

Worthing i Forsythe podali wzór na moc p_k , która jest niezbędna do uzyskania temperatury T_k na 1 cm^2 katody wolframowej w próżni. Wzór ten, przedstawiony w postaci logarytmicznej, jest następujący:

$$\lg p_k = 3,68 (\lg T_k - 3,3) - \frac{1040}{T_k} + 1,9. \quad (\text{I},12)$$

Wartości p_k w W/cm^2 dla temperatur T_k w zakresie od 1700 do 2800°K podane są w tablicy I,2.

Ponieważ katoda przedstawia oporność rzeczywistą, zatem moc żarzenia oblicza się wprost jako iloczyn stałych lub skutecznych wartości prądu i napięcia

$$P_k = U_k I_k, \quad (\text{I},13)$$

zaś oporność katody jako

$$R_k = \frac{U_k}{I_k}. \quad (\text{I},14)$$

Oporność ta nie jest jednak wielkością stałą, zależy bowiem od temperatury, a więc jest funkcją U_k lub I_k . Dla stosowanych katod oporność rośnie wraz z temperaturą. Tak np. oporność katody wolframowej, nagrzanej do temperatur normalnie stosowanych, jest kilkunastokrotnie większa aniżeli w stanie zimnym.

Katoda jako źródło elektronów. Ponieważ katoda służy za źródło elektronów, jest więc oczywiste, iż żąda się od niej — przy jak najmniejszym zużyciu energii żarzenia P_k — jak największego prądu emisyjnego I_{ec} . Miara wykorzystania katody pod tym względem jest wielkość

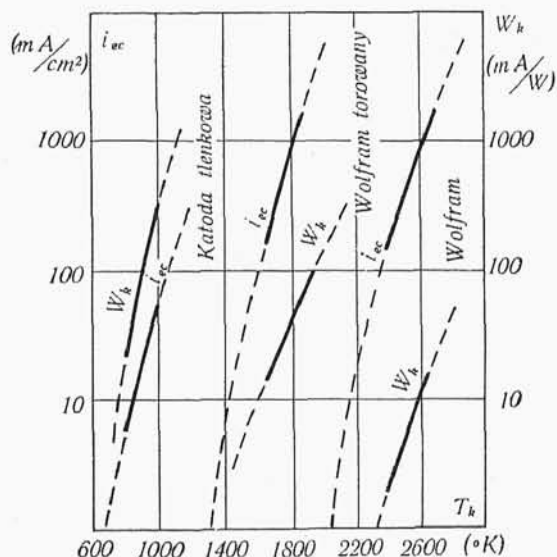
$$W_k = \frac{I_{ec}}{P_k}; [W_k] = (\text{mA/W}) \quad (\text{I},15)$$

zwana wydajnością katody. Wydajność katody pokazuje, jakie natężenie prądu emisyjnego całkowitego otrzymujemy na jednostkę mocy żarzenia. Wstawiając (I,6) i (I,10) do (I,15), otrzymujemy,

$$W_k = A_0 \frac{T_k^2 e^{-\frac{B_0}{T_k}}}{f_1(T_k)} = \varphi(T_k). \quad (\text{I},16)$$

Dla danego materiału katody (danych A_0 i B_0), wydajność katody jest funkcją jedynie temperatury.

Rys. I.4 przedstawia (w skali logarytmicznej) krzywe, wyrażające emisję właściwą i_{ec} (tj. prąd emisyjny całkowity z 1 cm^2 katody) oraz wydajność katody W_k w zależności od temperatury T_k dla trzech rodzajów materiału katody: wolframu, wolframu torowanego i tlenków.



Rys. I.4.

Jak widać z rysunku, wydajność rośnie szybko z temperaturą, z czego wynika wniosek, iż tym bardziej ekonomicznie — jako źródło elektronów — będzie pracować katoda, im wyższa będzie jej temperatura. Wykorzystanie tego w praktyce nie nasuwałoby żadnych zastrzeżeń, gdyby nie wchodziła tu w grę trwałość katody, zmniejszająca się ze wzrostem temperatury wskutek parowania materiału katody oraz wskutek innych przyczyn. Wybór takiej lub innej wydajności katody, pociągający za sobą mniejszą lub większą trwałość lampy, uwarunkowany jest przede wszystkim względami natury eksploatacyjnej. Najkorzystniejsza wydajność katody wynika tu z kompromisu między kosztem lampy, a kosztem energii żarzenia.

Materiały stosowane na katody. W technice budowy lamp elektronowych stosuje się dziś jako materiały na powierzchnię emitującą przeważnie wolfram, tor, bar oraz tlenki metali ziem alkalicznych (baru, strontu, wapnia itd.).

Katoda wolframowa. Katoda wolframowa wykonywana bywa zazwyczaj jako drut ciągniony (o strukturze krystalicznej) z wol-

framu^{*)} (z niewielką domieszką tlenków toru i cyrkonu w celu polepszenia własności mechanicznych i lepszej obróbki) o średnicy od kilku setnych *mm*, aż do paru *mm* (w lampach wielkiej mocy). Stosowana wydajność katody zawiera się w granicach od kilku do kilkunastu *mA/W*; średnio — w lampach nadawczych — waha się około 5 *mA/W*. Wydajnościom tym odpowiada temperatura katody od 2400 do 2700°K przy trwałości kilku tysięcy godzin. Niektóre dane dla katody wolframowej o długości l_k i średnicy δ_k zawiera tablica I,2.

TABLICA I,2.

Dane charakterystyczne katody wolframowej.

T_k	P_k	i_{ec}	W_k	$\frac{U_k \delta_k^{1/2}}{I_k}$	$\frac{I_k}{\delta_k^{3/2}}$	ρ_k	M
°K	W/cm ²	mA/cm ²	mA/W	V/cm ^{1/2}	A/cm ^{3/2}	μΩ cm	g/cm ² sek.
1700	10,6	0,007	0,0007	0,0445	747	46,7	0,42·10 ⁻¹⁶
1800	14,2	0,045	0,0032	0,0533	836	50,5	0,95·10 ⁻¹⁵
1900	18,6	0,23	0,012	0,0630	927	53,3	1,47·10 ⁻¹⁴
2000	24,0	1,00	0,042	0,0738	1020	56,7	1,75·10 ⁻¹³
2100	30,5	3,92	0,128	0,0856	1120	60,1	1,58·10 ⁻¹²
2200	38,2	13,3	0,348	0,0984	1215	63,5	1,25·10 ⁻¹¹
2300	47,2	40,7	0,875	0,1124	1320	66,9	0,78·10 ⁻¹⁰
2400	57,7	116	2,01	0,1275	1420	70,4	0,44·10 ⁻⁹
2500	69,7	298	4,26	0,1436	1525	74,0	2,02·10 ⁻⁹
2600	83,7	717	8,55	0,1611	1630	77,5	0,88·10 ⁻⁸
2700	99,6	1630	16,4	0,1797	1740	81,0	3,2 ·10 ⁻⁸
2800	118	3540	30,1	0,1995	1850	83,5	1,14·10 ⁻⁷

Katoda torowa. Katodę torową otrzymuje się przez wytworzenie bardzo cienkiej warstwy toru na jakimś podłożu metalowym, zazwyczaj wolframowym, (tzw. wolfram torowany). Warstwę tę otrzymuje się drogą pewnych procesów fizyko-chemicznych przez dodanie do materiału podłoża pewnej domieszki tlenku toru (parę %), który następnie redukuje się na tor. Redukcję tę osiąga się przez krótkotrwale (1 do 2 min.) ogrzanie katody do temperatury ponad 2800°K, podczas czego następuje rozkład zawartego w katodzie tlenku toru (tlen łączy się z wolframem). Następnie, przez ogrzewanie katody w temp. 2000—2200° K, uzyskuje się dyfuzję toru na powierzchnię (tzw. aktywacja czyli for-

^{*)} Gęstość ok. 19; punkt topliwości ok. 3660°K; współcz. rozszerzalności liniowe ok. $4,7 \cdot 10^{-6}$ na 1°C.

mowanie katody), który daje tu bardzo cienką (jednoatomową) warstwę czynną. Warstwa ta naogół nie pokrywa jednolicie całej powierzchni drutu lecz tworzy rodzaj wysp, stosunek powierzchni których do powierzchni całego podłoża wyraża się tzw. współczynnikiem pokrycia Θ , będącym funkcją temperatury (tablica I,3). W niższych temperaturach, współczynnik ten jest — dla katody zaktwowanej — równy prawie jedności; ze wzrostem temperatury — maleje.

TABLICA I,3.

Dane charakterystyczne katody torowanej.

P_k	T_k	Θ	i_{ec}	W_k	τ_k	Re- dukcja	Dyfuzja	Paro- wanie	Akty- wacja	Zakres
W/cm^2	$^{\circ}K$		mA/cm^2	mA/W	godz.					
3,82	1400	0,9998	3,12	0,8	—	nie zacho- dzi	nie zacho- dzi	nie zacho- dzi	nie zacho- dzi	pracy
7,75	1600	0,995	81	10,5	—	nie zacho- dzi	nie zacho- dzi	nie zacho- dzi	nie zacho- dzi	pracy
14,2	1800	0,96	772	54	720000	nie zacho- dzi	rośnie z tem- pera- turą	bardzo słabe	rośnie z tem- pera- turą	akty- wacji
18,6	1900	0,92	1590	85	94000	nie zacho- dzi	rośnie z tem- pera- turą	bardzo słabe	rośnie z tem- pera- turą	akty- wacji
24,0	2000	0,87	2890	120	15100	nie zacho- dzi	rośnie z tem- pera- turą	bardzo słabe	rośnie z tem- pera- turą	akty- wacji
30,5	2100	0,78	3430	110	2900	nie zacho- dzi	rośnie z tem- pera- turą	bardzo słabe	rośnie z tem- pera- turą	akty- wacji
38,2	2200	0,55	1240	32	650	nie zacho- dzi	silna	silne	bardzo szybka	akty- wacji
47,2	2300	0,14	114	2,5	165	nie zacho- dzi	silna	silne	bardzo szybka	akty- wacji
57,7	2400	0,06	168	—	50	nie zacho- dzi	silna	silne	bardzo szybka	akty- wacji
69,7	2500	0,035	357	—	15	słaba	silna	silne; prze- waża nad dyfuz.	dezakty- wacja	de- zakty- wacji
83,7	2600	0,021	774	—	5	słaba	silna	silne; prze- waża nad dyfuz.	dezakty- wacja	de- zakty- wacji
118	2800	0,009	3480	—	0,75	silna	silna	bardzo silne	—	re- dukcji
160	3000	0,004	13500	—	0,15	silna	silna	bardzo silne	—	re- dukcji

Użytkowanie katody odbywa się w takiej temperaturze, w której emisja jest już dostatecznie duża, natomiast Θ nie wiele jest jeszcze mniejsze od jedności. Temperatura maksymalna (dla środkowej części katody) nie powinna przekraczać $1900^{\circ}K$. Daje to średnio na W_k wartości od 30 do 50 mA/W , (dla środkowego odcinka katody $W_k = 75 mA/W$). W tych warunkach — w ustalonym stanie równowagi, — tor parujący z powierzchni zostaje uzupełniony przez dyfundujące z wnętrza katody nowe jego atomy, w ten sposób, iż pokrycie Θ pozostaje dla danej temperatury stałe, aż do wyczerpania się całego zapasu zredukowanego toru. Poza tym strata emisji (dezaktywacja) może nastąpić wcześniej, np. pod wpływem pewnych reakcji chemicznych, które ew. zajdą między powierzchnią katody, a gazami w lampie.

Często powierzchnię katody torowanej poddaje się procesowi tzw. karburyzacji, polegającemu na traktowaniu powierzchni katody

dwutlenkiem węgla, dzięki czemu warstwa toru staje się bardziej trwała. Zmniejsza się przy tym stała B_0 , tak, iż wydajność katody dochodzi tu do 100 mA/W .

Katody tlenkowe. Katody tlenkowe otrzymuje się przez nakładanie, jednym z wielu sposobów, związków (wodorotlenków, węglanów lub tp.) metali ziem alkalicznych (strontu, baru itd.) — pomieszanych z pewnymi substancjami wiążącymi (jak np. żywica, parafina) — na rdzeń (druć lub wstążkę) platynowo-irydowy, osmowo-wolframowy, molibdenowy, nikłowy itp. Po nałożeniu jednej lub kilku warstw usuwa się substancje wiążące drogą wyżarzania, a następnie poddaje się katodę odpowiednim procesom elektrotermicznym.

Katody tlenkowe są bardzo wrażliwe na wszelkie reakcje chemiczne; wynikają stąd pewne trudności podczas fabrykacji (konieczność uzyskania bardzo dobrej próżni), zaś podczas użytkowania katody grozi łatwa strata emisji, w razie przegrzania elektrod i wydzielenia z nich gazów okludowanych. Temperatura pracy katod tlenkowych wynosi $1100 \div 1200^\circ \text{K}$; wydajności katody osiągają tu wartości $50 \div 120 \text{ mA/W}$, przy emisji paruset mA/cm^2 . Trwałość katody, będąca rzędu paru tysięcy godzin, zależy od rodzaju fabrykatu (materiał, próżnia) oraz od warunków użytkowania lampy.

Katody barowe. Ostatnio coraz większe zastosowanie znajduje katoda barowa, utworzona przez osadzenie baru lub jego związków na rdzeniu metalowym. Rdzeń wykonany bywa np. z wolframu, z którego zewnętrzną warstwą (utlenioną) wiążą się pary związków baru, tworząc warstewkę czynną. Osadzanie baru osiąga się przez nagrzewanie (prądami wirowymi) płytki, na którą nałożone są związki baru, a która znajduje się w pobliżu rdzenia katody *). Wydajność katody *barowej dochodzi do 150 mA/W przy dużej trwałości. Temperatura pracy ok. 1000°K .

Trwałość katody. Ścisłe określenie trwałości katody napotyka na pewne trudności. Niemniej jednak trwałością nazwiemy czas τ_k , w ciągu którego katoda zachowuje własności emisyjne, potrzebne do prawidłowej pracy lampy elektronowej **). Dla katody jednorodnej (w próżni doskonałej) trwałość zależna będzie tylko od szybkości, z jaką odbywa się parowanie materiału katody w danej temperaturze,

*) Stosuje się tu tzw. termity barowe (np. tlenek baru z glinem w rurce miedzianej lub nikłowej), które rozgrzane spalają się, napyłając rdzeń katody.

**) Częstokroć przyjmuje się za trwałość katody wolframowej ten przeciąg czasu, w którym średnica drucika katody zmniejsza się o 10% swej wartości początkowej (doświadczenie pokazuje, że wkrótce po tym drut katody ulega już pękaniu).

gdyż powoduje ono zmniejszanie się ilości materiału katody, a przez to czynnej jej powierzchni.

Co się tyczy szybkości parowania materiału katody — niektóre dane dla katody wolframowej zawiera tablica I,2; w rubryce M podana jest tam masa (g) metalu, parującego z 1 cm^2 powierzchni katody w ciągu sekundy, w funkcji temperatury T_k . Dane te pozwalają poniekąd zdać sobie sprawę z trwałości katody wolframowej (o przekroju kołowym) dla różnych średnic drutu δ_k i przy różnych wydajnościach katody W_k (różnych temperaturach). Odpowiednie liczby, potwierdzone materiałem doświadczalnym, podaje tablica I,4. Wynika stamtąd, iż

Trwałość katody wolframowej (w tysiącach godzin).

δ_k (cm)	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,03	0,04	0,05
W_k (mA/W)								
2	3	9	10					
3	1	3	6,5	10				
4	0,5	1,4	3	5	8	10		
5	0,3	0,8	1,7	3	5	7	10	
6	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	4,5	9	10
7	0,15	0,35	0,7	1,2	2,0	3	5,1	9
8		0,25	0,5	0,9	1,4	2,2	4	7
9		0,2	0,35	0,7	1,0	1,6	3	5
10		0,15	0,3	0,5	0,8	1,2	2,4	4
12			0,25	0,3	0,5	0,8	1,4	2,5
16					0,25	0,35	0,7	1,2

trwałość τ_k jest tym większa, im większa jest średnica δ_k , bowiem ze wzrostem δ_k szybciej rośnie masa metalu (z drugą potęgą δ_k) niż powierzchnia (z pierwszą potęgą δ_k).

Dla katod niejednorodnych, a więc takich jak torowe, barowe lub tlenkowe, trwałość zależy od zawartości materiału czynnego w katodzie (katody torowe) oraz od szybkości jego parowania (katody torowe i barowe) lub też od stanu próżni i mechanicznej wytrzymałości warstwy czynnej (katody tlenkowe).

Obliczenie katody. Obliczenie katody opiera się na znajomości pewnych własności materiału katody, określonych doświadczalnie dla różnych temperatur. Głównymi takimi własnościami (niezmiennikami) są: emisja elektronowa, oporność oraz trwałość katody. Znając zależność tych wielkości od temperatury, możemy obliczyć szereg innych

własności w założeniu, że drucik katody jest prostoliniowy i dostatecznie długi (w stosunku do średnicy) zaś próżnia jest doskonała.

Moc P_k , doprowadzona do katody o długości l_k i średnicy δ_k , zgodnie ze wzorem (I,10), jest:

$$P_k = U_k I_k = \pi \delta_k l_k f_1(T_k). \quad (\text{I},17)$$

Z (I,17) możemy otrzymać wyrażenie

$$\frac{U_k I_k}{l_k \delta_k} = \pi f_1(T_k), \quad (\text{I},18)$$

które zależy tylko od temperatury katody.

Podobnie, funkcją tylko temperatury jest oporność właściwa materiału katody

$$\rho_k = f_2(T_k), \quad (\text{I},19)$$

a przeto oporność katody w danej temperaturze

$$R_{kT} = \frac{U_k}{I_k} = \rho_k \frac{4 l_k}{\pi \delta_k^2} \quad (\text{I},20)$$

jest funkcją temperatury, czyli wyrażenie

$$\frac{\delta_k^2}{l_k} \frac{U_k}{I_k} = \frac{4}{\pi} f_2(T_k) \quad (\text{I},21)$$

zależy tylko od temperatury.

Mnożąc (I,18) przez (I,21), otrzymamy

$$U_k \frac{\delta_k^{1/2}}{l_k} = \varphi_1(T_k) \quad (\text{I},22)$$

Dzieląc zaś (I,18) przez (I,21), określimy

$$\frac{1}{\delta_k^{3/2}} I_k = \varphi_2(T_k). \quad (\text{I},23)$$

Prąd emisyjny całkowity z katody o wymiarach l_k i δ_k w danej temperaturze T_k , zgodnie ze wzorem (I,6), jest funkcją temperatury:

$$I_{ec} = \pi \delta_k l_k f_3(T_k) \quad (\text{I},24)$$

zatem wydajność katody

$$W_k = \frac{I_{ec}}{P_k} = \frac{\pi \delta_k l_k}{\pi \delta_k l_k} \frac{f_3(T_k)}{f_1(T_k)} = \varphi_3(T_k) \quad (\text{I,25})$$

zależy również wyłącznie od temperatury.

Zależności (I,19), (I,22), (I,23) oraz (I,25) dla katody wolframowej zostały podane w tablicy I,2.

Eliminując δ_k z (I,22) i (I,23), otrzymamy wyrażenie:

$$\varphi_1^3(T_k) \cdot \varphi_2(T_k) = \frac{U_k^3 I_k}{l_k^3} = f(T_k), \quad (\text{I,26})$$

które nie zależy od δ_k ; zatem dla utrzymania stałej temperatury katody (pomimo parowania katody, tj. zmniejszania się jej średnicy) należałoby utrzymywać stałą wartość wyrażenia (I,26).

Co się tyczy trwałości τ_k katody — jak już było powiedziane — jest ona zależna od δ_k oraz W_k , a więc

$$\tau_k = f(\delta_k, W_k). \quad (\text{I,27})$$

Z doświadczenia z katodami wolframowymi, dla których $l_k \geq 300 \delta_k$, wynika, że między τ_k a W_k istnieje zależność

$$\left(\frac{\tau_k'}{\tau_k''} \right) \approx \left(\frac{W_k''}{W_k'} \right)^{2,6}. \quad (\text{I,28})$$

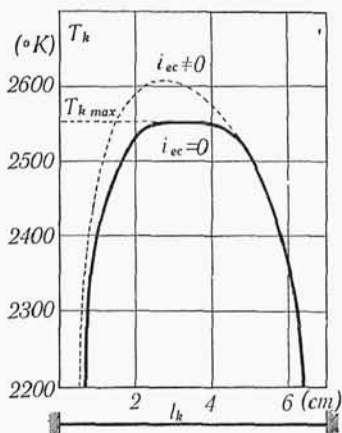
Tablica I,5 zawiera orientacyjne wartości prądu żarzenia I_k (dla normalnie przyjmowanej wydajności $W_k = 5 \text{ mA/W}$) w zależności od średnicy δ_k katody wolframowej.

TABLICA I.5.
Normalny prąd żarzenia katody wolframowej.

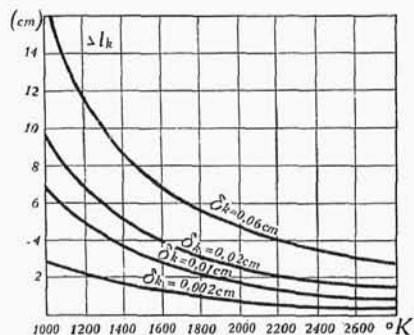
δ_k	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	cm
I_k	0,5	1,5	4	8	11	16	20	A

Skuteczna powierzchnia katody. Temperatura katody, wskutek ostygnięcia zamocowanych jej końców, nie jest równomierna na całej długości (rys. I,5). Stosując wzory na emisję, należy przeto wprowadzić odpowiednią poprawkę, np. przez zredukowanie rzeczywistej długości

katody l_k do wartości $l_k' = l_k - \Delta l_k$, odpowiadającej już równomiernej na całej długości temperaturze maksymalnej $T_{k \max}$. Wartości takiej poprawki Δl_k dla różnych średnic katody podane są (wg. Worthing'a) w postaci wykresu na rys. I.6. (W przypadku katod nieprostolinijnych,



Rys. I.5.

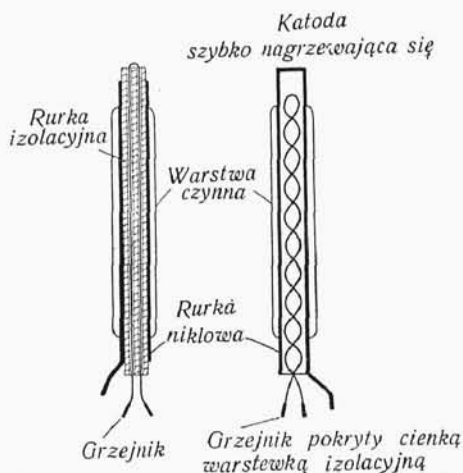


Rys. I.6.

np. kształtu litery V lub M, wewnętrzne części katody, jako zacienione częściowo przez inne jej części, biorą mniejszy udział w emisji, dając również pozorne zmniejszenie się skutecznej powierzchni katody).

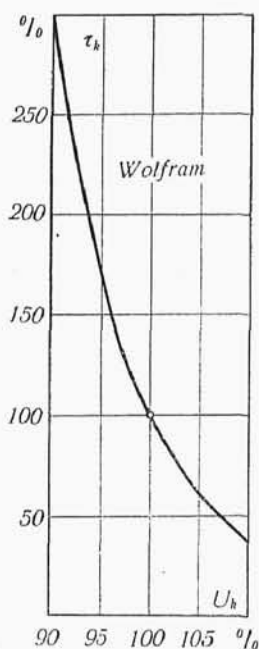
Zasilanie katod. Rozróżniamy katody o żarzeniu bezpośrednim i pośrednim. Przy żarzeniu bezpośrednim prąd żarzenia przepływa wprost przez drut katody, której powierzchnia jest powierzchnią czynną (emitującą). Przy żarzeniu pośrednim prąd zasila grzejnik, który dopiero przez przewodnictwo (lub promieniowanie) nagrzewa właściwą katodę (rys. I.7 i fot. I.1).

Katody mogą być zasilane przy stałym prądzie lub przy stałym napięciu, w zależności od tego co jest podczas użytkowania lampy kontrolowane i utrzymywane na stałej wartości: prąd czy napięcie.



Rys. I.7.

Dla katod żarzonych bezpośrednio, których trwałość określona jest średnicą drutu katody, zasilanie przy $I_k = \text{const.}$ powoduje skrócenie trwałości, gdyż dla utrzymania stałego I_k należy — wraz ze zmniejszaniem się średnicy — zwiększać

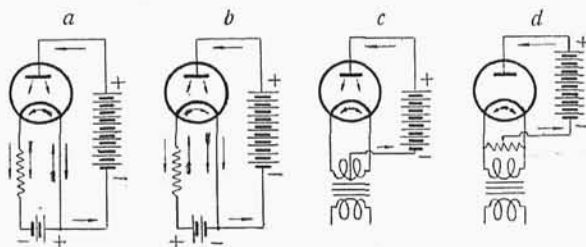


Rys. I,9.

U_k , a przeto katoda pracuje przy coraz to wyższej temperaturze. Przy zasilaniu przy $U_k = \text{const.}$ temperatura — przeciwnie — nieco maleje. Ten ostatni sposób zasilania znajduje obecnie prawie wyłączne zastosowanie.

Co się tyczy wpływu niewielkich zmian żarzenia, (np. napięcia U_k) na trwałość katody wolframowej, wpływ ten w otoczeniu stosowanych temperatur jest znaczny, jak to pokazuje wykres (rys. I,9), przedstawiający zależność procentowych zmian trwałości τ_k od procentowych zmian napięcia żarzenia U_k . Widać z rysunku, iż 5% zmiana U_k daje mniej więcej dwukrotną zmianę trwałości.

W odniesieniu do zewnętrznego obwodu anodowego drut katody żarzonej bezpośrednio odgrywa rolę przewodnika, przez który przepływa prąd anodowy, dodając się lub odejmując od właściwego prądu żarzenia, jak to przedstawia rys. I,10. (a i b — przy zasilaniu prądem sta-

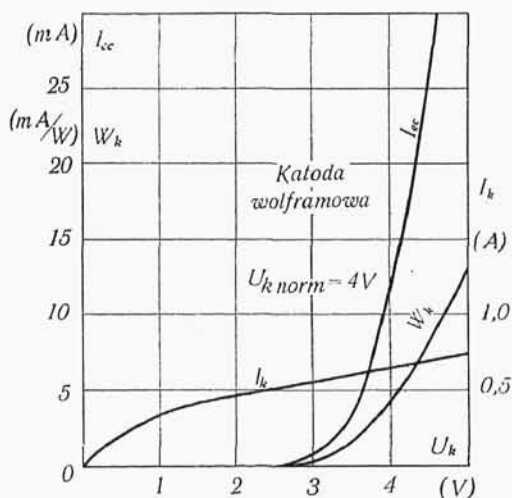


Rys. I,10.

łym, przy różnych połączeniach opornika żarzenia, c i d — przy zasilaniu prądem zmiennym). Z wpływem tym należy się liczyć ze względu na zależność trwałości katody od niewielkich zmian jej stanu żarzenia.

Np. układ *b* (rys. I,10). jest bardziej niekorzystny niż *a*, gdyż w prawej części katody mamy znaczne zwiększenie temperatury wskutek dodawania się prądu I_a do I_k . Przy żarzeniu katody prądem zmiennym bezpośrednio, najdogodniej jest dołączyć obwód anodowy do środka transformatora (rys. I,10 *c*), lub też wytworzyć sztuczny środek przy pomocy oporowego dzielnika napięcia (rys. I,10 *d*).

W dużych lampach nadawczych — w przypadku zasilania prądem stałym — stosuje się okresowe (np. co tydzień) zmienianie kierunku prądu żarzenia przez przełączenie końców drutu katody.



Rys. I,11.

Charakterystyki katody. Charakterystykami katody (rys. I,11) nazywamy krzywe zależności prądu żarzenia I_k oraz prądu emisyjnego całkowitego I_{ec} od napięcia żarzenia U_k (wzgl. prądu żarzenia I_k):

$$I_k = f(U_k) \quad \text{wzgl.} \quad U_k = f(I_k); \quad (\text{I,29})$$

$$I_{ec} = f(U_k) \quad \text{wzgl.} \quad f(I_k). \quad (\text{I,30})$$

Z tych dwóch zależności określamy krzywą wydajności katody W_k w funkcji napięcia żarzenia U_k (wzgl. prądu żarzenia I_k) jako

$$W_k = f(U_k) \quad \text{wzgl.} \quad f(I_k). \quad (\text{I,31})$$

Zależność (I,31) pozwala określić normalne warunki pracy (np. normalne U_k) katody, dla której materiału znana jest normalnie przyjmowana wydajność W_k .

Przykłady.

1. Obliczyć wielkość pracy wyjścia elektronów z wolframu.
— Ze wzoru (I,5 a), przyjmując $B = 52500$, obliczamy

$$\Phi = 8,62 \cdot 10^{-5} \cdot 52500 \simeq 4,5 \text{ V}$$

2. Obliczyć prąd emisyjny całkowity z katody wolframowej o długości $l_k = 7,5 \text{ cm}$, średnicy $\delta_k = 0,1 \text{ mm}$, nagrzanej do temperatury $T_k = 2435^\circ \text{ K}$ (nie uwzględniając ostygnięcia końców).

— Powierzchnia katody $s_k = \pi \delta_k l_k = \pi \cdot 0,01 \cdot 7,5 = 0,235 \text{ cm}^2$.

Wzór Dushman'a (I,6) daje przy $B_0 = 52500$

$$I_{ec} = 60,2 \cdot 10^3 \cdot 0,235 \cdot 2435^2 \cdot e^{-\frac{52500}{2435}} \simeq 35 \text{ mA}$$

3. Obliczyć wpływ wyciągającego działania napięcia anodowego $U_a = 1000 \text{ V}$ przy średnicy anody $2r_a = 4 \text{ cm}$. dla katody z przykładu 2.

— Ze wzoru (I,9) obliczamy

$$b = \frac{2}{0,01 \cdot 2,3 \lg \frac{4}{0,01}} \simeq 33.$$

Wzór (I,8) daje

$$B_0' = 52500 - 4,39 \sqrt{33 \cdot 1000} \simeq 51800.$$

Odpowiada temu $I_{ec} \simeq 47 \text{ mA}$.

4. Obliczyć moc potrzebną do utrzymania na katodzie z przykładu 2. temperatury $T_k = 2435^\circ \text{ K}$.

— Ze wzoru (I,12), albo z tablicy I,2 dla $T_k = 2435^\circ \text{ K}$ znajdujemy $p_k = 62 \text{ W/cm}^2$.

Zatem

$$P_k = p_k \cdot s_k = 62 \cdot 0,235 = 14,5 \text{ W}.$$

5. Obliczyć wydajność katody z przykładu 2.

— Ze wzoru (I,15) mamy wprost:

$$W_k = \frac{35}{14,5} = 2,4 \text{ mA/W}.$$

Porównyując obliczoną wydajność z danymi tablicy I,2, zauważymy, że odpowiada ona istotnie temperaturze $T_k = 2435^\circ \text{ K}$.

6. Zaprojektować katodę wolframową o emisji $I_{ec} = 250 \text{ mA}$ przy trwałości $\tau_k = 3000 \text{ godz.}$ Katoda prostolinijna o długości $l_k = 7 \text{ cm}$.

— Z tablicy I,4 dla $\tau_k = 3000$ godz. znajdujemy zależność między δ_k a W_k . Obliczamy: powierzchnię $s_k = 7 \pi \delta_k$, moc żarzenia $P_k = \frac{250}{W_k}$, moc na 1 cm^2 $p_k = \frac{P_k}{s_k}$ i zestawiamy wyniki w tabliczkę:

δ_k	0,015	0,02	0,025	0,03	cm
W_k	4	5	6	7	mA/W
s_k	0,33	0,44	0,55	0,66	cm
P_k	62,5	50	42	36	W
p_k	190	114	75	54	W/cm ²

Ponieważ wynikający z tablicy I,2 związek między W_k i p_k jest:

W_k	4	5	6	7	mA/W
p_k	67	71	75	78	W/cm ²

przeto wnioskujemy, że szukana wydajność winna wynosić $W_k \cong 6 \text{ mA/W}$, a więc przyjmujemy $\delta_k = 0,025 \text{ cm}$, czemu odpowiada

$$i_{ec} = \frac{255}{0,55} = 455 \text{ mA/cm}^2.$$

Z tablicy I,2 znajdujemy $T_k = 2535^\circ \text{K}$.

Dla tej temperatury mamy niezmienniki:

$$\frac{U_k \delta_k^{1/2}}{I_k} = 0,1495; \quad \frac{I_k}{\delta_k^{3/2}} = 1565,$$

skąd

$$U_k \cong 6,6 \text{ V}, \quad I_k \cong 6,2 \text{ A}.$$

Oporność katody (w stanie gorącym): $R_{kT} = \frac{6,6}{6,2} = 1,06 \Omega$.