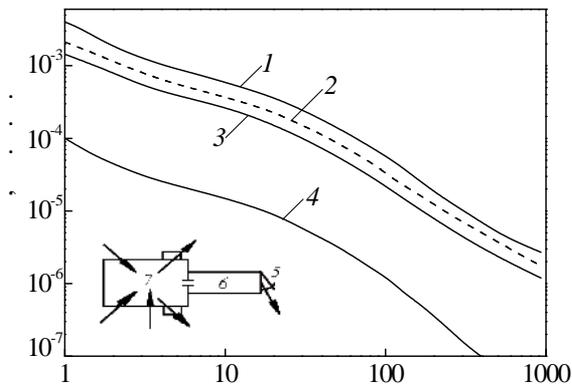


Рис.4. Полное давление в отсеке космического телескопа Хаббл с измерительной аппаратурой телескопа при открытом и закрытом люке: 1- люк открыт в отсеке с измерительной аппаратурой; 2- в районе телескопа, люк закрыт; 3- в отсеке с измерительной аппаратурой, люк открыт; 4- в районе телескопа, люк открыт. 5- люк; 6- телескоп; 7- отсек с измерительной аппаратурой [9]

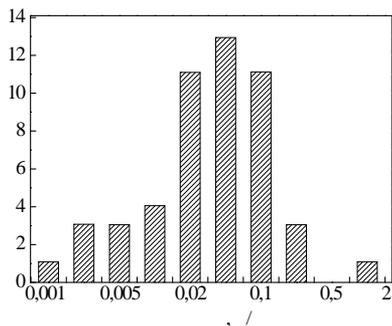


Рис.5. Распределение скоростей микронных частиц размеров относительно КА в течение первого года полета КА «MSX» [6]

На рис.5 и 6 представлено распределение скоростей частиц СВА и их размеров в течение первого года космического полета относительно КА.

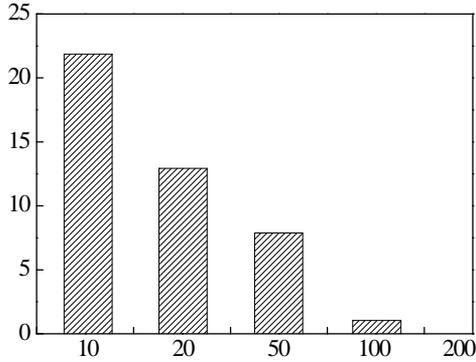


Рис.6. Распределение частиц по размерам около поверхности КА «MSX» [6]

На рис.7 представлена временная зависимость усредненного числа частиц за минуту, попадающих в поле зрения оптического датчика около поверхности КА «MSX» при полете в течение года [6].

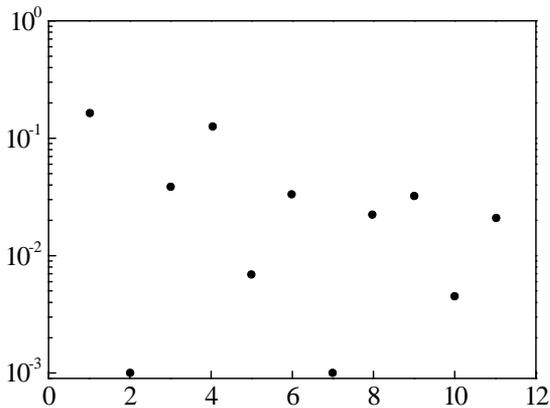


Рис.7. Временная зависимость усредненного числа частиц за минуту, попадающих в поле зрения оптического датчика около поверхности КА «MSX» при полете в течение года [6]

При использовании на борту КА плазменных и ионных ракетных двигателей возникают условия для загрязнения внешних поверхностей соседних устройств, например солнечных батарей, продуктами распыления материалов от струй двигателей. Одновременно эти продукты будут попадать в облако СВА [10-12].

При космическом полете и при испытании в экспериментальных имитационных камерах на поверхности оборудования КА (зеркальные поверхности, оптические элементы и т.д.) оседают потоки молекул и твердых микрочастиц, выделяющихся из конструкционных материалов, оборудования, которые загрязняют поверхности, изменяют их рабочие характеристики. Образующаяся вокруг КА СВА, имеет состав, резко отличающийся от состава верхней невозмущенной атмосферы Земли.

Состав СВА различен в условиях космического полета и при испытании в имитационной вакуумной камере из-за технологических загрязнений последней. Это обстоятельство необходимо учитывать при оценке влияния воздействия продуктов СВА на работоспособность аппаратуры.

Для качественного и количественного анализа загрязняющих соединений СВА, выделяющихся при дегазации различных космических материалов и других источников, во время проведения испытаний на воздействие эксплуатационных условий, применяются следующие методы [9,13]:

- масс-анализ остаточных газов СВА;
- инфракрасная спектроскопия продуктов СВА;
- измерение ультрафиолетовой отражательной способности эталона;
- регистрация массы загрязняющей пленки с помощью высокочастотного кварцевого резонатора (кварцевые микровесы);
- регистрация флуоресцентного рентгеновского излучения от пленки загрязнений;
- хромато-масс-спектрометрия и термодесорбционная масс-спектрометрия.

При испытании КА на воздействие эксплуатационных условий может оказаться необходимым применение всех перечисленных методов. Особо важно отметить эффективность применения высокочастотного кварцевого резонатора (кварцевые микровесы), благодаря их высокой чувствительности. Для кварцевых микровесов с основной резонансной частотой кварцевого резонатора; $f=16$ МГц, $dm=df/B=2 \times 10^{-7} df/кгц$ [9,13], где dm -приращение массы пленки на поверхности электрода открытого кварцевого резонатора, df -изменение основной резо-

нансной частоты кварцевого резонатора. В-константа, зависящая от типа среза кристаллического кварца. С помощью кварцевых микровесов можно регистрировать приращение массы пленки на электроде резонатора $\sim 10^{-9}$ г/см².

Модель внешнего загрязнения КА основывается на том, что весь процесс – это простой классический перенос масс в специализированных условиях. Химический анализ загрязняющих осадков на образцах, помещенных на внешних поверхностях КА в открытом космосе, дает возможность определить пути и способы переноса загрязняющих материалов, и механизмы их осаждения.

Из анализа загрязнений, полученных на американском КК «Аполлон» [1,2], следует, что 97% общей массы осадков на иллюминаторах дают четыре основных источника загрязнений: 1) абляционный материал горловины сопла ракетного двигателя; 2) примеси ракетного топлива; 3) отходы жизнедеятельности людей; 4) компоненты слива системы запуска двигателя.

К второстепенным источникам загрязнения относятся поверхностная дегазация, сублимация красок, припоев и различных материалов поверхности КА, утечка атмосферы из гермоотсека что дает 2-3% массы загрязнений. Однако оптические поверхности приборов на таких космических станциях, как «Скайлэб», более чувствительны к незначительным загрязнениям, чем иллюминаторы КК «Джемени» и «Аполлон».

Перенос газообразных загрязнений от источника на внешние поверхности корабля может в значительной мере определяться их фотоионизацией с последующим отклонением ионов электростатическими полями, присутствующими как на всем КА, так и локально на его внешних диэлектрических поверхностях (стекло, керамика и др.)

Оседание газа на поверхностях определяется его давлением и коэффициентом аккомодации данного газа поверхностями КА. Оседание заряженных или поляризованных частиц на проводящие поверхности корабля отличается от их оседания на диэлектрические поверхности (иллюминаторы, линзы, терморегулирующие покрытия) из-за влияния электростатических сил. На рис.8 показано загрязнения металлических электродов кварцевых резонаторов при обезгаживании ИСЗ «OGO-6» в течение полета.

Измерялась скорость загрязнения поверхностей при дегазации, а также скорости их очищения за счет распыления и десорбции от ионоферных частиц в течение шести месяцев пребывания станции на орби-

ми атомов и ионов верхней атмосферы Земли со скоростью 2×10^{-12} кг/м².с (рис.8)[1,2].

Основным источником загрязнения внешних поверхностей КК «Скайлэб» долгоживущими осадками служила дегазация неметаллических покрытий и продукты выхлопа ракетных двигателей [1,2]. На станции имелось около 195 различных неметаллических материалов, подвергавшихся воздействию вакуума, общей площадью 23200 м². Скорости их дегазации при температурах 50-125°C, определенные из дополетных испытаний, находились в области 5×10^{-10} - $1,1 \times 10^{-7}$ кг/м².с. Эти величины соответствуют скорости почти стационарного состояния, имеющего место после высокой начальной скорости дегазации поверхностно-адсорбированных компонент (H₂O, O₂ и др.) и диффузии высоколетучих компонент из объема материала.

За 84 дня экспозиции толщина осевших на иллюминаторах КК «Аполлон» загрязнений была 1,7 мкм, а на фольге – 1-1,4 мкм; причем инфракрасный анализ показал, что пленка на иллюминаторах состоит из дегазантов терморегулирующего белого покрытия, которое преобладает среди неметаллических материалов в поле зрения данного иллюминатора. После 120 дней экспозиции уровни осаждения загрязняющих веществ на выбранных поверхностях КК «Скайлэб» превышали 5×10^{-4} кг/м². При этом надо учесть, что на станции специально для уменьшения осаждения загрязнений использовалась система двигателей ориентации и стабилизации, работающая на сжатом газообразном азоте, а высокочастотные кварцевые резонаторы, показывающие в этот раз наибольшее загрязнение, были расположены в тени от станции. Поэтому они не зафиксировали максимум осадений, который обычно бывает на поверхностях КА, освещаемых Солнцем и оказавшихся в непосредственной близости от двигателей ориентации стыковочного модуля «Аполлон», в поле зрения которых попадают конструкции станции (например, солнечные панели телескопа). Наибольшие загрязнения от продуктов выхлопа ракетных двигателей имело место во время стыковки транспортного КК «Аполлон» с космической станцией «Скайлэб». При этом скорость нарастания осадений на датчиках космической станции, обращенных в сторону источника загрязнений, т.е. в сторону «Аполлона», оказалась $6,8 \times 10^{-11}$ кг/м².с. Ракетные двигатели корабля работали на жидком двухкомпонентном топливе – монометилгидразине (ММГ) с окислителем – четырехокисью азота (N₂O₄). Деградация белых терморегулирующих покрытий, связанная с увеличением их коэффициента поглощения солнечного излучения, α_s , объясняется главным образом взаимодействием ультрафиолетового излучения Солнца со слоем загрязнения, толщина которого была 0,5 мкм за 131 день экспозиции.

Наблюдения астронавтов [1,2] подтвердили, что все облученные Солнцем белые поверхности на внешней стороне КК «Скайлэб» изменяли свой цвет на различные оттенки желтого и коричневого, причем, даже те белые краски которые не деградируют сами по себе под действием солнечного облучения. На поверхностях, не подвергавшихся воздействию солнечного света (закранированных), не наблюдалось значительного изменения цвета даже при наличии на них, осевших загрязняющих веществ.

Наряду с нарастанием загрязнений, из-за осаждения на внешних поверхностях КА продуктов собственной атмосферы, одновременно происходит очищение поверхностей за счет десорбции и распыления от ударов атмосферных частиц, в первую очередь, ионов и атомов кислорода. В процессе плазменного травления материалов под действием кислородной плазмы верхней атмосферы Земли, образуются летучие газообразные продукты. Увеличение температуры внешних поверхностей КА резко ускоряет десорбцию загрязнений, а одновременное воздействие ультрафиолетового излучения Солнца приводит к крекингу углеводородных загрязнений, образуя плотную пленку загрязнений, скорость десорбции которой резко падает. Итак, наряду с оседанием загрязнений на поверхностях КА происходит их естественное очищение. Толщина пленки загрязнений на внешних элементах кораблей находится в динамическом равновесии, что наглядно видно из рис.8.

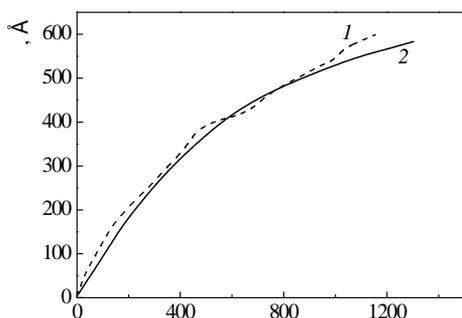


Рис.9. Скорость образования загрязняющих пленок от СВА на чувствительных поверхностях космического телескопа HST; 1 – эксперимент, 2 – аппроксимация [9]

На рис.9 показана временная зависимость изменения толщины загрязняющей пленки на чувствительных поверхностях космического те-

лескопа Хаббл (HST) [9] в течение полета.

Увеличение прироста коэффициента поглощения солнечной радиации, α_s , кварцевых зеркал в условиях полета на геосинхронной орбите определяется загрязнением их внешней поверхности. Вклад в изменения коэффициента α_s , от потоков электронов, протонов мал. и его можно не учитывать. На рис.10 приведены временные зависимости $\alpha_s(t)$, деградации кварцевых зеркал, полученных во время полета различных ИСЗ США [14]. На базе этих экспериментов рекомендована обобщенная зависимость, $\alpha_s(t)$, - (1) кварцевых зеркал геосинхронных ИСЗ.

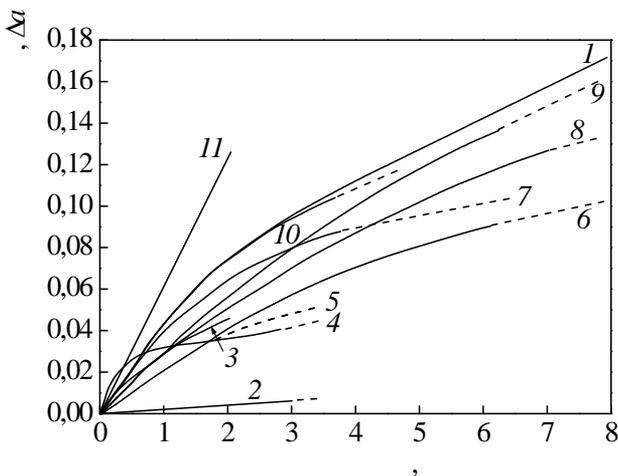


Рис.10. Прогнозируемая временная зависимость деградации кварцевых зеркал, связанная с ростом их коэффициента поглощения, α_s , для нескольких геосинхронных ИСЗ.;(1)-рекомендуемая обобщенная зависимость, $\alpha_{s(t)}$, для кварцевых зеркал геосинхронных ИСЗ [14]. Зависимости получены на ИСЗ: 2,4 – SCATHA; 5 – COMSTAR; 6-SAX; 7-FLTSATCOM F-1; 8-INTELSAT IV; 9- INTELSAT IVA; 10 – OTS-2; 11-GPS NAVSTAR [14]

Поверхностное загрязнение 60 образцов различных материалов было исследовано на космической станции «Мир» в течение 997 суток в период 21.09.1993 – 13.06.1996 [15]. Основные результаты эксперимента следующие:

-Скорость оседания загрязнений на образцы разных материалов с помощью высокочастотных кварцевых резонаторов такова:

$0,5 \times 10^{-10}$ г/см².с- в период 31.08.1995 – 08.09.1996; 1×10^{-12} г/см².с- в период 08.09.1995 – 26.12.1995; $0,1 \times 10^{-12}$ г/см².с- в период 26.12.1995 – 26.12.1996;

-Толщина загрязнений колебалась от 2 нм до 100 мкм, площадь загрязнений от нескольких десятков квадратных см. до сотен квадратных мкм; основной элемент загрязнений – кремний.

На рис.11. приведено спектральное отражение белой эмали EP-140.

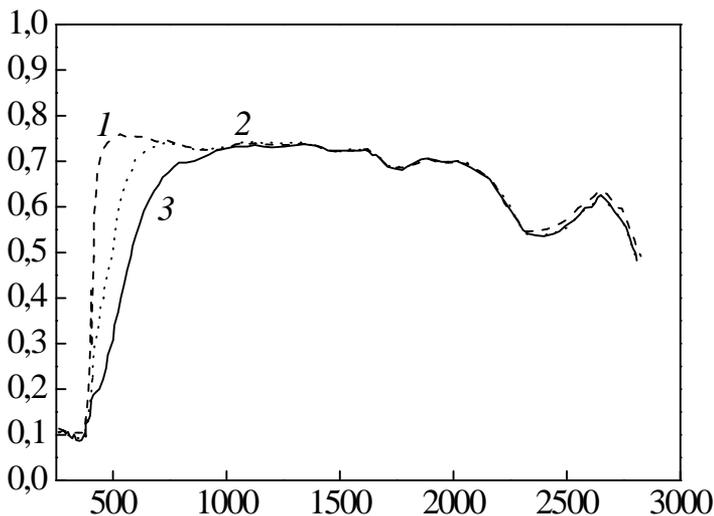


Рис.11 Спектральное отражение белой эмали EP-140; 1-исходное, $\alpha_s = 0,342$; 2-среднее загрязнение- $\alpha_s = 0,401$; 3- значительное загрязнение $\alpha_s = 0,470$ [15].

На рис.12 показано изменение оптических свойств поверхности анодированного оксида хрома ($d\epsilon$ и $d\alpha$) в зависимости от толщины пленки загрязнений [16]. Из рис.12 видно, что имеется пороговая толщина (п.т.) ~ 17 нм, ниже которой изменения оптических свойств материала не регистрируется.

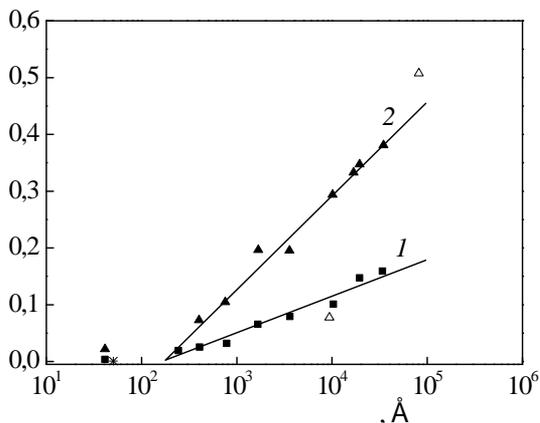


Рис.12. Изменение оптических свойств панелей СБ в зависимости от толщины пленки загрязнений . 1- изменение коэффициента излучения, $d\epsilon$; 2- изменение коэффициента поглощения , da - пороговая толщина. [16]

На рис.13 приведено распределение загрязняющих элементов Si и Ti, полученное на фронтальной стороне образца, полученное с помощью метода обратно-рассеянных электронов (BSE) [15].

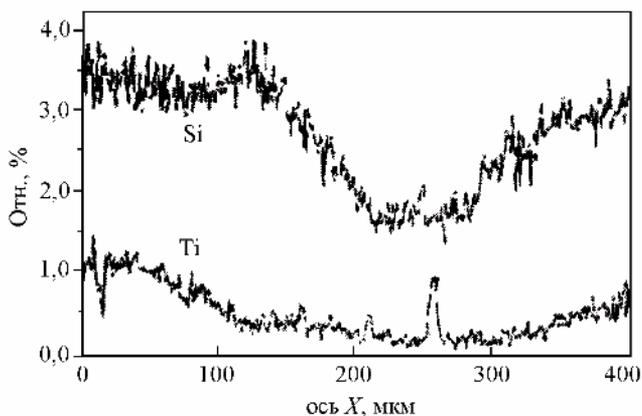


Рис.13. Распределение загрязняющих элементов Si и Ti на фронтальной стороне образца, полученное с помощью метода BSE [15]

Нарушения работоспособности оптических приборов КА могут вызываться увеличением светового фона из-за свечения СВА КА при срабатывании реактивных двигателей ориентации и стабилизации, часто работающих на сжатом газе, который, выходя из сопла двигателя, расширяется в вакуум. При этом могут возникать условия, когда часть расширяющегося газа превращается в жидкие капли или кристаллики. Основная доля струи остается в газообразном состоянии и представляет собой конус, плотность газа в котором уменьшается от оси к его периферии и от вершины конуса к его оси.

На молекулы газовой струи ракетного двигателя падает световое излучение Солнца, электроны и протоны солнечного ветра или радиационных поясов Земли. Под воздействием этих излучений молекулы газа в струе возбуждаются, а поскольку плотность газа в струе мала и столкновений почти не происходит, то это возбуждение снимается в основном при переизлучении возбужденных молекул газа в виде света. Причем это переизлученный свет распространяется во все стороны с почти равной интенсивностью. Таким образом, может быть так, что хотя прямой свет Солнца и не попадает на объектив какого-либо прибора (назовем его телескоп), но переизлученный молекулами газовой струи свет может попасть на него. На рис.14 показано рассеяние солнечного света на СВА «Аполлон», а на рис15 изображено рассеяние солнечного света на частицах выхлопных струй двигателей ориентации КК «Аполлон» [1,2].



Рис.14. Рассеяние света Солнца на СВА КК «Аполлон» [1,2].



Рис.15. Рассеяние света Солнца на частицах выхлопных струй двигателя ориентации КК «Аполлон» [1,2].

В виде примера приведем оценку свечения струи азота от реактивного двигателя со сжатым газом. Расход газа в двигателе $R = 10^{-2}$ кг/с, ось зрения телескопа и ось газовой струи параллельны; расстояние между соплом и объективом телескопа $b = 1$ м. Расчет дает [1,17] следующие величины относительной яркости V/V_0 свечения струи газообразного азота в спектральном диапазоне 300-600 нм: 8×10^{-16} – от молекулярного рассеяния света от струи азота под углом 90^0 ; 5×10^{-13} – от флуоресценции струи азота; 5×10^{-14} – от свечения азота под воздействием протонов солнечного ветра; 5×10^{-13} от свечения азота под воздействием электронов солнечного ветра. Здесь V_0 – средняя яркость солнечного диска. Поэтому общая относительная яркость свечения газообразного азота при выбранных параметрах и его расположении на КА соответствует: $V/V_0 = 10^{-12}$ [1, 17]. В работах [1,17] оценено рассеяние света от капель или кристалликов, зарожденных в расширяющейся струе азота. При этом размер всех капель оказывается больше критического, а наиболее вероятный радиус их близок к максимальному.

В этом случае максимальный радиус капель оценивается в 8×10^{-9} м и конденсируется примерно 10% общей массы азота, при этом масса капли будет равна $1,7 \times 10^{-21}$ кг. Средняя относительная яркость рассеянного солнечного света на сконденсировавшихся каплях азота в спектральном интервале 300-600 нм с углом $\theta=90$ составляет: $V/V_0 = 4 \times 10^{-12}$. Суммируя относительные яркости молекулярного свечения азота и рассеянного солнечного света от сконденсировавшихся капель, получаем в направлении, перпендикулярном к направлению на Солнце:

$$V/V_0 = 5 \times 10^{-12} [1, 17].$$

Приведенный пример ясно показывает, что при постановке экспериментов на борту КА по спектральному определению плотности межпланетных или межзвездных элементов необходимо учитывать влияние СВА КА.

12.

Различные изоляционные материалы: композиты, керамики, стеклянные волокна, стекла используются в сверхпроводящей магнитной системе международного управляемого термоядерного реактора (ТЯР) типа ИТЕР и подвергаются воздействию нейтронов, гамма-излучения и электронным потоком. На рис.1 приведена схема термоядерного реактора ИТЕР [1].

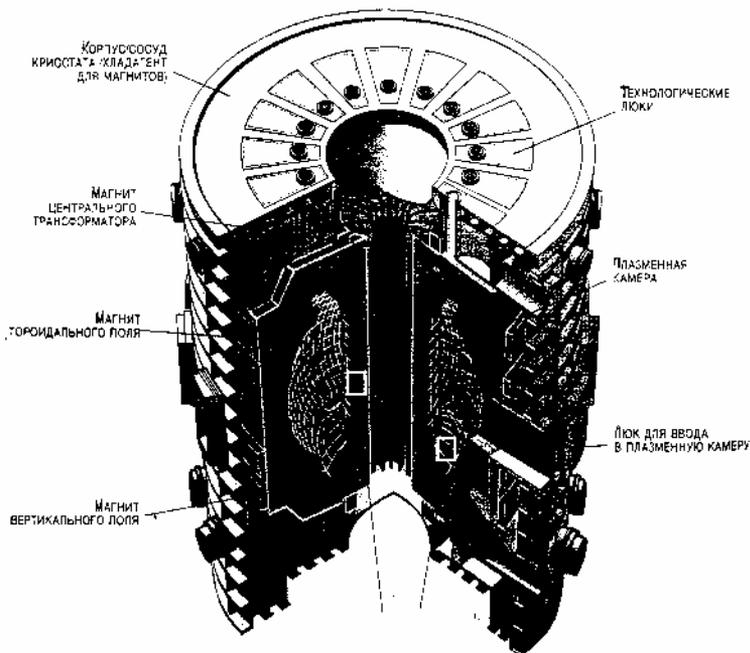


Рис.1. Схема термоядерного реактора ИТЕР [1]

Материалы первой стенки и дивертора ТЯР будут также подвержены воздействию потоков частиц, возникающих при термоядерных реакциях в плазменном шнура ТЯР при $T \sim 100$ Млн. К.: $T+D=He$ (3,5 МэВ) $+n$ (14,1 МэВ). При взаимодействии нейтронов с материалами ТЯР возникает гамма-излучение, которое может инициировать за счет комтон-электронов внедренный заряд в диэлектриках, используемых в тепловой и электрической изоляции сверхпроводящих магнитов, и таким образом создавать условия для накопления в их объеме высоких электрических полей, приводящих к электрическому пробое. При срыве плазмы возникает электронное излучение с энергией в сотни МэВ. Материалы первой стенки и дивертора подвержены также ионному распылению. На рис.2 приведена фотография элементов первой стенки термоядерной установки JT-60U [2].

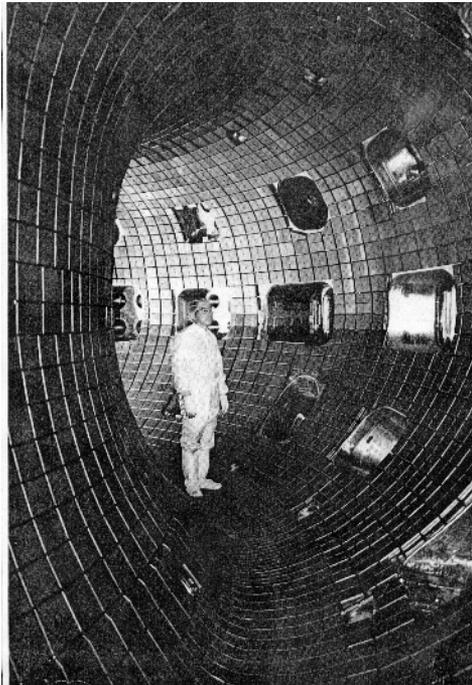


Рис.2. Фотография элементов первой стенки термоядерной установки JT-60U [2]

Проведенные имитационные эксперименты с оптическими стеклами при $T=77\text{K}$ показали опасность радиационной электризации в условиях функционирования диэлектрических материалов, используемых в криогенных сверхпроводящих магнитах ТЯР [3,4].

Такие материалы при облучении электронным излучением в интервале энергий 2-8 МэВ при $T=77\text{K}$, при флюенсах, сопоставимых с реальными условиями эксплуатации, подвергаются радиационной электризации. Образовавшийся в объеме облученных материалов внедренный электронный заряд создает в их объеме сильные электрические поля с $E \sim 1-2 \text{ МВ/см}$. Электрическая прочность диэлектриков при криогенных температурах повышается по сравнению с комнатной. В процессе последующего отогревания радиационно-заряженных диэлектрических материалов наблюдались многочисленные электрические пробои как на поверхности, так и в объеме при $T \sim 200-300 \text{ K}$. На рис.3 показано изменение во времени интенсивности разрядных световых вспышек в процессе отогревания стекла, облученного электронами. На рис.4 показано свечение электрических разрядов при пробое радиационно-заряженного стекла после его облучения электронами и последующего отогревания.

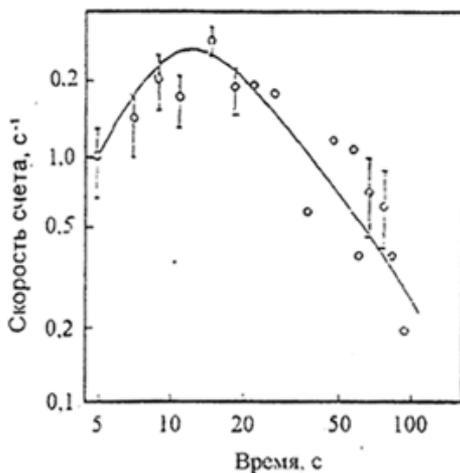


Рис.3. Изменение во времени интенсивности разрядных световых вспышек в процессе отогревания стекла, облученного электронами [2]

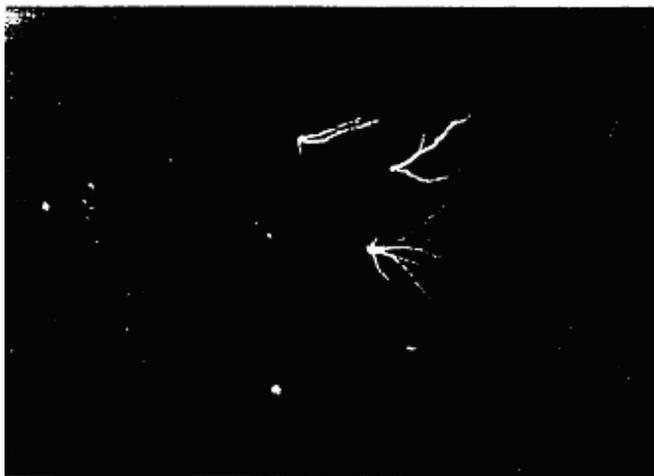


Рис.4. Свечение электрических разрядов при пробое радиационно-заряженного стекла после его облучения электронами и последующего отогревания [2]

Эти разрядные явления могут нарушить структуру реальных изоляционных материалов сверхпроводящей магнитной системы ИТЕР в процессе профилактических работ, когда криогенная система реактора отключается с целью устранения радиационных дефектов в медной стабилизирующей шине сверхпроводящей обмотки с помощью термоотжига.

Криогенные жидкости, например, жидкий азот - неотъемлемая часть любой криосистемы ядерно-физических установок. У этих жидкостей хорошие диэлектрические характеристики и они также подвержены радиационной электризации, однако, ее характер отличен от электризации твердых диэлектриков. Распределение радиационного заряда в их объеме в значительной степени связано с переносом его газовыми пузырьками или процессом прилипания термолизованных электронов к молекулам азота.

Наблюдались случаи электроразрядного повреждения защитных стекол, используемых в оптических окнах "горячих" радиохимических лабораторий. Этот процесс был связан с накоплением в их объеме некомпенсированного электрического заряда при поглощении гамма и электронного излучений от перерабатываемых радиоактивных препаратов.

1. Акишин А.И. Ионная бомбардировка в вакууме –М.: Госэнергоиздат, 1963,141 с.
2. Акишин А.И., Васильев С.С, Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б. О некоторых вопросах имитации и моделирования космической радиации в лабораторных условиях. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н. Вернова. - М.: НИИЯФ МГУ, 1964, с.375-409
3. Акишин А.И., Васильев С.С., Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б.Некоторые вопросы имитации космического корпускулярного излучения. Сб. трудов «Материалы для космических летательных аппаратов» М. ВИАМ.1964,с.9-24.
4. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Васильев С.С., Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б. Моделирование радиационного воздействия. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н. Вернова, т.2.- М.: НИИЯФ МГУ 1966, с. 9-65
5. Акишин А.И., Нусинов М.Д., Сухнев В.А. Имитация космических условий при испытании непилотируемых аппаратов. // Вопр. ракетн. техн., М. Мир. 1966, №10, с.11-25, №11, с.15-32.
6. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Васильев С.С, Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б. Моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и аппаратуру космических объектов. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н.Вернова, т.2.- М.: НИИЯФ МГУ, 1968, с.3-41
7. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Васильев С.С., Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б. Моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и элементы космических аппаратов. Proc. XVII Congr. YAF. North. Publ. Co.1968, с.279-291
8. Акишин А.И., Блюдов Е.В., Васильев С.С., Кирюхин В.П. Конанькин Л.В., Черняк Ю.Б.. Ускорение микрочастиц на электростатическом ускорителе ЭГ-8. ПТЭ, 1970, N 6, с. 185-187
9. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Васильев С.С., Вернов С.Н., Николаев В.С. Имитация и моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и аппаратуру ИСЗ. Модель космического пространства, т. 2, под ред. акад. С.Н. Вернова.- М.: НИИЯФ МГУ, 1971, с. 37 -74
10. Козлов Л.В., Нусинов М.Д., Акишин А.И., Залетаев В.М., Козелкин В.В. Моделирование тепловых режимов космических аппара-

- тов и окружающей его среды. Под ред. акад. Г.И. Петрова, Машиностроение, 1971, 377 с.
11. Акишин А.И., Бессонова Т.С., Васильев С.С. Электронная и протонная радиолуминесценция оптических стекол. Журнал прикладной спектроскопии, 1971, т. 15, в. 3, с.471-475
 12. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Васильев С.С., Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б. Моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и элементы искусственных космических объектов. Модель космического пространства, т. 2. Под ред. акад. С.Н.Вернова.- М.: НИИЯФ МГУ, 1973, с. 11-55
 13. Акишин А.И., Вернов С.Н., Назаров В.Г. Моделирование воздействия ионной компоненты космических излучений на кремниевые фотопреобразователи. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н.Вернова, т.2.-М.: НИИЯФ МГУ Изд-во, с.83-108
 14. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б. Моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и элементы искусственных космических объектов,- Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н. Вернова т. 2.- М.: НИИЯФ МГУ, 1976, с. 42-68
 15. Акишин А.И., Вернов С.Н., Григорьева Г.М., Крейнин Л.Б., Назаров В.Г., Физические основы радиационной деградации полупроводниковых фотопреобразователей. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н. Вернова. т.2- М.: НИИЯФ МГУ, 1976, с. 121-159
 16. Акишин А.И., Александров А.П., Булгаков Ю.В., Вернов С.Н., Теплов И.Б. Моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и элементы КА. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н. Вернова т. 2.- М.: НИИЯФ МГУ, 1983, с 91- 116
 17. Акишин А.И., Вернов С.Н., Григорьева Г.М., Крейнин Л.Б., Назаров В.Г. Влияние космических излучений на полупроводниковые фотопреобразователи. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н.Вернова т. 2, - М.: НИИЯФ МГУ, 1983, с, 513-552
 18. Акишин А.И., Новиков Л.С. Воздействие окружающей среды на материалы космических аппаратов. М.: Знание, Космонавтика, Астрономия, 1983, 373 с.
 19. Акишин А.И., Новиков Л.С. Электрризация космических аппаратов. М.: Знание, Космонавтика, Астрономия, 1986, 64 с.

20. Акишин А.И., Новиков Л.С. Методы имитации воздействия окружающей среды на материалы космических аппаратов. М.: НИИЯФ МГУ, 1986, 82 с.
21. Акишин А.И., Новиков Л.С. Физические процессы на поверхности искусственных спутников Земли. М.: Изд-во МГУ, 1987. 89 с.
22. Акишин А.И., Теплов И.Б., Цепляев Л.И. Развитие исследований по имитации воздействия космической среды на материалы. Развитие научных исследований по космофизике, ядерной и атомной физике в НИИЯФ МГУ. М.: Моск. ун-та, 1988, с. 49-70
23. Акишин А.И., Новиков Л.С. Имитация радиационных эффектов от воздействия космических излучений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989, 87 с.
24. Акишин А.И., Новиков Л.С. Методика и оборудование имитационных испытаний космических материалов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990, 89 с.
25. Акишин А.И., Теплов И.Б. Имитация воздействия космических излучений на материалы. Физ. и хим. обработки материалов М., 1992, N 3, с. 47-57
26. Акишин А.И. С.Н.Вернов и проблема воздействия космической среды на материалы. В кн. «Воспоминание об академках Д.В.Скобельцыне и С.Н. Вернове» Изд-во МГУ М: 1995, с.107-111.
27. Акишин А.И., Гецелев И.В., Горчаков Е.В., Логачев Ю.И. Физические условия в космическом пространстве и их воздействие на космические аппараты. В кн. «50 лет научно-исследовательскому институту ядерной физики им. Д.В.Скобельцына» М.: Изд-во МГУ, 1996, с.94-108.
28. Акишин А.И. Развитие космического материаловедения в НИИЯФ МГУ. Препринт №96-1/408, М.: НИИЯФ МГУ, 1996, 42 с.
29. Акишин А.И., Развитие космического материаловедения в НИИЯФ МГУ. В кн. «50 лет научно-исследовательскому институту ядерной физики им. Д.В.Скобельцына. Доклады на заседаниях ученого совета НИИЯФ И ОЯФ физического факультета МГУ в 1995-1997гг». М.: НИИЯФ МГУ, 1997 с.187-233
30. Акишин А.И., Горчаков Е.В., Логачев Ю.И., Панасюк М.И. Изучение космической радиации. // Российский космос. 1997, № 3, 32-34
31. Акишин А.И., С.С.Васильев – ученый, учитель и блестящий инженер. Сб. «Ядерные реакции при низких и средних энергиях. К 90-летию профессора С.С.Васильева (1908-1981). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998, с.49-55

32. Акишин А.И.- С.Н. Вернов и проблема радиационных сбоев в оборудовании космических аппаратов. В кн. «Сергей Николаевич Вернов – ученый, педагог и популяризатор науки (к 90-летию со дня рождения, 1910-2000 гг.)» - М.: НИИЯФ МГУ, 2000, с.21-25.
33. Effects of Space Condition on Materials. A.I. Akishin. (Editor). Nova Science Publishers, Inc. NY.2001. p. 199.
34. Новые наукоемкие технологии в технике. Энциклопедия Т. 16,17. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Под ред. Новикова Л.С., Панасюка. М.И.. М.: Изд-во ЭНЦИТЕХ ,2001.
35. Акишин А.И., Бондаренко Г.Г., Быков Д.В., Василенко О.И., Гришин В.К, Жирихин А.Н., Заболотный В.Т., Иванов Л.И. Ишханов Б.С., Майоров В.С., Новиков Л.С., Симонов В.П., Тихонов А.Н., Шведун В.И. Физика воздействия концентрированных потоков энергии на материалы. М.: Изд-во УНЦ ДО, 2003, 418с.
36. Акишин А.И. Методы радиационных испытаний космических материалов. Учебное пособие.-М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005, с.143
37. Акишин А.И., Новиков Л.С. Космическое материаловедение. Энциклопедия Московского Университета. Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобельцына, М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005, с.55-64

2

1. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Васильев С.С., Вернов С.Н., Николаев В.С., Теплов И.Б. Моделирование радиационного воздействия космической среды на элементы космических аппаратов. // Proc. XVII Congr. YAF, North. Holl. Publ. Co, 1968, p.279-291
2. Акишин А.И., Нусинов М.Д., Сухнев В.А. Имитация космических условий при испытании непилотируемых аппаратов. // Вопр. ракетн. техн., М. Мир. 1966, №10, с.11-25, №11, с.15-32
3. N.N.Rykalin, L.N.Bystrov, L.I.Ivanov. Effect of electrons irradiation on mechanical properties of metals. III International Conference of Space Technology. Rome, May 1971, Italy, p.
4. Акишин А.И., Булгаков Ю.В., Вернов С.Н., Волга В.И., Иванов Л.И., Коваленко А.К., Кузнецов В.А., Славгородский И.С., Сторчак М.А., Теплов И.Б., Токарев Г.А., Туманов В.И. Моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и элементы искусственных космических объектов. Модель космоса под ред. С.Н.Вернова, НИИЯФ, 1976, т.II, с.42-68
5. Акишин А.И., Александров А.П., Булгаков Ю.В., Вернов С.Н., Теп-

- лов И.Б. Моделирование радиационного воздействия космической среды на материалы и элементы КА. // Модель космоса под ред. С.Н.Вернова, НИИЯФ, 1983, т. II, с.91-116
6. Акишин А.И., Теплов И.Б. Имитация воздействия космических излучений на материалы. // ФХОМ, 1992, №3, с.47-57
 7. Новые наукоемкие технологии в технике. Энциклопедия, т.16,17. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Под ред. Л.С.Новикова и М.И.Панасюка. М., ЭНЦИТЕХ, 2000.
 8. Effects of Space Conditions on materials. Ed. A.I. Akishin, 2001, Nova Science Publ., N.J., p.199.
 9. Алимов А.С., Ермаков Д.И., Ишханов Б.С., Шведун В.И., Сахаров В.П., Trower W.P. Двухсекционный линейный ускоритель электронов непрерывного действия на энергию 1,2 МэВ, средний ток пучка 50 мА. ПТЭ, №5, (2002), с.114
 10. Грибов И.В., Ермаков А.Н., Ишханов Б.С., Новиков Г.А., Скачков В.С., Собенин И.П., Trower W.P., Шведун В.И., Шведун И.В. Импульсный разрезной микротрон на энергию 70 МэВ. // Вестник МГУ, 3, №8, 2002.
 11. Акишин А.И., Блюдов Е.В., Васильев С.С., Кирюхин В.П. Станиславский М.П., Конаныкин Л.В., Чернов Ю.А., Черняк Ю.Б. Ускорение металлических макрочастиц на электростатическом ускорителе (ЭГ-8). // Приборы и техника эксперимента, 1970, №6, с.185-187
 12. Акишин А.И., Васильев С.С., Исаев Л.Н. Катодное распыление слюды и плавленного кварца ионами криптона. // Изв. Академии наук, сер. физ., 1962, т. XXVI, вып.11, с.1356-1358
 13. Иванов Л.И., Кудрявцев Н.С. Влияние остаточных газов на испарение титана в вакууме. // ФХОМ, 1968, №4, с.166-168
 14. Акишин А.И., Байкальцев В.Б., Тютрин Ю.И. Воздействие электронных потоков на защитные покрытия солнечных батарей. // ФХОМ, 1991, №4, с.68-71
 15. Акишин А.И., Духновский М.П., Задде В.В., Стребков Д.С., Цепляев Л.И. Использование протонной бомбардировки для получения кремниевой структуры с дефектным слоем. // ФХОМ, 1994, №4-5, с.9-11.
 16. Акишин А.И., Григорьева Г.М., Звягина К.Н., Куликаускас В.С., Цепляев Л.И. О технологии формирования структуры кремний на дефектном слое. // ФХОМ, 1996, №2, с.78-80
 17. Акишин А.И., Прокофьев И.П., Тютрин Ю.И., Цепляев Л.И., Черняк Ю.Б. Влияние внедренного электронного заряда на некоторые свойства силикатных стекол. // Изв. ВУЗов, сер. физич., 1974, №11, с.99-104

18. Акишин А.И., Бессонова Т.С., Васильев С.С. Электронная и протонная радиолуминесценция оптических стекол // ЖПС, 1971, т.ХV, №3, с.471-475
19. Акишин А.И., Новиков Л.С., Токарев Г.А. Воздействие тяжелых многозарядных ядер на материалы и элементы космического оборудования. // ФХОМ, 1990, №1, с.5-9
20. Акишин А.И. Имитация и природа радиационных сбоев в оборудовании ИСЗ.//ФХОМ, 2000, №3, с.24-31
21. Акишин А.И., Витошкин Э.А., Савельева Л.И., Тютрин Ю.И. Лазерная имитация одиначных радиационных сбоев в микросхемах. // ФХОМ, 1992, №5, с.53-55
22. Buchner S., McMorrow D., Melinger J., Campbell A.B. Laboratory Test for Single-event Effects // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1996, v.43, N2, p.678-685
23. Sexton F.W. Microbeam Studies of Single-event Effects // IEEE Trans. Nucl. Sci., 1996, v.43, N2, p.687-695
24. Акишин А.И., Иванов Л.И., Цепляев Л.И. Методы радиационных испытаний материалов космической техники.// Перспективные материалы, 2005, №4, с.20-30

3

1. Громов В.В. Электрический заряд в облученных материалах. М.: Энергоиздат, 1982, 112с.
2. Акишин А.И., Новиков Л.С. Электризация космических аппаратов. М.: Знание, сер. Космонавтика, астрономия, 1985, №6, 73 с.
3. Боев С.Г., Ушаков В.Д. Радиационное накопление заряда в твердых диэлектриках и методы его диагностирования. М., Энергоиздат, 1991, 238 с.
4. Акишин А.И. Радиационные аномалии, в комическом оборудовании вызванные разрядными явлениями в облученных диэлектриках «Научные технологии в технике», Энциклопедия. Т.17, Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Ред. Л. С. Новиков, М. И. Панасюк. М.: 2000, с. 5-60
5. Effects of Space Conduction on Materials. A.I.Akishin (Editor). Nova Science Publish. Inc.NY. 2001, 199p.
6. Акишин А.И. Электрический пробой радиационно-заряженных диэлектриков при имитации воздействия космических излучений // Персп. Матер., 2005, №3, с.5-11

7. Акишин А.И., Витошкин Э.А., Цепляев Л.И. Концентрация энергии при электрическом пробое радиационно-заряженного шара из полиметилакрилата. ФХОМ, 2005, №2, с.32-35.
8. Nikita M, Zahuj M., Write K.A. Kerr Electro-optik Field Mapping Measurements in Electron-beam Irradiated Polymethylmethacrylate. IEEE Trans. El. Ins., 1988, v.23, p.861-880
9. Akishin A.I., Vitoshkin E.A., Tyutrin Yu.I., discharge in Electron Irradiated Glasses // Radiat. Phys. Chem. 1984, v.3, N3, p.305-306
10. Akishin A.I., Goncharov Yu.S., Novicov L.S., Tyutrin Yu.I., Tsepliaev L.I. Discharge Phenomena in the Irradiated Glasses // Radiat. Phys. Chem. 1984, v.3, N3, p.319-324
11. Акишин А.И., Витошкин Э.А., Громов В.В., Розно А.Г., Цепляев Л.И. О релаксации внедренного объемного заряда в оптических стеклах, облученных протонами 100 МэВ. ФХОМ, 1998, N6, с.24-27.
12. Акишин А.И. Эмиссионные процессы при электрическом пробое радиационно-заряженных диэлектриков. ФХОМ, 1998, N5, с.27-30.
13. Акишин А.И. Скользящий разряд по поверхности полимерных материалов в вакууме. ФХОМ, 2003, №5, с.28-31.
14. Кухта В.Р., Лопатин В.В., Носков М.Д. Применение фрактальной модели к описанию развития разряда в конденсированных диэлектриках // ЖТФ, 1995, т.65, вып.2, 63-75
15. Dissado L.A. Understanding Electrical Trees in Solids: From Experiment to Theory // IEEE Trans. El. Ins., 2002, v.9, N4, p.483-497
16. Noskov N.D., Malinovski A.S., Sack M., Schwab A.I. Self-Consistent Modeling of Electrical Tree Propagation and PD Activity // IEEE Trans. El. Ins., 2000, v.7, N6, p.725-733
17. Tanaka T. Space Charge Injected via Interfaces and Tree Insulations in Polymers // IEEE Trans. El. Ins., 2001, v.8, N5, p.733-743
18. Акишин А.И. Фрактальный характер явлений при электрическом пробое радиационно-заряженных диэлектриков. ФХОМ, 1997, N 3, с.17-21
19. Kudo K. Fractal Analysis of Electrical Trees // IEEE Trans. El. Ins., 1998, v.5, N5, p.713
20. Акишин А.И., Тютрин Ю.И. Электрический пробой радиационно-заряженных стекол определяется ступенчатым механизмом прорастания разрядных каналов // ФХОМ, 2000, №1, с.44-46
21. Акишин А.И., Цепляев Л.И. О краевом эффекте в радиационно-заряженных диэлектрических материалах // ФХОМ, 1997, №1, с.33-35
22. Акишин А.И., Радченко В.В., Тютрин Ю.И., Чижиков В.Е. Механизм инициированного пробоя и разрушения радиационно-

заряженных стекол при лазерном воздействии // ФХОМ, 1989, №1, с.44-50

23. Акишин А.И., Блюдов Е.В., Васильев С.С., Кирюхин В.П., Конаныкин Л.В., Станиславский М.П., Чернов Ю.А. Ускорение макрочастиц на электростатическом ускорителе // ПТЭ, 1970, №6, с.185
24. Акишин А.И., Кирюхин В.П., Новиков Л.С., Тютрин Ю.И. Воздействии микрометеорного удара на электрическое разрушение стекол // ФХОМ, 1989, №1, с.50-53

4

1. Акишин А.И., Витошкин Э.А., Тютрин Ю.И., Цепляев Л.И. Электро-разрядное разрушение диэлектриков протонным излучением. ФХОМ, 1994, №3, с. 32-34
2. Akishin A.I., Tsepliaev L.I. Destruction and Discharge Phenomena in the Irradiated Glasses. J. Nucl. Mater. 1996, v.233-236 , p. 1318-1320
3. Акишин А.И. Электроразрядные явления в облученных диэлектриках могут понизить надежность космического и термоядерного оборудования // ФХОМ, 1997, №5, с.37-44
4. Акишин А.И. Электрический пробой радиационно-заряженных диэлектриков при имитации воздействия космических излучений // Перспективные материалы, 2005, №3, с.5-15
5. Солнцев С.С., Морозов Е.М. Разрушение стекла. М. Машиностроение, 1978, 152 с.
6. Акишин А.И., Витошкин Э.А., Цепляев Л.И. Электрический взрыв в облученном протонами стекле. ФХОМ, 2001, №6, с.46-49
7. Вершинин Ю.Н., Ильичев Д.С., Морозов П.А. Влияние ударного сжатия твердых диэлектриков на процесс инжекции валентных электронов в сильных электрических полях. ЖТФ, 2000, т.70, вып.1, с.85-87
8. Акишин А.И., Витошкин Э.А., Громов В.В., Розно А.Г., Цепляев Л.И. О релаксации внедренного объемного заряда в оптических стеклах, облученных протонами 100 МэВ // ФХОМ, 1998, №6, с.24
9. Акишин А.И., Цепляев Л.И. Термоотжиг внедренного заряда в облученных стеклах // ФХОМ, 2006, №6 с.90-91

5

1. Акишин А.И., Цепляев Л.И. Радиационно-оптические свойства стекол, применяемых в космосе// ФХОМ, 2006, №2, с.25-30

2. Бреховских С.М., Викторова Ю.Н., Ланда Л.М. Радиационные эффекты в стеклах. М.: Энергоиздат, 1982, 182 с.
3. Акишин А.И., Бессонова Т.С., Васина Л.А. и др. Влияние корпускулярных излучений на оптические материалы. Модель космоса, т.2. М.: Изд. МГУ, 1983, с.553-578
4. Арбузов В.И., Сучков Ф.В. Стабильность радиационной окраски оптических стекол // Оптический журнал, 2001, т.68, №6, с.85-96
5. Кудрявцев М.И., Лопатин Г.Б., Погодин И.Б. Электромагнитное излучение Солнца. Модель космического пространства под ред. акад. Вернова С.Н. Изд. Моск. ун-та, т.1, с.101.
6. Смолкин М.Н. и др. Интегральные и визуальные характеристики ксеноновых ламп ДКсШ-1000 и ДКсР-6000. Опт.-мех. промышл. 1968, №6, с.29
7. Volchek A.O., Lisitsyn V.M., Gusarov A.I., Yakovlev V.Yu., Garbuzov V.I. Transient optical transmission changes induced by pulsed electron radiation in commercial crown silicate glasses // Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Research, 2003, B 211, p.100-106
8. Гурьев А.П., Забелина И.А. Изотермическая релаксация наведенного поглощения стекол после воздействия ионизирующего излучения // Оптический журнал, 2001, т.68, №6, с.79-84
9. Арбузов В.И., Волчек А.О., Гусаров А.И., Лисицын В.М., Яковлев В.Ю. Радиационно-индуцированное нестационарное поглощение в многокомпонентных силикатных стеклах // Оптический журнал, 2004, т.71, №2, с.58-62.
10. Акишин А.И., Цепляев Л.И. Термический отжиг центров окраски в облученных оптических стеклах. // ФХОМ, 2003, №4, с.95-96.
11. Treadaway M.J., Passenheim B.C., Kitterer B.D., Schal P. Radiation coloration and bleaching of glass. // IEEE Rans. Nucl. Sci., 1976, NS-23, N6, p.1820-1825
12. А.И.Акишин, Л.И.Цепляев. Методика инженерной оценки влияния космического корпускулярного излучения на поглощение оптических стекол. // ФХОМ, 1999, №4, с.21-24
13. Акишин А.И., Цепляев Л.И. Оптическое обесцвечивание радиационно-окрашенных стекол при имитации космических условий // ФХОМ, 2004, № 6, с.30-33
14. Акишин А.И. Радиационные аномалии в космическом оборудовании, вызванные электроразрядными явлениями в облученных диэлектриках. Новые наукоемкие технологии в технике. Энциклопедия т.17. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Под ред. Л.С.Новикова, М.И.Панасюка. М.: 2000, с.5-60

15. Акишин А.И., Бессонова Т.С., Васильев С.С. Электронная и протонная радиолюминесценция оптических стекол // ЖПС, 1971, т.XV, №3, с.471-475
16. Дианов Е.М., Корниенко Л.С., Никитин Е.П., Рыбалтовский А.О., Сулимов В.Б. Чернов П.В. Радиационно-оптические свойства волоконных световодов на основе кварцевого стекла (обзор) // Квантовая электроника, 1983, т.10, № 3, с.473-496
17. Borgermans P., Brichard B. Kinetic Models and Spectral Dependencies of the Radiation-Induced Attenuation in Pure Silica Fibers // IEEE Nucl. Sci., 2002, v.49, N3, p.1439-1445
18. Henschel H., Kohn O., Weinand U. A New Radiation Hard Optical Fiber for High-Dose Values // IEEE Tran. Nucl. Sci., 2002, v.49, N3, p.1432-1438
19. Gusarov A., Doyle D., Kinet D., Volcnek A. Testing and qualification of optical glasses for use in a space radiation environment; the advantages and pitfalls of using a parametric approach // Proc. of the 9th Intern. Simp. on Materials in Space Environment, Noordwijk, the Netherlands, 16-20 June 2003, (ESA SP-540, Semp. 2003)
20. Colby E., Lum G., Plettner T., Spencer I. Gamma Radiation Studies on Optical Materials // IEEE Trans. Nucl. Sci., 2002, v.49, N6, p.2857-2867
21. Henschel H., Kohn O., Lennartz W., Metzger S., Schmidt H. Comparison between fast neutron and gamma irradiation of optical fibers // IEEE Trans. Nucl. Sci., 1998, v.45, N3, p.1543-1551
22. Tomashuk A., Dianov E., Golant K., Rybaltovskii A. γ -Radiation-Induced Absorption in Pure-Silica-Core Fibers // IEEE Trans. Nucl. Sci., 1998, v.45, N3, p.1576-1579
23. Van Uffelen M., Yucker Ph., Fenaux Ph. Radiation Resistance of Fiberoptic Components and Predicative Models for Optical Fiber Systems in Nuclear Environments // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1998, v.45, N3, p.1558-1565
24. Henschel H., Kohn O., Schmidt H., Kirchhof J., Unger S. Radiation-induced loss of Rare Earth doped fibers // IEEE Trans. Nucl. Sci., 1998, v.45, N3, p.1552-1557

1. Frederickson A.R., Holeman E.G., Mullen E.G. Characteristics of spontaneous electrical discharging of various insulators in space radiation. // IEEE Trans. Nucl. Sci., 1992, v.39, N6, p.1773-1782

2. Frederickson A.R., Levy L., Enloe C.L. Radiation-induced electrical discharges in complex structures. // IEEE Trans. On Electrical Insul. 1992, v.27, N6, pp.1166-1178
3. Haselton R.C., Churchill R.J., Yadlowski E.J. Measurements of particle emission from discharge sites in teflon irradiated by high energy electron beams. // IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1979, v.26, pp.5141-5145
4. Вудс А.Дж., Динас Э.П. Методы расчета воздействия на электронную аппаратуру спутника импульсов электромагнитного излучения, генерируемых искровыми разрядами на деталях из диэлектрических материалов. // Аэрокосмическая техника, 1986, N3, с.146-166
5. Акишин А.И. Эмиссионные процессы при электрическом пробое радиационно-заряженных диэлектриков. // ФХОМ, 1998, N5, с.27-30
6. Акишин А.И. Электрический пробой радиационно-заряженных диэлектриков при имитации воздействия космических излучений // Персп. Материалы 2005, №3, с.5-15
7. Fredrickson A.R. Electric Discharge Pulses in Irradiated Solid Dielectrics //IEEE Trans. Electrical insul., 1983, v. EI-18, N3, p.337-349
8. Leung P., Plump G. Characteristics of RF resulting from dielectric discharges. // IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1982, v.29, pp.1610-1614
9. Бычков В.Л., Гридин А.Ю., Климов А.И. О природе искусственной шаровой молнии, исследование структуры и физических свойств полимерных плазмоидов в атмосфере // ТВТ, 1994, т.32, с.190-194
10. Олешко В.Н., Штанько В.Ф. Эмиссия плотного электронного пучка из канала электрического пробоя в твердом диэлектрике. // ЖТФ, 1990, т.60, в.2, с.185-186
11. Crow By.J.E., Auer P.L., Allen J.E. The expansion of plasma in to a vacuum. // J. Plasma Physics, 1975, v.14, part 1, pp. 65-76
12. Акишин А.И. Электроразрядный механизм радиационных аномалий ИСЗ // ФХОМ, 2002, №4, с.24
13. Акишин А.И. Скользящий разряд на поверхности полимерных материалов в вакууме // ФХОМ, 2003, №5, с.28-31
14. Акишин А.И., Андреев А.А., Бондаренко А.Б., Ледянкин Д.В., Тютрин Ю.И. Влияние разрядных явлений на состав газовой выделения радиационно-заряженных материалов // ФХОМ, 1991, №2, 75-78
15. Vaughn J.A., Carruth M.R. Katz Jr.J, Mandell M.J., Jongeward G.A. Electrical Breakdown Currents on Large Spacecraft in Low Earth Orbit. // J. Spacecraft and Rockets, v.31, N1, 1994,p.54-58
16. Vayner B.V., Doreswamy C.V., Ferguson D.C., Galofaro J.T., Snyder D.B. Arcing on Aluminum Anodized Plates Immersed in Low-Density Plasmas // J. of Spacecraft and Rockets. 1998, v.35, N6, p.805-811
17. Galofaro J.T., Doreswamy C.V., Vayner B.V., Snyder D.B., Ferguson

1. Акишин А.И., Новиков Л.С. Имитация радиационных эффектов от воздействия космических излучений. М., Изд-во Моск. ун-та, 1989, 87 с.
2. Акишин А.И., Вернов С.Н., Григорьева Г.М., Крейнин Л.Б., Назаров В.Г. Влияние космических излучений на полупроводниковые фотопреобразователи. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н.Вернова, т.2, М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983, с.513-559
3. Акишин А.И., Новиков Л.С., Соловьев Г.Г. Воздействие потоков заряженных частиц высокой энергии на материалы и элементы оборудования космических аппаратов. «Новые наукоемкие технологии в технике». Энциклопедия т.17. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Ред. Л.С. Новиков, М.И. Панасюк. – М. ЭНЦИТЕХ. 2000, с.164-205
4. Заявлин В.Р., Жезлов А.В., Летин В.А. Прогнозирование ресурса фотоэлектрических батарей космических аппаратов // Гелиотехника, 2001, №3, с.11-22
5. Акишин А.И., Байкальцев В.Б., Тютрин Ю.И. Воздействие электронных потоков на защитные покрытия солнечных батарей. // ФХОМ, 1991, N4, с.68-70
6. Акишин А.И., Летин В.А., Бордина Н.М. и др. Возникновение дугового разряда между участками солнечной батареи в вакууме. // Гелиотехника, 1990, N1, с. 75-76
7. Stevens N.J., Jones M.R. Environmentally-Induced Discharges on Solar Arrays in Geosynchronous Orbit. // IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1993, v.40, N6, pp.1525-1531
8. Акишин А.И. Электроразрядное повреждение солнечных батарей космических аппаратов в магнитосферной и ионосферной плазме. // ФХОМ, 1995, N 2, с. 43-48
9. Акишин А.И., Тютрин Ю.И., Цепляев Л.И. Электроразрядный механизм повреждения солнечных батарей при электронном облучении. // ФХОМ, 1996, N6, с. 20-23
10. Data Analysis and Model Plasma Interactions Experiment. // J. Spacecraft and Rockets. 1996, v.33, N3, p.438-446
11. Soldi J.D., Hastings D.E., Hardy D., Guidice D., Ray K. Flight Data Analysis for the Photovoltaic Array Space Power Plus Diagnostics Experiment. // J. of Spacecraft and Rockets. 1997, v.34, N1, pp.92-103.

12. Kuninaka H. Space Experiment on Plasma Interaction Caused by High-Voltage Photovoltaic Power Generation. // *J. of Spacecraft and Rockets*. 1995, v.32, N5, p.894-898
13. Ray K.P., Delorey D.E., Guidice D.A., Adamo R.C., Dana D.R., Soldi J.D., Hastings D.E. Arc Rate Measurements Observed by the Photovoltaic Array Space Power Plus Diagnostics (PASP Plus) Experiment. // *IEEE Trans. on Nucl. Science*. 1997, v.44, N6, p.2195-2200
14. Hastings D.E. A Review of Plasma Interactions with Spacecraft in Low Earth Orbit. // *J. of Geophysical Research*. 1995, v.100, N A8, pp.14,457-14,483.
15. Акишин А.И. Электроразрядный механизм радиационных аномалий ИСЗ // *ФХОМ*, 2002, №3, с.28-30

8

1. Violet M.D., Fredrickson A.R. Spacecraft Anomalies on the CREES Satellite correlated with the Environment and Insulator Samples // *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, 1993, v.40, N6, p.1512-1520
2. Wrenn G.L. Conclusive Evidence for Internal Dielectric Charging Anomalies on Geosynchronous Communication Spacecraft // *J. of Spacecraft and Rockets*. 1995, v.32, N3, p.514-520
3. Stasinopoulos E.G., Brucker G.J., Adolph J.N., Barth J. Radiation-Induced Anomalies in Satellites // *J. of Spacecraft and Rockets*. 1996, v.33, N6, p.877-882
4. Anderson P.C., Skoons H.S. Spacecraft Charging Anomaly on Low-Altitude Satellite in an Aurora // *J. of Spacecraft and Rockets*. 1996, v.33, N5, p.944-960
5. Honrubia F.J.L., Hilgers A. Some Correlation Techniques for Environmentally Induced Anomalies Analyses // *J. of Spacecraft and Rockets*. 1997, v.33, N5, p.670-674
6. Акишин А.И. Электроразрядные явления в облученных диэлектриках могут понижать надежность космического и термоядерного оборудования // *ФХОМ*, 1997, №5, с.37-44
7. Акишин А.И. Радиационные аномалии в космическом оборудовании, вызванные электроразрядными явлениями в облученных диэлектриках. «Новые наукоемкие технологии в технике». Энциклопедия. Т.17. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Под ред. Л.С.Новикова, М.И.Панасюка. – М.: 2000, с.50-60

8. Baker D.N. The Occurrence of Operational Anomalies in Spacecraft and Their Relationship to Space Weather // IEEE Trans. on Plasma Sci., 2000, v.28, N6, p.2007-2016
9. Love D.P., Toomb D.S., Wilkinson D.C., Parkinson J.B. Penetrating Electron Fluctuations Associated with GEO Spacecraft Anomalies // IEEE Trans. on Plasma Sci., 2000, v.28, N6, p.2075-2084
10. Lai S.T. The Mott Transitions as a Cause of Anomalies in Spacecraft // IEEE Trans. on Plasma Sci., 2000, v.28, N6, p.2097-2102
11. Акишин А.И. Имитация и природа радиационных сбоев в оборудовании ИСЗ // ФХОМ, 2000, №3, с.24-31
12. Акишин А.И. Влияние электроразрядных явлений на работоспособность космического оборудования и ядерных установок. Учебное пособие. Изд. Моск. Ун-та 2001, 56 с.
13. Акишин А.И. Электроразрядный механизм радиационных аномалий ИСЗ // ФХОМ, 2002, №3, с.28-30
14. Акишин А.И. Механизм электроразрядных аномалий ИСЗ. Уч.пос.-М.: Изд. Отдел УНЦ ДО,2002,с.143.

9

1. Tennyson R.C. Atomic oxygen and effect on materials. The Behavior of Systems in the Space Environment, Eds. Dewitt R.N. et al. Kluwer Acad. Publ., 1993, p. 233-257
2. Акишин А.И., Гужова С.К. Взаимодействие ионосферной плазмы с материалами и оборудованием космических аппаратов // ФХОМ, 1993, №3, с. 40-47
3. Tennyson R.C. Atomic oxygen on polymer materials // Canadian J. of Physics, 1991, v.69, №8/9, p.1190-1208
4. Акишин А.И., Новиков Л.С., Черник В.Н. Воздействие на материалы и элементы оборудование космических аппаратов вакуума, частиц ионосферной плазмы и солнечного ультрафиолетового излучения // Новые наукоемкие технологии в технике. Энциклопедия. Том 17. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов / Под ред. Новикова Л.С., Панасюка М.И., М.: ЗАО НИИ «ЭНЦИТЕХ», 2000, с.100-138
5. Raja Reddy M. Effect of low earth orbit atomic oxygen on spacecraft materials // J. Mater. Sci, 1995, v.30, p. 281-307
6. Kleiman J.I, Horodetsky S., SergeyeV V., Issouпов V., Ng R. Critical Review of the Design of Space Environment Simulators: Lessons Learnt // Proc. of the 10th ISMSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006, p.

7. Banks B.A., Waters D.L., Thorson S.D., deGroh K.K., Snyder A., Miller S. Comparison of Atomic Oxygen Erosion Yields of Materials at Various Energies and Impact Angles // Proc. of the 10th ISMSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006, p.
8. Hartney M.A., Hess D.W., Soane D.S. Critical Review Oxygen plasma etching for resist stripping and multilayer lithography // J. Vac. Sci. Technol. 1989, v.7, № 1, p. 1-13
9. Toyoda K., Okamura T., Hosoda S., Chmo M., Degradation of High – Voltage Solar Array Due to Arcing in Plasma Environment // J. Spacecraft and Rockets, 2005, v.42, N5, p.947-954
10. Packirisamy S., Schwam D., Litt M.H. Atomic oxygen resistant coatings for low earth orbit space structures // I. of Materials Sci. 1995, v.30, p. 308-320
11. Акишин А.И., Блюдов Е.В., Гужова С.К., Исаев Л.Н., Петухов В.П., Тронов В.В. Взаимодействие ионов малой энергии с поверхностью некоторых диэлектриков // ЖПС, 1970, т. XII, в. 1, с. 13-16
12. Акишин А.И., Блюдов Е.В., Гужова С.К., Исаев Л.Н., Петухов В.П., Тронов В.В. Взаимодействие ионов малой энергии с поверхностью некоторых диэлектриков // Вест. МГУ сер. физ. астр., 1972, №6, с.634-637.
13. Акишин А.И., Гужова С.К., Соловьев Г.Г., Титов В.К. Об аномалии распыления некоторых полимеров ионами высокочастотной плазмы // ХВЭ 1979, т. 10, №6, с. 494-497
14. Войценья В.С., Гужова С.К., Титов В.И. Воздействие низкотемпературной плазмы и электромагнитного излучения на материалы. М. Энергоатомиздат, 1991, 223 с.
15. Koontz S.L., Albyn K., Leger L.J. Atomic Oxygen Testing with Thermal Atom Systems: A Critical Evaluation // J. Spacecraft and Rockets, 1991, v.28, №3, p.315-323
16. Акишин А.И., Новиков Л.С., Черник В.Н. Применение ускорителя кислородной плазмы для исследования распыления материалов // Поверхность, 2004, №4, с.52-56
17. Minton T.K., Zhang J., Garton D.J., Seale J.W. Collision-assisted erosion of hydrocarbon polymers in atomic-oxygen environments // High Perform. Polym., 2000, V.12, p. 27-42
18. Yokota K., Ohmae N., Tagawa M. Effect of Relative Intensity of 5 эВ Atomic Oxygen and 172 mm Vacuum Ultraviolet in Synergism of Polyimide Erosion // High Perform. Polim., 2004, v.16, p. 221-234

19. Minton T.K., Zhang J., Garton D.J., Seale J.W. Collision – assisted erosion of hydrocarbon polymers in atomic-oxygen environments // High Perform. Polym., 2000, v.12, p.27-42
20. Kinoshita H., Tagawa M., Yokota K., Ohmac N. Nonlinear phenomena in the mass loss of polyimide films under hyper thermal atomic oxygen beam exposure // High performance polymers, 2001, v.13, p. 225-234
21. Tighe A.P., van Eesbeek M.R.J., Wenham D. Spacecraft Materials Test Techniques Utilizing High Power Lasers // Proc. of the 10th IS-MSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006, p.
22. Minton D.J., Stockdale D.P., Lee D.-Ch., Yu L. Minton T.K. Probing the Effects of Molecular Structure on the Erosion of Hydrocarbon-Based Polymers by Atomic Oxygen // Proc. of the 10th ISMSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006, p.
23. Murad E. Spacecraft interaction with atmospheric species in Low Earth Orbit // J. of Spacecraft and Rockets, 1996, v.33, N1, p.131-136
24. Тупиков В.И., Клишпонт Э.Р., Милинчук В.К. Проблемы стойкости полимерных материалов в условиях космического пространства // ХВЭ, 1996, т.30, №1, с.49-57
25. Koontz S.L., Leger L.J., Visentine J.T., Hunton D.E., Cross J.B., Hakes C.L. EOIM-III Mass Spectrometry and Polymer Chemistry STS-46, July-August 1992 // J. Spacecrafts and Rockets, 1995, V.32, №3, p. 483-495.
26. Iskanderova Z.A., Kleiman J.I., Gudimenko Y.U., Tennyson R.C. Influence of Content and Structure of Hydrocarbon Polymers on Erosion by Atomic Oxygen // J. Spacecraft and Rockets, 1995, v.32, №5, p.878-884
27. Tennyson R.C. Protection of polymeric materials from atomic oxygen // High Performance Polym., 1999, V.11, p. 157-165
28. Милинчук В.К., Клишпонт Э.Р., Шелухов Н.П., Смирнова Т.Н., Пасевич О.Ф. Деградация полимерных материалов на низких земных орбитах // Хим. высоких энер., 2004, т.38, №1, с.10-15
29. Iskanderova Z.A., Kleiman J.I., Gudimenko Y.U., Tkachenko A., Tennyson R.C., Brown I.G., Monterio O.R. Metal ion implantation and dynamic ion mixing for the protection of high-performance polymers from severe oxidative environment // Nuclear Instr. and Meth. in Phys. Research B, 1999, v.148, p. 1090-1098
30. Snyder A., Banks B.A., Waters D.L. Undercutting Studies of Protected Kapton H Exposed to In-Space and Ground-based Atomic Oxygen // Proc. of the 10th ISMSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006, p.

31. Черник В.Н., Наумов С.Ф., Демидов С.А., Соколова С.П., Свечник В.И. Исследования полиимидных пленок с защитными покрытиями для космических аппаратов // Перспективные материалы. 2000. №6. с. 32-36
32. Новиков Л.С., Черник В.Н., Бабаевский П.Г., Козлов Н.А., Чалых А.Е., Балашова Е.В., Смирнова Т.Н. Исследование углепластика КМУ-4Л с покрытием ЭКОМ при лабораторной имитации длительного полета в ионосфере // Перспективные материалы. 2001. №5. с. 20-26
33. Акишин А.И., Новиков Л.С., Черник В.Н., Наумов С.Ф., Соколова С.П., Куриленок А.О., Герасимова Т.Н. Эрозия Cu, Ag, Au и Sn в низкоэнергетических потоках кислородной плазмы // Поверхность, 2006, №3, с. 28-31.
34. Guzman J., Grossman E., Mural M., Noter Y., Saar N., Silverman G., Minton T.K., Gorton D.J., Ducal D., Brunsvold A. A Study of Atomic Oxygen Interaction with Protected Silver Surfaces. Proc. of the 9th Inten. Symp. On Mater. in Space Environment. Noordwijk, The Netherlands, 16-20 June 2003, p.487-492
35. Fujimoto K., Shioya T., Satoh K. Degradation of carbon-based materials due to impact of high-energy atomic oxygen // Intern. J. of Impact Engin. 2003, v.28, p. 1-11
36. Акишин А.И., Виргилиев Ю.С., Черник В.Н. Эрозионные свойства углеродных материалов различной структуры и состава в потоках кислородной плазмы // Изв. РАН, сер. Физ., т.66, 2002, №4, с.605-606
37. Акишин А.И. Воздействие атомарного кислорода на космические материалы // Перспективные материалы, 2006, №6, с.15-22
38. Karipides D.P., Boyd I.D., Caledonia G.E. Detailed Simulation of Surface Chemistry Leading to Spacecraft Glow // J. Spacecraft and Rockets, 1999, v.36, N4, p.566-572
39. Waters D.L., Banks B.A., Thorson S.D., deGroh K.K., Snyder A. Miller S. Comparison of Atomic Oxygen Erosion Depth and Cone Height of Various Materials at Hyper thermal Energy // Proc. of the 10th ISMSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006.
40. Хантон Д.Н. Свечение Шаттла // В мире науки. 1990, №1, с. 56-63
41. Tagawa M., Doi H, Yokota K. Atomic Oxygen Concentration for Materials Exposure Acceleration Tests in Low Earth Orbit // Proc. of the 10th ISMSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006,..
42. Kleiman J.I., Horodesky S., Sergeev V., Issopov R. Ng Critinical Review of the Design of Space Environment Simulators: Lessons Learnt

// Proc. of the 10th ISMSE & the 8th ICPMSE, Collioure, France, 19-23 June 2006

43. Акишин А.И. Электроразрядное повреждение солнечных батарей космических аппаратов в магнитосферной и ионосферной плазме // ФХОМ, 1995, №2, с.43-48
44. Grossman E., Noter Y., Lifshitz Y., Oxygen and VUV Irradiation of Polymers: Atomic Force Microscopy (AFM) and Complementary Studies // Proc. of the 7th ISMSE, Toulouse France, 16-20 June (SP-399. August 1997)

10

1. Shu T.L., Murad E., MacNeil W.J. Hazards of Hypervelocity Impacts on Spacecraft // J. of Spacecraft and Rockets, v.39, 2002, p.106-114
2. Rival M., Mandevill J.C., Darin C. Hypervelocity Impacts on Solar Arrays: Analysis of Secondary Particles Ejection and Implications to Environment // Proc. of the 7 Int. Simp. on Space Environment. Toulouse, France, 16-20 June 1997
3. Lorenz D.R. Solar Array Degradation by Dust Impacts During Cometary's Encounters // J. Spacecraft and Rockets 1998, v.35, N4, p.579-582
4. Kruger F.R. Hypervelocity Impact Physics-Plasma Discharge Phenomena on Solar Generators. The Behavior of Systems in the Space Environment. Ed. R.N.Dewitt, 1993, p. 273-290
5. Shelton H., Hendricks C.D., Wuerker R.F. Electrostatic Acceleration of Microparticles to Hypervelocity // J. Appl. Phys. 1960, v.31, p.1243-1246
6. Friichtennicht J.F. Two Million Volt Electrostatic Accelerator for Hypervelocity Research // Rev. Sci. Instrum. 1962, v.33, p.309-312
7. Акишин А.И., Блюдов Е.В., Кирюхин В.П., Черняк Ю.Б. Некоторые вопросы моделирования микрометеорной эрозии. В сб.: Модель околоземного космического пространства. Ред. С.Н.Вернов. М.: НИИ-ЯФ МГУ, 1968, т.2, ч.1, с.178-209
8. Акишин А.И., Блюдов Е.В., Васильев С.С., Кирюхин В.П., Станиславский М.П., Конаныкин Л.В., Чернов Ю.А., Черняк Ю.Б. Ускорение металлических микрочастиц на электростатическом ускорителе (ЭГ-8) // ПТЭ, 1970, №6, с.185-187
9. Бедняков А.А., Гиляров Р.А., Дзагуров А.Б., Криволап В.В., Куликаускас В.С. Инжекция, формирование потока и контроль параметров твердых частиц, ускоряемых на электростатическом генераторе ЭГ-8 // ПТЭ, 1998, №2, с.149-156

10. Burchell M.J., Cole M.J., McDonnell J.A.M., Zarnecki J.C. Hypervelocity Impact Studies Using the 2 MV Van de Graaf Accelerator and Two-Stage Light Gas Gun of the University of Kent at Canterbury // *Meas. Sci. Technol.*, 1999, v.40, p.41-50
11. Hasegawa S., Hamabe Y., Fujiwara A., Yano H., Sasaki S., Ohashi H., Kawamura T., Nogami K.-I., Kobayashi K., Iwai T., Shibata H. Microparticle Acceleration for Hypervelocity Experiments by a 100 KV Electrostatic in Japan // *Int. J. Impact Engng*, 2001, v.26, p.299-308
12. Kissel J., Krueger F.R. Ion Formation by Impact of Fast Dust Particles and Comparison with Related Techniques // *Appl. Phys. A*, 1987, v.42, p.69-85
13. Sysoev A.A., Ivanov V.P., Barinova (Komova) T.V., Surkov Yu.A., Vyskochkin V.V. Mass Spectra Formation from Charged Microparticles // *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B*, 1997, v.122, p.79-83
14. Burchell M.J., Cole M.J., McDonnell J.A.M. Role of Particle Charge in Impact Ionization by Charged Microparticles // *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B*, 1998, v.143, p.311-318
15. Труханов Е.М., Василенко А.П., Пчеляков А.П., Сильвестров В.В., Лукьянов А.Л., Зворыкин Л.Л., Бержатый В.И., Иванов А.И. Исследование ударных микроструктур на элементах российской космической станции «Мир» // *Поверхность, Рентгн., Синхр, и Нейтр. Иссл.*, 2004, №6, с.84-90
16. Акишин А.И. Плазменные явления при микрометеорной бомбардировке ИСЗ // *ФХОМ*, 2004, №2, с.35-38
17. Tighe, Gabriel S., Esbeek M.V., Ground Based Simulations of Orbital Using Laser , Driven Flyer Plates // 5th Intern. Symp. on Material Environment. Arcachon, France 5-9 June, 2000
18. Обухов Л.В., Янушкевич В.А. Метание макрочастиц с помощью гигантских импульсов ОКГ // *ЖТФ*, 1978, т.48, №12, с.2559-2565
19. Baker R.J. Hypervelocity Crater Penetration Depth and Diameter – a Linear Function of Impact Velocity? // *Int. J. Impact Engng.*, 1995, v.17, p.25-35
20. Bernhard R.P., Christiansen E.L., Hyde J., Crews J.L. Hypervelocity Impact Damage into Space Shuttle Surfaces // *Int. J. Impact Engng*, 1995, v.17, p.57-68
21. Stanley G.L. Donald E.B., Nichole L., Horz K.F. Morphology of Meteoroid and Debris Impact Craters Formed in Soft Metal Targets on the LDEF Satellite // *Int. J. Impact Engng*. 1995, v.16, N3, p.405-418
22. McDonnell J.A.M., HVI Phenomena Applications to Space Missions // *Inter. J. of Impact Eng.* 1999, v.23, p.597-619.

23. Никитушкина О.Н., Иванов Л.И., Бедняков С.А., Новиков Л.С. Изменение морфологии поверхности металлов при сверхзвуковых соударениях // ФХОМ, 2001, №1, с.48-51
24. Иванов Л.И., Никитушкина О.Н. Эрозия поверхности образца, экспонировавшегося в открытом космосе, вследствие униполярных дуг // ФХОМ, 2003, №1, с.38-41
25. Никитушкина О.Н., Иванов Л.И., Петров А.Н., Новиков Л.С., Коношенко В.П., Соколов В.Г. Структура микрократеров на поверхности металлических образцов, экспонировавшихся в открытом космосе // ФХОМ, 2002, №2, с.21-25
26. Акишин А.И., Докторов Ю.А. Эмиссия заряженных частиц ряда веществ под ударами песчинок // Изв. АН СССР сер.физ., 1962, т. XXVI, в.11, с.1435-1437
27. Акишин А.И., Баранов В.К., Каракулев Д.А., Кирюхин В.П., Терешина Л.П., Тихомиров Г.П. Изменение параметров оптических деталей при имитации марсианской пылевой бури // Оптико-механическая промышленность, 1980, №6, с.10-12
28. Palmer G., Chen Y.K., Papadopoulos P., Tauber M. Reassessment of Effect of Dust Erosion on Heat Shield of Mars Entry Vehicle // J. of Spacecraft and Rockets 2000, v.37, N6, p.747-752
29. Акишин А.И., Кирюхин В.П., Марьин Б.В., Новиков Л.С. Регистрация канальным электронным умножителем ускоренных металлических частиц // ПТЭ, 1980, №6, с.129-130
30. Акишин А.И., Кирюхин В.П., Марьин Б.В., Новиков Л.С. Электронная и ионная эмиссия при соударении микронных металлических частиц со скоростями 1-5 км/с с поверхностью твердого тела // ЖТФ, 1981, т.51, в.4, с.823-827
31. Ratcliff S.R., Burchell M.J., Cole M.J. Murphy T.W., Allahdadi F. Experimental Measurements of Hypervelocity Impact Plasma Yield and Energetic // Int. J. Impact Engng. 1997, v.20, p.663-674
32. Foshini L.E. Electromagnetic Interference from Plasmas Generated in Meteoroids Impacts // Europhysics Letters 1998, v.43, N2, 226-229
33. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника – М.: Наука, 2004, 704 с.
34. Levy L., Mandeville J.C., Siguier J.M., Reulet R., Sarraill D., Catani J.R., Gerlach L. Simulation of In-flight ESD Anomalies Triggered by Photoemission, Micrometeoroid Impact and Pressure Pulse. // IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1997, v.44, N6, p.2201-2208
35. Акишин А.И., Докторов Ю.А. К вопросу об электрическом пробое в высоком вакууме // ЖТФ, 1964, т. XXXIV, в.2, с.352-353

36. Акишин А.И., Кирюхин В.П., Новиков В.С., Сливков И.Н. К вопросу инициирования пробоя в вакууме ударами быстролетающих микро-частиц // ЖТФ, 1984, т. 54, с.179-181
37. Вершинин Ю.Н., Ильичев Д.С., Морозов П.А. Влияние ударного сжатия твердых диэлектриков на процесс инжекции в электрических полях // ЖТФ, 2000, т.70, в.1, с.85-87
38. Акишин А.И., Кирюхин В.П., Новиков Л.С., Тютрин Ю.И. Воздействие микрометеорного удара на электрическое разрушение стекол // ФХОМ, 1989, №1, с.50
39. Kassel R.S., Wortmann J.J. Metal-Oxide-Silicon Capacitor Detectors for Measuring Micrometeoroid and Space-Debris Flux // J. of Spacecraft and Rockets 1995, v.32, N4, p.710-718
40. Caswell R.D., McBride N., Taylor A. Olympus End of Life Anomaly – Perseid Meteoroid Impact Event // Int. J. Impact Engng, 1995, v.17, p.139-150
41. Michel Y., Roux N.Le., Durin C., Espinosa C., Moussi A., Chevalier J.M., Barrau J-J. Damages and Matter Ejection during HVI on Brittle Structures: Implications for Space Environment, Proc. of the 10 Int. Symp. on Materials in a Space Enviroment, Collioure, France, 19-23 June 2006
42. Mandeville J.C., Moussi A., Siguier J.M. Space Debris: Analysis of Hardware after Exposure to Space. Proc. of the 10 Int. Symp. on Materials in a Space Environment, Collioure, France, 19-23 June 2006

11

1. Акишин А.И., Дунаев Н.М., Константинова В.В., Расторгуев В.А., Савченко С.А., Симонов А.Н., Камышков С.А., Конанькин Л.В., Попов Ю.А., Яшин С.В. Атмосфера, создаваемая космическим аппаратом, и ее влияние на работоспособность бортовой аппаратуры. Модель космического пространства. Под ред. акад. С.Н.Вернова, т.2, М., НИИЯФ МГУ, 1983, с.244-309
2. Акишин А.И., Дунаев Н.М., Константинова В.В. Собственная атмосфера космических аппаратов и ее влияние на бортовые приборы, и технологию в космосе. Космическое материаловедение и технология. М, Наука.1977,с.65-77.
3. Акишин А.И., Новиков Л.С. Воздействие окружающей среды на материалы космических аппаратов. М., Знание, 1983/4, 64 с.
4. Акишин А.И., Новиков Л.С., Черник В.Н. Воздействие на материалы и элементы оборудования космических аппаратов вакуума, частиц ионосферной плазмы и солнечного у/ф - излучения. В кн. Новые

- наукоемкие технологии в технике. Энциклопедия под ред. Л.С.Новикова, М.И.Панасюка, М., ЭНЦИТЕХ.: 2000, с.100-138
5. Green B.D., Galica G.E., Munhall P.A., Vy O.M., Lesho J.C., Boies M.T., Benson R.S., Phillips T.E., Silver D.M., Erlandson R.E., Wood B.E., Hall D.F., Mill J.D. Local Environment Surrounding the Midcourse Space Experiment Satellite During Its First Week // J. Spacecraft and Rockets, 1998, v.35, №2, p.183-190
 6. Cary E. Galica, Green B.D., Boies M.T., Vy O.M., Silver D.M., Benson R.S., Erlandson R.M., Wood B.E., Hall D.E. Particle Environment Surrounding the Midcourse Space Experiment Spacecraft // J. Spacecraft and Rockets, 1999, №4, p.561-565
 7. Wood B.E., Hall D.F., Lesho J.C., Vy O.M., Dyer J.S., Bertrand W.T. Midcourse Space Experiment Satellite Flight Measurements of Contamination on Quartz Crystal Microbalances // J. Spacecraft and Rockets, 1998, v.35, №4, p.533-538
 8. Pippin H.G., Woll. S.L.B., Loeb V.A., Bohnhoff-Heavacek G. Contamination Effects on the Passive Optical Sample Assembly Experiments // J. Spacecraft and Rockets, 2000, v.37, №5, p.567-572
 9. Акишин А.И., Новиков Л.С. Методика и оборудование имитационных испытаний материалов космических аппаратов. М., Изд-во Мос.Ун-та, 1990, 89 с.
 10. Чиров А.А., Бургасов М.П., Заявлин В.Р., Летин В.А. Влияние струй плазмы электроракетных двигателей на энергетические характеристики солнечных батарей // Космические исследования ,1997, №3, с.331-333
 11. Бургасов М.П., Надирадзе А.Б., Чиров А.А. ,Заявлин В.Р., Летин В.А., Ермошкин Ю.М., Эвенев Г.Д. Эффекты взаимодействия струи электроракетных двигателей и солнечных батарей космических аппаратов // Космические исследования,1994,т.32,в 4-5, с.194-201
 12. Гаврюшин А.В., Надирадзе А.Б., Егоров В.Г.Влияние ионной бомбардировки на прозрачность защитных стекол солнечных батарей // Перспективные материалы, 2003, №3, с.18-23
 13. Акишин А.И., Зазулин В.С., Контроль толщины пленок, получаемых в вакууме, кварцевым резонатором // Приборы и техника эксперимента. 1963, №1, с.152-154
 14. Leet S.J., Fogdall L.B., Wilkinson M.C. Thermo-Optical Property Degradation of Irradiated Spacecraft Surfaces.// J. Spacecraft and Rockets, 1995, v.32, №5, p.832-838
 15. Scurat V.E., Tansyrev G.D., Beriozkina N.G., Volkov A.V., Jigatch A.N., Leipuisky I.O., Pshenichnikov P.A., Samsonov P.V., Toropov V.P., Demigod S.A., Naumov S.F., Sokolova S.P. Surface Contamination of

- Some Materials of the Space Station "MIR" // High Performance Polymers, 2001, v.13, p.337-353
16. Woll S.L.B., Loeb's V.A., Phelps C.S., Pippin G., Crandall D.G., Kinard W.H., .Study of Long Duration Exposure Facility Contaminated Chromic-Acid-Anodized Surfaces.// J. Spacecraft and Rockets, 2001, v.38, №4, p.569-576
 17. Дунаев Н.М., Акишин А.И., Константинова В.В. Рассеяние света средой, создаваемой космическим аппаратом // Космические исследования, 1972, т. X, вып.4, с.580-588
 18. Акишин А.И. Воздействие собственной внешней атмосферы космических аппаратов на их материалы и оборудование.// Перспективные материалы, 2007, №2, с.14-21

12

1. Behrisch R. Plasma Material Interactions in Fusion Research // Изв. АН. сер. физ., 2004, т.68, №3,с.427-433
2. Акишин А.И. Методы радиационных испытаний космических материалов. Учебное пособие.-М.: Изд-во Мос. Ун-та.2005, 143 с.
3. Akishin A.I., Tyutrin Yu.I., Khorosh A.G. Destruction of Insulators in Superconducting Magnetic Systems for Use in Thermonuclear Reactors Due to Electrostatic Charge under Gamma and Electron Irradiation // J. Nucl. Mater. 1992, v.191-194, p.1372-1373
4. Akishin A.I., Tsepliaev L.I. Destruction and Discharge Phenomena in the Irradiated Glasses// J. Nucl. Mater. 1996, v.233-236, p.1318-1320

..

Методическое и учебное пособие

АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ АКИШИН

КОСМИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Редактор К.И.Стратилатова
Работа поступила в ОНТИ 5.06.2007г.

Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «КДУ»
Тел./факс(495) 939-40-36E-mail:pess@kdu.ru