



«

»

22 «

«

»»

II

• • , • • , • •

2007 .

53.087.5

: . -

.

.

- ., 2007

,

.

,

"

" ,

.

,

-

.

III .

4.1		5
4.1.1		5
4.1.2		6
4.1.3		7
4.1.4		9
4.2		15
4.2.1		15
4.2.1.1		16
4.2.1.2		17
4.2.1.3		17
4.2.1.4		21
4.2.2		21
4.2.2.1		23
4.2.2.2		26
4.2.2.3		27
4.2.2.4		27
4.2.2.5		28
4.2.3		30
4.2.3.1		30
4.2.3.2		33
4.2.3.3	, , ,	34
4.2.4	()	39
	()	
4.3		44
4.3.1		44
4.3.2		45
4.3.3	()	52
4.3.4		53

4.4	"	"	55
4.4.1			55
4.4.1.1			58
4.4.1.2			59
4.4.2			59
4.4.2.1			59
4.4.2.2			60
4.4.3			64
4.4.4			64
			68

$10^{-10} / \tau^{1/2}$,

ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ (τ)

$1/f$, τ

$0,05$,

10

4.1.2

$\Delta T = T_1 - T_0$.

(\quad)

(\quad)

$$W = S\sigma(T_1^4 - T_0^4) + SA(T_1 - T_0) + B(T_1 - T_0). \quad (4.1.1)$$

W –

S –

σ, A, B –

$$\Delta T = T_1 - T_0, \quad (4.1.1)$$

$$W \approx (4S\sigma T^3 + SA + B)\Delta T = \beta\Delta T, \quad (4.1.2)$$

$$\beta = 4S\sigma T^3 + SA + B$$

$$\Delta T = W/\beta.$$

β ,

$$\tau = m/\beta, \quad (4.1.3)$$

m

4.1.3

(4.1.1).

(V_i) ,

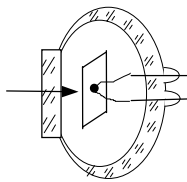
()

:

$$V_i = E_i\Delta T = E_i W/\beta, \quad (4.1.4)$$

E_i

E_t ,
 / . E_t , 1
 E_t - (100
 /) - (60 /).
 /), - (CuO - Cu₂O $E_t = 1900$



. 4.1.1

2 - 20 / .
 ($\sim 10^{-10}$) - ,
 10⁻²...10⁻³ K
 1000...100

1/f (f -) .

" "

. 4.1.2. (. . .).
 ,
 :
 .
 ,
 .
 . 4.1.2. - (-) -
 - (-) -
 ,
 .

),
 , (-
 (. 4.1.2).
 , -
 ,
 (() ;
 -

4.1.4

. . . , - ,
 . : ,
 ,
 :

$$r_{ph} = r(1 + \alpha\Delta T) = r(1 + W\alpha/\beta), \quad (4.1.5)$$

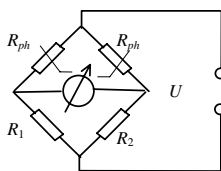
r —
 r_{ph} —
 α —

U —
 R ,

$$U_{ph} = r_{ph}U/(R+r) \cong r(1+W\alpha/\beta)U/R = r(1+W\alpha/\beta)I. \quad (4.1.6)$$

$W\alpha/\beta \ll 1$

U, R, I, β, r



4.1.3.

4.1.3),

U_{ph} .

$$U_{ph} = IrW\alpha/\beta. \quad (4.1.7)$$

Несколько слов о конструкции реальных болометров, выборе материалов и величины питающего тока.

$$\sigma \approx T^{3/2} \exp\left(-\frac{\Delta E}{2kT}\right) \quad (4.1.8)$$

$$\frac{\Delta}{\Delta / 2}$$

$$\mathbf{r} \quad -$$

$$(\dots), \quad -$$

$$\lambda \cong 1/\beta) - \rho \quad -$$

$$\alpha, \quad \rho \quad -$$

$$\rho = 1,2 \cdot 10^{-4}, \quad 0,016 \cdot 10^{-4}, \quad 0,017 \cdot 10^{-4} \quad -$$

$$I. \quad -$$

$$T_1^4 - T_0^4 \cong 4T^3 \Delta T. \quad (4.1.9)$$

,
 ,
 ,
 ,
) " " (,
 4-10);
) (, 10);
) - , " "
 ;
) ,
 (1-0,1).

-
 -
 ,
 ,
 - (200⁻¹)
 .

,
 [1]
 ,

- 0,2×2×70 ,
 - 265 .
 20 .

10

. -
)
,
)
,
)
(
,
)
()
1. -
-
:
2. , -
, ,
, .

4.2 ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ УМНОЖИТЕЛЬ

() –

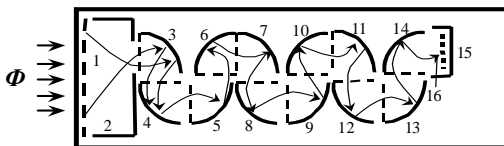
$10^{-8} \dots 10^{-10}$, . . .
 $10^{10} \dots 10^{12}$

(0,5...2,5)

1930–34 . . .

4.2.1

. 4.2.1



. 4.2.1 (

[2]).

1,
14 – 16,

1 – 3,

3 – 14

Φ

3.

1.

1

коэффициентом вторичной эмиссии

σ .

4.2.1.2 Катодная камера

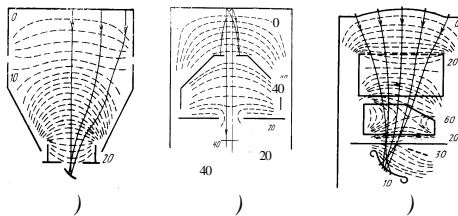
ЭФФЕКТИВНОСТЬ, . . .

ОСТРОТА ФОКУСИРОВКИ,

РАЗБРОС ВРЕМЕН ПРОЛЕТА ЭЛЕКТРОНОВ,

4.2.2.4, . 27.

. 4.2.2



. 4.2.2

(. . .).

-87 (. 4.2.2).

4.2.1.3 Динодная система

ЭФФЕКТИВНОСТЬ, . . .

зийных системах

РАЗБРОС ВРЕМЕН ПРОЛЕТА ЭЛЕКТРОНОВ

ВЕЛИЧИНА ГРАДИЕНТА ПОТЕНЦИАЛА

ОСТРОТА ФОКУСИРОВКИ,

РАБОЧАЯ ПЛОЩАДЬ,

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

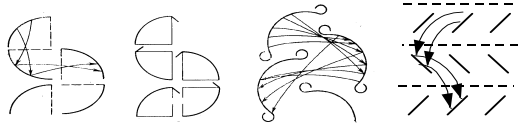
В КОРОБЧАТОЙ СИСТЕМЕ (. 4.2.3 ,)

($1/4$),

(~95%)

(SbCs BeO CuBe),

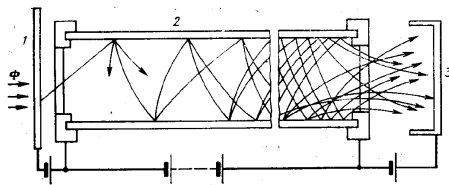
. 4.2.3.



КОРЫТООБРАЗНЫЕ ДИНОДЫ (. 4.2.3) –

ЖАЛЮЗИЙНАЯ СИСТЕМА (. 4.2.3)

1



4.2.4

(1),

(2)

(3).

ДИНОДА

НЕПРЕРЫВНОГО

4.2.4),

(1:50)

10-20

20...40

1000...2000

1².
 0,5-2
 10⁶

4.2.1.4 Анодный блок

() .

4.2.2

— ,
 , ,
 ,
 (,
),
 kT .) 4 . (,
 ,
 kT , 1 .
 ~ 0,025 . (290)

100

4.2.2.1 Форма сигнала на выходе ФЭУ

$$\sigma (\dots) \quad n: = \sigma^n.$$
$$= 10^5 - 10^8.$$

$$\delta t \approx (0,5 \dots 10)$$

$$\delta t \approx 0,375 \quad (\dots) 0,175$$

10
4.2.5.

импульса,

$$\delta t,$$

одноэлектронного

() – **только** , -
 , n- , -
 , ζ_n ,
 σ ζ_{n-1} ,
 (n-1)- . ,
 ζ_{n-1} ,
 (n+1)- ξ_i ,
 $\zeta_{n-1} = k$ $\zeta_n = \sum_{i=1}^k \xi_i$.
 (.. , [3], §14.4), -
 ξ_i $\mathbf{D}(\xi)$, ζ_n $(\xi) = \sigma$
 $(\zeta_n) = \sigma^n$

$$\mathbf{D}(\zeta_n) = \mathbf{D}(\xi) \frac{\sigma^n (\sigma^n - 1)}{\sigma(\sigma - 1)} . \quad (4.2.1)$$

$$p(\xi = m) = \frac{\sigma^m e^{-\sigma}}{m!} . \quad (4.2.2)$$

$$\Delta_n = \sqrt{\mathbf{D}(\zeta)} = \sigma^n , \quad (4.3.1)$$

n $\Delta_\infty = (\sigma - 1)^{-1/2}$ $\sigma = 3 \dots 6$
 0,7...0,45.

– сквозной пролет , n-
 (n+1)- ,
 σ

– обратная связь

– ограничение амплитуды пачки

– разброс времен пролета

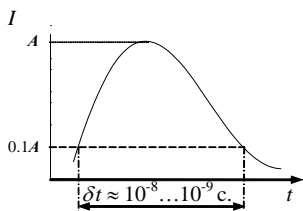
σ ,

$$\sigma = 3 \dots 6$$

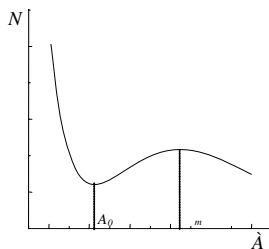
$$\exp(-\sigma) = (5 \dots 0,25)\% \quad -130$$

$$\sigma = 30.$$

$$\sigma = 30$$



4.2.5.



4.2.6.

50-100 , -
 - 6 , .
 -

4.2.2.3 *Режим постоянного тока*

" " - -
 , - , -
 .
 , τ , -
 , , . -
 , , , .
 .
 , - -
 .
 , - -
 9-12- . -
 , , - -
 , - . -

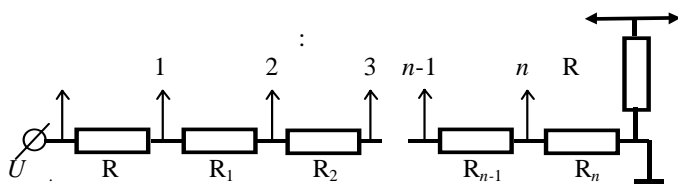
4.2.2.4 *Режим счета многоэлектронных импульсов*

: -
 , , , -
 , . -
 , . .

амплитудный анализатор импульсов,

100.

4.2.2.5 Питание ФЭУ



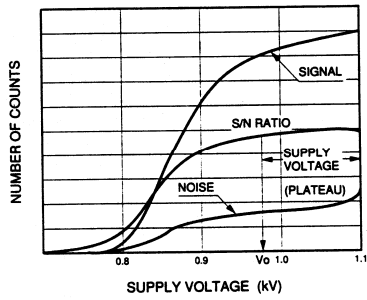
4.2.7.

$$U = -(1...2,5)$$

4.2.7.

4.2.7

$10^{-4} - 10^{-5}$



4.2.8

" "

Hamamatsu.

(4.2.6 4.2.6 . 25)

()

0,

" "

... , " " . 4.2.8. (noise, (signal)) , -

4.2.3

4.2.3.1 *Спектральная характеристика*

4.2.1

<i>Материал</i>	<i>Область пропускания</i>
(Fe)	$\lambda > 320$
, MgF ₂	$\lambda > 180 \div 200$
	$\lambda > 150$
	$\lambda > 110$

... , 4.2.1. (400 ÷ 700)

() 1. ,

MgF₂ , .

1

185 .

(LiF – 105),
 MgF_2 ,
 $h\nu = 11$ (112).

– , ,
 " " ,
 1
 ().

145 , $\lambda > 160$

Чувствительность фотокатода

$Y(\hbar\omega)$
 λ , ()

$Y(\hbar\omega)$ λ

$$\hbar\omega \geq \hbar\omega_0 = I_{ph},$$

порогом, красной границей фотоэффекта, фотоэлектрической работой выхода.

$$Y(\hbar\omega) , \exp[C(\hbar\omega - \hbar\omega_0)]. \quad C$$

фотокатоды

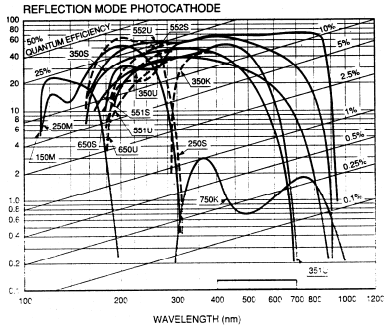
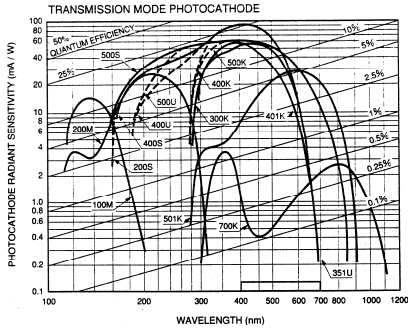
с отрицательным средством к электрону –

$Y(\hbar\omega)$

0,25,

4.2.9.

. 4.2.9.



. 4.2.9.

Hamamatsu¹,

() ().

спектральная чувствительность фотокатода – квантовый выход, энергии

-130 (SbCsK-

- 400 ÷ 420)

/ 200 – 650 , -

410 ($\hbar\omega = 3,024$)

0,03 / ,

$Y(3) = 0,091.$

фотокатода () ,) ,

. 4.2.9

Hamamatsu,

MgF₂ –

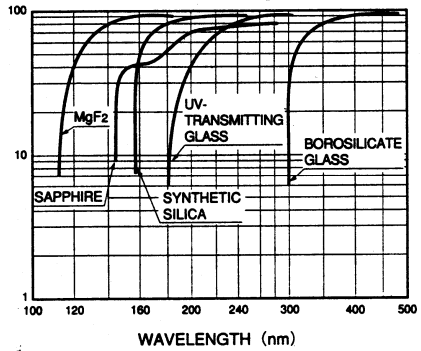
:

(, 1,2);

¹

— — (650 – 850);
 — " — " " ,
 CsJ- MgF₂ 112÷210
 (11,0 – 5,9), 210
 1% (-154).

4.2.10



4.2.10.

темновые
токи

$$\exp\left(-\frac{\Phi}{kT}\right),$$

Hamamatsu.

4.2.3.2 Анодная чувствительность и коэффициент усиления

()
)

анодной чувствительности

$$Y_a[A/\] = I[A]/ [\] \quad (4.2.3)$$

10, 100, 1000 / .

спектральной анодной чувствительности.

σ ,

$$\sigma_0 = 50 \div 150, \quad \sigma(E_0) \cong a + b \cdot E_0,$$

4.2.3.3 Темновой ток, шум, пороговая чувствительность, обнаружительная способность

4.2.11

$I - I$

$II -$

III –

, I

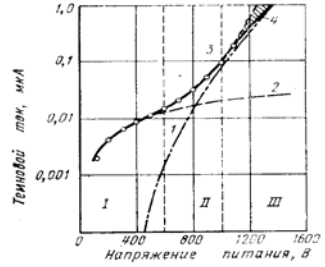
. 4.2.11.

4,)

1 –

2 –

3 –



I

(U).

. 4.2.11

I II

Автоэлектронная эмиссия (

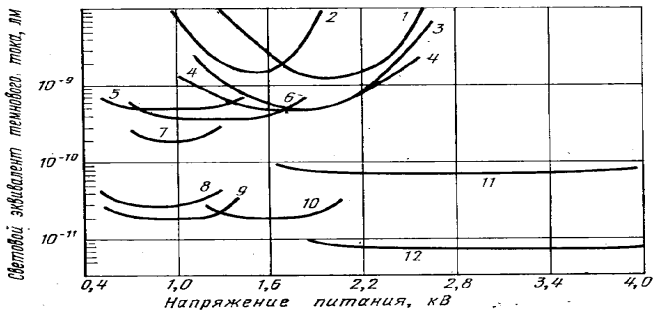
) –

, ... $\sim (10^6 \div 10^7)$

200

Y [A/],
 световым эквива-
 лентом темного тока, Φ :

$$[\] = I \text{ [A]} / Y \text{ [A/]} \quad (4.2.4)$$



4.2.12.

1 -	-58;	4 -	-81;	7 -	-85;	10 -	-79,
2 -	-55;	5 -	-19;	8 -	-17,	11 -	-91,
3 -	-54;	6 -	-51;	9 -	-64;	12 -	-92.

4.2.11, II.

4.2.12

(U)

Δf .

$$U^2 \sim \Delta f.$$

f_0 ,

f_0

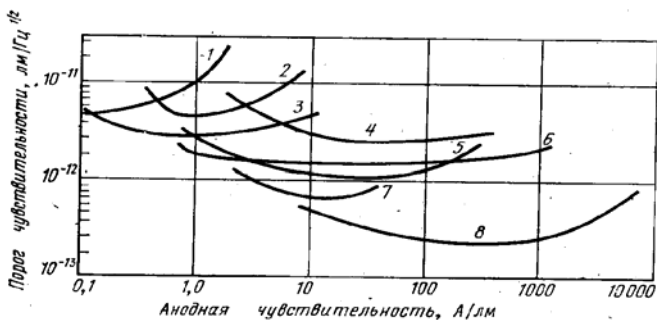
Δf ,

$$(\Delta f)^{1/2}.$$

порог

чувствительности

$$F [\dots^{-1/2}] - 1$$



4.2.13.

- | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|------|-----|-----------|-----|-----------------|
| 1 - | -26; | 3 - | -20; | 5 - | -51; | 7 - | -69; |
| 2 - | -31 ; | 4 - | -27 | 6 - | -17, -18; | 8 - | -64, -79, -106. |

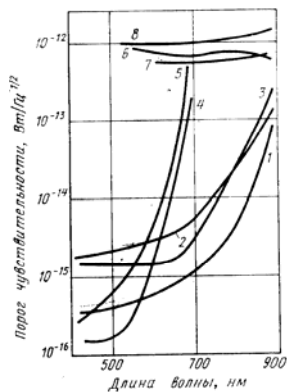
4.2.13

F , порог чувствительности при постоянном световом фоне F [$\cdot^{-1/2}$].

(),

$- F_{\lambda}(\lambda)$ [$\cdot^{-1/2}$].

4.2.14



4.2.14.

- 1 – -70;
- 2 – -51;
- 3 – -88;
- 4 – -64;
- 5 – -17, -18;
- 6 – -62;
- 7 – -22;
- 8 – -28.

4.2.2.2 . 26 . 4.2.6),

$$j = \frac{I_T}{S} = AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_T}{kT}\right), \quad (4.2.5)$$

$S = 120$ / (2 2), ; A – (); T – ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ РАБОТА ВЫХОДА (ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ).

10^5) (-
 , 15 .
 $10 \dots 20$, " (-
 10^5) - 50%, $1 \cdot 2$ -
 10^4 .
 $10^6 - 10^7$,
 " " ,
 $100 \dots 1000$,
 $\sim 10^4$, $\dots - 10^6 \div 10^7$.
 - 1,5 .
 $(\lambda < 250)$. ~ 5

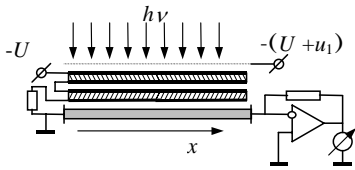
4.2.15

,
 $\sim 0,5$,
 0,5 ,
 " " ,

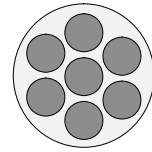
1000 / .

30 - 50 .

x ,



. 4.2.15.



. 4.2.16.

() .

. 4.2.15

$$/A_0 = x/L,$$

; L -

, x -

()

, , . 4.2.16. , , , . -

4.3 ЭМИССИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

4.3.1

$$j = AT^2 \cdot \exp(-\Phi_t/kT), \quad (4.3.1)$$

120 K ($\approx 295 \text{ K}$), $1,5 - 2$, $7,6 \cdot 10^{-28} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$, $1,6$ $4,8 \cdot 10^{-9}$, $2,6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$.

(250 – 255) K,

4

4-6 ²

$$1,5kT, \dots 0,037$$

каждый термоэлектрон проходит весь процесс умножения так же, как и фотоэлектрон и дает на выходе сигнал, неотличимый от полезного.

4.3.2

1. **Закон Столетова.**

)

2. **Закон Эйнштейна.**

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \hbar\omega - \Phi_{ph}, \quad m \quad v_{\max}$$

$$\hbar\omega_0 = \Phi_{ph}$$

$\hbar\omega_0$

$$\lambda = 2\pi c/\omega_0$$

3.

10^{-14}

ВЫХОДОМ ФОТОЭМИССИИ Y ,) КВАНТОВЫМ
 () - $Y(\hbar\omega)$

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РАБОТОЙ ВЫХОДА ph .

(, , , ...)

() , 1.

δ ()

$$L: \delta p = 2\pi\hbar/L.$$

()

$$^2 E_k = p^2/2m^*, \quad \lambda = 2\pi\hbar/p,$$

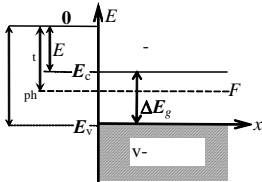
1

2 m^* . ЭФФЕКТИВНОЙ МАССОЙ

(ЗОНЕ ПРОВОДИМОСТИ C-ЗОНЕ),

(ВАЛЕНТНОЙ V-ЗОНЕ).

"НОСИТЕЛИ ЗАРЯДА".



"НОСИТЕЛЕЙ,

4.3.1 ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЕ¹.

4.3.1.

- 0 -

- E_v E_c -

- $\Delta E_g = E_c - E_v$ -

- A -

СРОДСТВО "СРОДСТВО К ЭЛЕКТРОНУ" -

- F -

ХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, ЭНЕРГИЯ ФЕРМИ, УРОВЕНЬ ФЕРМИ.

¹

v-

ФУНКЦИЕЙ ФЕРМИ:

$$f = \frac{1}{1 + \exp[(E - F)/kT]}$$

F-

- F < 0, f 1,

ПОЧТИ ВСЕ

, - F > 0, f 0 **ПОЧТИ ВСЕ**

5 - 8

v-

1, ph-

$$\exp(\Delta E_g/kT)$$

.44.

.4.3.2:

1)

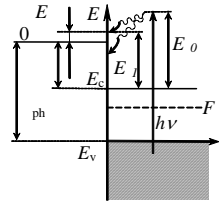
hν,

2)

;

1

(ph > 3),



.4.3.2)

3)

$E_c -$,
 $\omega \Delta g$.
 V-
ФОТОПРОВОДИМОСТЬ.
 E_{k0} ,
 (. . 4.3.2). , $k_0 > A$,

4.3.2 ,
 $k_1 < k_0$.
 " " ,
 k_1 ,

$$: E_{k1} = \frac{p^2}{2m} = \frac{p_{\perp}^2}{2m} + \frac{p_{\parallel}^2}{2m} .$$

$$A < \frac{p_{\perp}^2}{2m} = \frac{(p \cdot \cos \alpha)^2}{2m} = E_{k1} \cos^2 \alpha = (A + E_{\text{эак}}) \cos^2 \alpha , \quad (4.3.3)$$

(. . 4.3.3).

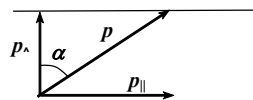
() :

$$T = 1 - \sqrt{A/E_{k1}} .$$

$$0 \leq E_{k0} \leq h\nu - \Delta E_g,$$

$$h\nu$$

$$h\nu$$



. 4.3.3

КВАНТОВОГО ВЫХОДА

$$Y(h\nu)$$

$$h\nu$$

$$Y(h\nu)$$

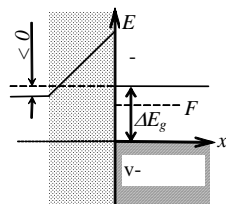
— С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СРОДСТВОМ,

$$(\dots) \quad . 4.3.4$$

(Cs,

BaO.

$$. 4.3.4$$



. 4.3.4

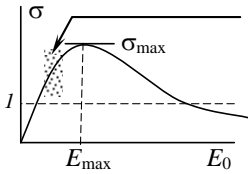
$$1 \quad \text{---} \quad = -eU \text{---}$$

Cs^+ BaO,

4.2.9, . 32,

4.3.3

()



200 ,

. 4.3.5

" "

σ

0-

(1),

10^5 -1, . .

- 100 .

50÷150 ,

(1÷10)

(" ")

КОЭФФИЦИЕНТОМ ВТОРИЧНОЙ ЭМИССИИ

σ .

σ

. 4.3.5.

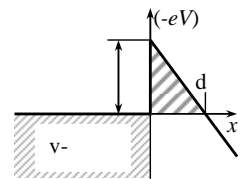
6:7 σ ,
 $(E_a < 0, \dots$
 $\sigma = 20 \div 30$ (,
 $), -130).$,

" " ,
 σ^n ,
 $10^5 \div 10^8$, $\sigma = 3,5$ $n = 13$ $= 1,2 \cdot 10^7$,
 ,

K

4.3.4

4.3.6



4.3.6

, $U = -eV$

$x < 0$.

$x = d$

1 , -

КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ,

$\exp(-k_2x)$, k_2 - , . , -

" " , " "

- -

$5 \cdot 10^7$ / . - - 1 , ... 4-5 . -
() . -

. 4.2.11, . 35. III -

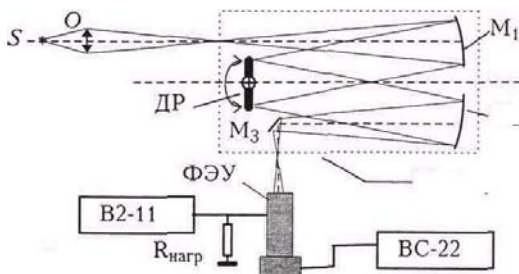
$\exp(-Const \cdot \sqrt{V})$, V -

1. ;
2. - 2, - (. .
- 4.4.1, 4.4.2);
3. ;
4. , -

4.4.1.1 Порядок выполнения экспериментальной части работы

1. -
 2. , -
 3. -
 4. () -
светового , . . -
 , " " -
 , -
 -) , (-
) .
- 10÷15 .

, 10÷50



4.4.1.

Установка позволяет измерять:

- 1.
- 2.

4.4.2.2 Параметры установки

1)

ε

$\varepsilon(\lambda)$

$$= \text{Const } I(\lambda) d\lambda$$

$$= \text{Const } I(\nu) d\nu,$$

(4.4.1)

, $I(\lambda)$ $I(\nu)$.

2) $\lambda(\theta)$ (2.2, 2.4), $\lambda(\theta)$.

3) $(K(\lambda), K(\lambda))$, $K(\lambda)$, $K(\lambda)$. 4.4.1, S , $K(\lambda)$.

, λ : , -
 (. 4.1.3, 4.1.4, .7, 9). (λ) -
 , . . . , -
 , . . . -
 . 1 , -
 , -
 , , -
 , -
 - , -
 - , -
 , . . . -

1

, - :
 , (, . . . -) -
 , - , -
 . " / -
 (. . . , 1981, 526 .): ; -
 , , -
 , -
 , (, -) -
 , -
), 20 , -
 , .

λ
(4.4.3)

[4].

4.4.3

(600°),

- 1)
- 2) (),
- 3) 2- -

4.4.4

(_____) λ.

$$dI_b(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{S}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1} d\lambda, \quad (4.4.2)$$

— , S —

.

:

$$dI_b(\nu) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{S}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} d\nu, \quad (4.4.2)$$

—

, 2π

:

$$d\Phi_b(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{S}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1} d\lambda \quad (4.4.3)$$

$$d\Phi_b(\nu) = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \frac{S}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} d\nu \quad (4.4.3)$$

(4.4.3)

(4.4.2) —

(4.4.2) – (4.4.3)

коэффициентом черноты $\varepsilon(\lambda, T)$ вне коэффициента серости ρ , α и τ .

$$0 = \dots + \dots = (\rho + \alpha + \tau) \dots \quad (4.4.4)$$

(4.4.4)

α τ ρ , $\rho + \alpha + \tau = 1$.

закону Кирхгофа,

$\alpha(\lambda, T)$

1

R -

$$I(\lambda) = I_0 \cdot (1-R) \cdot \exp(-Kx),$$

$l \geq 1$;

$$\alpha = 1 - \tau - \rho; \quad \tau \approx (1-R)^2 \exp(-Kl); \quad \rho \approx R[1 + (1-R)^2 \exp(-2Kl)].$$

$$\varepsilon(\lambda, T) = \alpha(\lambda, T) + \rho(\lambda, T) \quad (4.4.5)$$

где ρ — коэффициент отражения, α — коэффициент поглощения. Для непрозрачных тел $\rho = 0$, $\alpha = 1$. Для полупрозрачных тел $\rho > 0$, $\alpha < 1$. Например, для стекла $\rho \approx 0,05$, $\alpha \approx 0,3$.

$$\tau \approx (1 - \rho) \alpha \lambda^{-1} \quad (4.4.6)$$

где τ — коэффициент прозрачности. Для непрозрачных тел $\tau = 0$. Для полупрозрачных тел $\tau > 0$. Например, для стекла $\tau \approx 0,65$. Для прозрачных тел $\tau > 0$, $\alpha = 0$. Например, для воздуха $\tau \approx 0,999999$, $\alpha \approx 0$.

$$\rho(\lambda, T) + \alpha(\lambda, T) = 1 \quad (4.4.7)$$

где $\rho \approx \text{Const}$, $\alpha \approx \text{Const} < 1$. Например, для непрозрачных тел $\rho \approx 0$, $\alpha \approx 1$. Для полупрозрачных тел $\rho \approx 0,05$, $\alpha \approx 0,3$. Для прозрачных тел $\rho \approx 0,999999$, $\alpha \approx 0$.

Закон Стефана-Больцмана

$$P = S \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4 \quad (4.4.2)$$

$$P = S \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4 \quad (4.4.6)$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}^4 \quad (4.4.3)$$

(4.4.3) λ — длина волны излучения. закон смещения Вина:

$$\lambda_{\max} \left[1 - \exp\left(-\frac{hc}{\lambda_{\max} kT}\right) \right] = \frac{1}{5} \frac{hc}{kT}. \quad (4.4.7)$$

(4.4.7)

$$\lambda_{\max} \approx \frac{1}{5} \frac{hc}{kT} = \frac{2,898}{T} \left[\frac{\text{cm} \cdot \text{K}}{\text{K}} \right]. \quad (4.4.8)$$

(4.4.8)

$\exp(-5) < 0,007$.

-
- 1 . . . " CVD- ", , 49 (2007), 4, . 621-626.
 - 2 . . . , 1974.
 - 3 . . . , 1986.
 - 4 . . . " , ; , 2007.