Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

50X1-HUM

Page Denied

Next 16 Page(s) In Document Denied

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

B 9

BLITZLICHTRÖHREN FÜR KURZZEITPHOTOGRAPHIE

I. S. Marschak

Labor für Blitzlichtröhren des Moskauer Glühlampenwerkes

Zusammenfassung

Es wird eine Typenreihe von in der UdSSR entwickelten Röhren- und kugelförmigen Xenonblitzlampen für Kurzzeitphotographie und Hochfrequenzkinematographie behandelt. Grenzwerte, Kennziffern für Normalbetrieb und Aufbaudaten sowie die wesentlichen Eigenheiten bei der Verwendung dieser Lampen werden angegeben.

I. In der UdSSR hergestellte Blitzlampen

Impulslichtquellen mit einer Kurzzeitleistung bis zu einigen Megawatt und einem Lichtstrom bis zu mehreren 10^7 Lumen stellen das vollkommenste Beleuchtungsmittel für Kurzzeitphotographie dar, für die diese Lichtquellen entwickelt wurden. Mit der Entwicklung mannigfaltiger Verwendungsgebiete der Kurzzeitphotographie, die unterschiedliche Beleuchtungsgrade, Expositionszeiten, Bildfrequenzen usw. erfordern, wurde in den letzten Jahren in mehreren Ländern eine große Reihe von Blitzröhren-Typen mit verschiedenen Kennziffern entwickelt. Bisher ist jedoch sogar im Rahmen einzelner Länder noch keinerlei Normung von Lampen-

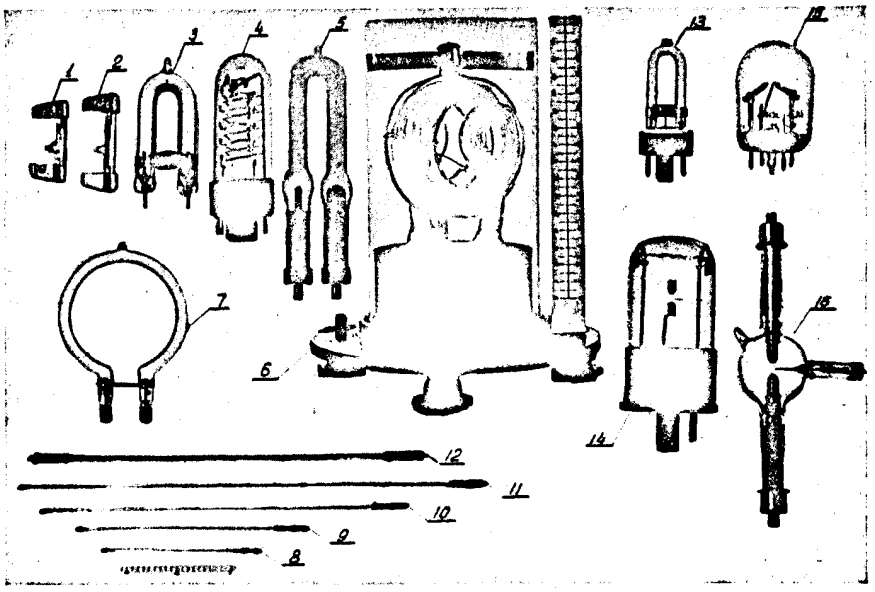

Abb. 1 - Von der sowjetischen Industrie hergestellte Blitzlichtlampen.
1 = ИФК 20, 2 = ИФК 50, 3 = ИФК 120, 4 = ИФК 500, 5 = ИФК 2000, 6 = ИФК 20000, 7 = ИФБ 300, 8 = ИФП 200, 9 = ИФП 500, 10 = ИФП 1500, 11 = ИФП 4000, 12 = ИФП 15000, 13 = ИСТ 10, 14 = ИСШ 15, 15 = ИСШ 100, 16 = ИСШ 500.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

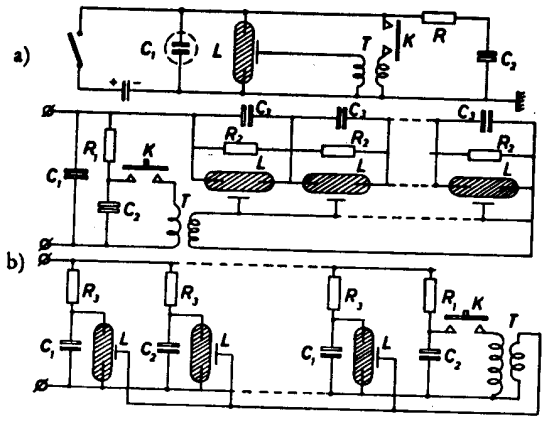

Abb. 2 - Einfachste Schaltungen der Blitzlichtlampen

a) Schaltung einer einzelnen Lampe
b) Schaltung einer Lampengruppe.

typen erzielt worden, und solche Tagungen wie die gegenwärtige sollen dazu beitragen, die zweckmäßigsten Typenreihen auszuarbeiten.

In der UdSSR wurden bisher etwa fünfzehn Lampentypen entwickelt, die nach unserer Meinung bei der Ausarbeitung einer genormten Typenreihe zugrunde gelegt werden können.

Die hauptsächlichen Kennziffern dieser Lampen sind in Tafel 1, ihr Aussehen in Bild 1 und die einfachsten Schaltungen in Bild 2 wiedergegeben.

Alle Lampentypen sind in zwei Hauptgruppen unterteilt, und zwar in Photobeleuchtungslampen (mit der Bezeichnung „Φ") und Lampen für stroboskopische Zwecke (mit der Bezeichnung „C"). Die erste Gruppe dient hauptsächlich für Blitze mit niedriger Frequenz (Pause > 1 sec) und die zweite Gruppe für höhere Blitzfrequenz (Pause < 1 sec).

II. Hauptkennziffern

Die Kennziffern der Blitzlampen sind in folgende drei Gruppen unterteilt:

1. Aufbaudaten,
2. Grenzwerte,
3. Kennziffern für Normalbetrieb

Es ist zweckmäßig, in die erste Gruppe der Aufbaudaten außer Form und Abmessung des Leuchtkörpers auch den Widerstand des Entladungskanals, sobald dieser den inneren Röhrenquerschnitt ausfüllt, einzuschließen. Das Plasma der Impulsentladung hat einen fast konstanten spezifischen Widerstand $\varrho \cong 0{,}02$ Ohm.cm [1]*). Folglich ist der Entladungswiderstand

*) Bei sehr hohen, für die Lampen ИСШ bezeichnenden Gradienten nimmt ρ bis etwa 0,005 —0,01 Ohm.cm ab.

Tafel 1

Lfd. Nr.	Lampe Typ	Aufbaudaten			Grenzwerte						Kennziffern für Normalbetrieb					
		Leuchtteilform	Leuchtteilmaße mm	Lampenwiderstand etwa Ohm	Zündspannung V	Spontandurchschlagspannung V	Mittlere Leistung W	Belastungsfaktor μF. kV²	Lebensdauer 1000 Blitze	Blitzenergie Wsec	Betriebsspannung V	Kapazität des Speicherkondensators μF.	Blitzpause sec	Blitzdauer etwa msec	Blitzlichtenergie lm. sec	Leuchtdichte integral etwa Meganit*) sec
1	ИФК 20	aufrecht	4 x 10	0,16	100	700	2	1	10	20	130	2500	10	0,2	200	0,5
2	ИФК 50	aufrecht	4 x 20	0,32	140	1000	5	6	10	50	200	2500	10	0,4	700	0,9
3	ИФК 120	U-förmig	5 x 23 x 30	0,8	180	1000	12	25	10	120	300	2500	10	1	2500	0,7
4	ИФК 500	Spirale	30 x 45	4	400	3500	30	250	10	500	500	4000	15	8	10000	0,7
5	ИФК 2000	U-förmig	9 x 70 x 40	0,45	250	2000	300	1000	5	2000	500	16000	15	4	60000	5
6	ИФК 20000	Spirale	80 x 80	1	2500	8000	1000	—	10	20000	6000	1100	20	2	600000	15
7	ИФБ 300	Ring	65 x 6	2,5	240	1500	40	250	10	300	300	6500	7,5	8	5000	0,4
8	ИФП 200	aufrecht	5 x 200	2	450	2000	27	600	10	200	500	1600	7,5	1,6	3500	0,35
9	ИФП 500	„	5 x 350	3,5	450	3000	65	3200	10	500	500	4000	7,5	7	10000	0,58
10	ИФП 1500	„	5 x 600	6	900	4000	100	17500	10	1500	1000	3000	15	9	35000	1,15
11	ИФП 4000	„	6 x 800	8	1300	5000	270	32000	10	4000	1400	4000	15	16	120000	2,6
12	ИФП 15000	„	9 x 600	1,8	1600	5000	1250	200000	10	15000	2400	5000	12	4,5	500000	9,3
13	ИСТ 10	U-förmig	4 x 23 x 30	—	180	1000	10	20	20 H	0,01	500	0,08	0,001	0,007	0,01	—
14	ИСШ 15	aufrecht	0,5 x 2,5	—	250	1000	15	—	300 H	0,03	450	0,3	0,002	0,002	0,1	0,001
15	ИСШ 100	„	0,5 x 2,5	—	2500	5000	100	—	10 min	0,2	3000	0,05	0,002	0,001	1,5	0,012
16	ИСШ 500	„	1 x 8	—	5000	500	500	—	1 H	5	9000	0,12	0,01	0,006	50	0,07

*) 1 Meganit = 100 Stilb

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

$R = \frac{4\rho l}{\pi D^2}$, wobei l den Elektrodenabstand und D den Innendurchmesser der Entladungsröhre bedeuten.

Bei der Wahl der Aufbaudaten unserer Lampen ließen wir uns davon leiten, mit wenigen Lampentypen eine möglichst vielseitige Typenreihe in bezug auf Form und Abmessungen des Leuchtkörpers sowie auf Strahlungsintensität und Blitzdauer zu schaffen.

Um die von uns vorgeschlagene Typenreihe von Blitzröhren zu beurteilen, ist es zweckmäßig, sich über die Natur der verschiedenen Grenzwerte und über ihren Zusammenhang mit den Aufbaudaten klar zu werden.

Die hauptsächlichen Grenzwerte von Blitzlampen sind folgende:

1. *Zündspannung* U_z (Minimalspannung am Speicherkondensator, die die Zündung der Entladung bei Erteilung des Steuerspannungsimpulses auf die Zündelektrode gewährleistet).

2. *Löschspannung* U_L (Restspannung am Speicherkondensator).

3. *Spontandurchschlagspannung* U_s (Maximalspannung am Speicherkondensator, bei welcher keine Spontanentladung ohne Zündimpulserteilung erzeugt wird; es ist nicht anzunehmen, daß bei einer Spannung von mehr als U_s eine sichere Zündung ohne Zündimpulse erzielt wird, denn dazu ist eine zwei- bis dreifache Spannung erforderlich).

4. *Grenzbelastung der Lampe* (Grenzwert der Energie von Einzelblitzen und mittlere Grenzleistung, welche die Lampe abgeben kann).

5. *Lebensdauer bei höchstzulässiger Belastung.* Die Grenzwerte der Spannungen U_z, U_L und U_s sind dem Elektrodenabstand etwa proportional. Der Wert von U_L für Lampen mit einem Innendurchmesser der Röhre, der einige mm und mehr beträgt, ist um eine Größenordnung niedriger als der Wert von U_z. Da die Speicherenergie im Kondensator dem Quadrat der Spannung proportional ist, wird gewöhnlich der Wirkungsgrad der Lampe von U_L nicht beeinflußt. Nur bei Lampen mit einem Durchmesser unter 1 mm nähert sich U_L dem Wert von U_z. Der Wert von U_s ist um ein Mehrfaches größer als U_z.

Infolge der großen Ausdehnung des sogenannten „Steuerbereichs" (Änderungsbereich der Versorgungsspannung, welche die Steuerzündung der Lampe sichert) können die Blitzlichtlampen eine große Reihe von Betriebsarten mit den verschiedensten Intensitäten, Blitzdauern und Blitzfrequenzen aufweisen, deren Zusammenhang später bei der Analyse der Kennziffern für Normalbetrieb behandelt wird.

Die Zündspannung ist der Quadratwurzel aus dem Gasdruck etwa proportional. Sie hängt in starkem Maße vom Reinheitsgrad des Füllgases ab [2]. Die Spontandurchschlagsspannung ist weniger vom Reinheitsgrad des Gases abhängig und dem Druck annähernd proportional.

Die Lampenbelastung bei mittlerer Strahlungsleistung wird durch die Kolbenkühlung und die höchstzulässige Betriebstemperatur bestimmt. Die Betriebstemperatur von Glaslampen darf 150—200° C und die von Quarzlampen 500—600° C nicht übersteigen. Bei Selbstkühlung können die Glaslampen 1—2 W mittlere Leistung je 1 cm Röhrenlänge abgeben. Bei Verwendung von Quarz oder Fremdkühlung läßt sich die mittlere Leistung um das 5—10fache steigern.

Der Grenzwert der Energie eines Einzelblitzes ist durch die drei folgenden Faktoren begrenzt: Platzen des Glases, Sprengung des Kolbens und Störungen der Lampensteuerung [3]. Bei röhrenförmigen Glaslampen hat der erste Faktor besondere Bedeutung; bei Quarzlampen bedingen alle drei Faktoren etwa die gleiche Belastungsgrenze. Der Grenzwert der Lampenbelastung hängt vor allem von der Blitzdauer ab, die der Größe C proportional ist.

Bei Glaslampen wird folgende Beziehung in befriegender Weise erfüllt:

$$(CU^4)\ \max/I^3 = \text{const.} \qquad (1)$$

Für einen bestimmten Lampentyp ist die rechts stehende und von uns als „Belastungsfaktor" bezeichnete Größe konstant. Der Belastungsfaktor ist von Durchmesser, Wandstärke, Blitzfrequenz, Gasart und Gasdruck in geringem Maße abhängig.

Bei Quarzlampen geht die Gleichung (1) in folgende Form über:

$$(CU^{3,6})\ \max/I^{2,6} = \text{const.} \qquad (2)$$

Die Konstante hängt bei $D < 12$ mm wesentlich vom Röhrendurchmesser ab.

In bezug auf die Lampen ИСШ verfügen wir bisher über sehr geringe Angaben von Grenzbelastungen und sind daher nicht imstande, irgendwelche allgemeine Gesetzmäßigkeiten aufzustellen. Anscheinend ist es zweckmäßig, die mittlere Leistung der Glaslampen ИСШ mit etwa 100 W und die von Quarzlampen mit etwa 1000 W zu begrenzen (die Leistung von 1000 W ist die Strahlungsleistung eines hinsichtlich Festigkeit optimalen, kugelförmigen Quarzkolbens mit 50—60 mm Durchmesser).

Bei einzelnen Blitzen können die Lampen des letzten Typs eine Energie von 100 Wsec tragen.

Die Lebensdauer von Blitzlampen wird gewöhnlich durch die Kathodenzerstäubung begrenzt und hängt in starkem Maße von der Blitzenergie der Lampe ab. Annähernd wird sie durch die Gesamtenergie der ganzen Entladungsmenge bestimmt, die durch die Lampe durchgelassen werden kann.

Durch die Anwendung aktivierter Kathoden (Alkalimetallfilm und Blockkathoden mit Gehalt an Erdalkalimetall) in den neuesten Lampen wird die Lebensdauer in letzter Zeit zum mindesten um eine Größenordnung verlängert; sie erreicht jetzt mehrere 10^4-Blitze mit höchstzulässiger Energie. Bei geringen Energien kann die Lebensdauer bis zu einigen Millionen von Blitzen gebracht werden.

Der Betrieb der Lampe wird hauptsächlich gekennzeichnet durch die Blitzenergie, die gleich $\frac{CU^2}{2}$ ist (C = Kapazität des Speicherkondensators, U = Ladespannung des Kondensators), durch Blitzpause, Blitzdauer und lichttechnische Werte, wie Lichtenergie, Lichtsumme und

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

zeitliches Leuchtdichteintegral der Blitze (für stroboskopische Lampen ist es zweckmäßig, die Mittelwerte der lichttechnischen Größen zu benutzen).

Um die Prüfungen der Lebensdauer zu beschränken, wird gewöhnlich die intensivste Betriebsart, bei der keine thermische Zerstörung der Lampe hervorgerufen wird, als Normalbetrieb angenommen. Da die Herabsetzung der Betriebsspannung eine Erhöhung der zulässigen Blitzenergie zur Folge hat (s. Gleichung 1—2), wird letztere 10—50% über der Zündspannung (je nach Versorgungsquelle) angenommen. Die Kapazität C ist so zu wählen, daß die Blitzenergie 50—60% des Grenzwertes beträgt, bei dem die Zerstörung des Kolbens eintritt. Bei der Wahl der Blitzpause T soll die mittlere Leistung in der Lampe ($CU^2/2T$) dem Grenzwert entsprechen.

Jede Lampe kann bei beliebiger Betriebsart benutzt werden, wenn diese die Grenzwerte nicht überschreitet. Infolgedessen können sich die konkreten Betriebsgrößen in starkem Maße von den in Tafel 1 angegebenen Werten unterscheiden, und zwar so weit, daß die Photobeleuchtungslampen als stroboskopische Lampen und umgekehrt die stroboskopischen Lampen als Photobeleuchtungslampen benutzt werden können.

Die Benutzer von Blitzlampen müssen sich über den Zusammenhang zwischen den Lichtkennziffern, Aufbaudaten und Versorgungsgrößen klar sein.

Die Blitzdauer von röhrenförmigen Lampen (diese wird gewöhnlich der Zeit gleichgesetzt, während welcher die Lichtstärke der Lampe 35% des Höchstwertes übersteigt) ist bei Kondensatorkapazitäten, die die Füllung des Entladungskanals im ganzen Querschnitt sichern, etwa gleich der Größe RC/2 [3].

Bei geringen Kapazitäten (unter 10 μF) ist die Blitzdauer wesentlich größer als $\frac{RC}{2}$. Sie beginnt starke Abhängigkeit von der Induktivität L des Entladungskreises zu zeigen und erreicht für Lampen mit kurzen Elektrodenabständen bei $L \sim 10^{-7}$ H einige Bruchteile von Mikrosekunden.

Die Lichtausbeute η (Blitzlichtenergie, bezogen auf die im Speicherkondensator gespeicherte Energie) liegt bei der Mehrzahl der Photobeleuchtungslampen im Bereich von 20—50 lm · sec [4]. Sie nimmt mit dem Spannungsgradienten E in der Lampe, ihrem Innendurchmesser D, der Röhrenlänge l und dem Gasdruck p_0 zu, wenn die genannten Größen unter folgenden Werten bleiben: E = 50 V/cm, D = 6—8 mm, l = 30 cm und p_0 = 100—150 Torr. Bei höheren Werten dieser Kennziffern bleibt η von ihnen unabhängig.

Bei geringen Kapazitäten des Speicherkondensators, bei denen der Entladungskanal nicht den ganzen Röhrenquerschnitt ausfüllt, nimmt η schnell mit der Kapazität ab. Infolgedessen hängt η bei Lampen, die als stroboskopische verwendet werden, in starkem Maße von der Blitzfrequenz f ab (wobei die mittlere Leistung konstant und die Betriebsspannung C dem Wert von f umgekehrt proportional ist). In Bild 3 ist die entsprechende Abhängigkeit für die Lampe ИСТ 10 gezeigt.

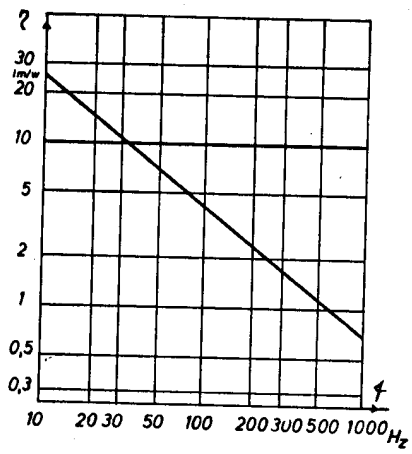

Abb. 3 - Abhängigkeit der Lichtausbeute der Lampe ИСТ 10 von der Bildfrequenz. Leistung 10 W.

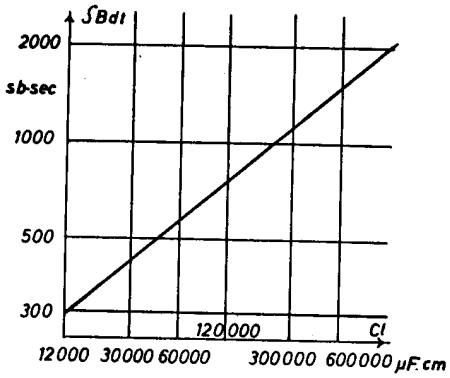

Abb. 4 - Abhängigkeit des maximalen Leuchtdichteintegrals von Cl für aufrechte Quarzlampen.

Bei den röhrenförmigen Quarzlampen hängt das maximale Leuchtdichteintegral nur vom Wert Cl (siehe Bild 4) ab; vom Innendurchmesser der Entladungsröhre (D = 4—12 mm) ist es unabhängig.

Die Größe $\int$ Bdt ist bei der Berechnung vieler Photobeleuchtungsanlagen von Bedeutung. Bei ihrem Aufbau ist es anscheinend zweckmäßig, die Höchstkapazität der Speicherkondensatoren zu benutzen, bei welcher die Blitzdauer die zulässigen Grenzwerte nicht übersteigt. Auf Grund von Bild 4 und Beziehung [3] können Abhängigkeitskurven des maximalen Leuchtdichteintegrals vom Innendurchmesser der Entladungsröhre bei verschiedener, in Bild 5 angegebener Blitzdauer erhalten werden.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

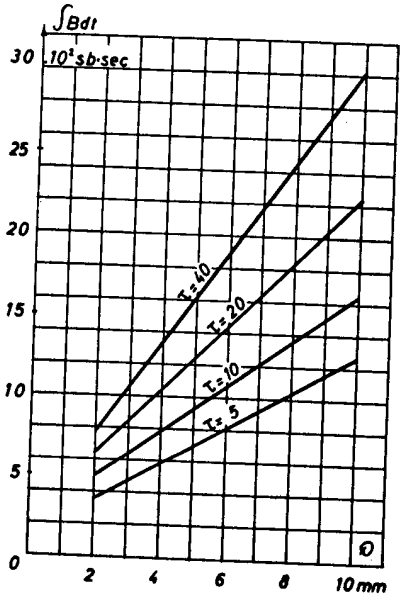

Abb. 5 - Abhängigkeit des maximalen Leuchtdichteintegrals vom Röhrendurchmesser bei bestimmter Blitzdauer (für aufrechte Quarzlampen).

II. Konkrete Eigenheiten einzelner Typen

Nach Betrachtung der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten für Kennziffern der Blitzlampen werden im folgenden die einzelnen Typen behandelt.

a) Kleine röhrenförmige Lampen

Zur genannten Gruppe gehören die Lampen ИФК 20, ИФК 50, ИФК 120 (diese unterscheiden sich untereinander durch Röhrenlänge und Belastungsfaktor) und ИСТ 10. Diese Lampen sind für Photo- und Kinematographie kleiner, naher Gegenstände, für Schlierenaufnahmen usw. geeignet. Wegen ihrer kleinen Abmessungen ermöglichen diese Lampen kürzeste Lichtblitze (bei der Lampe ИФК 50 bis zu 0,2 μsec bei einer Induktivität des Entladungskreises von 3×10^{-8} H und einer Versorgungsspannung von mehreren kV auf Grund des in Reihe angeordneten Luftspaltes). Die größte Bildfrequenz, die mit solchen Lampen in einer Schaltung mit nach dem Blitz folgender Ladungsstrompause erzielt wurde, betrug 4000 Hz. Eine Bildfrequenz von mehreren Hundert Hz kann bei Serienschaltung eines Widerstandes vom Wert 1/Cf mit dem den Kondensator ladenden Gleichrichter und durch Steigerung der Höchstspannung des Gleichrichters bis zu etwa 150% der Betriebsspannung erzielt werden. Die Lampen ИСТ unterscheiden sich von den Lampen ИФК durch geringeren Durchmesser der Entladungsröhre. Die Zündung von Lampen mit äußerer Steuerelektrode erfolgt mit Hilfe eines Impulstransformators ohne Eisenkern mit folgenden Wicklungen: 1—30 Windungen 0,7 ϕ (Spulenabmessungen 7 ϕ x 20 mm), 11—2000 Windungen 0,06 ϕ. Der Transformator wird durch den Entladungsstrom des Kondensators von 0,1 μF Kapazität gespeist.

b) Große röhrenförmige Lampen

Zu dieser Gruppe gehören die Lampen ИФК 500, 2000 und 20 000 (die letzteren beiden sind Quarzlampen), ИФБ 300, ИФП 200, 500, 1500, 4000, 5000 und 15 000 (die letzte ist eine Quarzlampe).

Diese Lampen sind für Photo- und Filmaufnahmen großer und weit entfernter Gegenstände und auch für Farbenphotographie bestimmt. Wegen ihrer großen Abmessungen können die Lampen keine sehr kurzzeitigen Blitze von weniger als 10 μsec erzeugen. Daher ist es zweckmäßig, diese Röhren bei Kurzzeitphotographie in Verbindung mit Verschlüssen zu verwenden, welche solche Blitze in kürzere Zeitabstände unterteilen.

Um bei Hochfrequenzkinematographie gleichmäßige Beleuchtung verschiedener Bilder im Rahmen eines Blitzes zu erzielen, können die Lampen von einer künstlichen Leitung gespeist werden, die rechteckige Impulse erzeugt.

Die Lampe ИФК 2000 hat eine so niedrige Zündspannung, daß sie ohne Speicherkondensator unmittelbar von 220 V Wechselstromnetz gespeist werden kann. Eine entsprechende Schaltung ist in Bild 6 dargestellt.

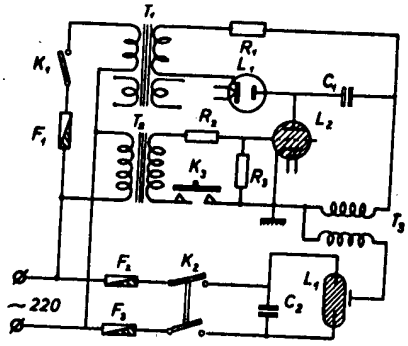

Abb. 6 - Kondensatorlose Speisung der Blitzlichtlampe ИФК 2000. L_1 = Lampe ИФК 2000; L_2 = Thyratron ТГИ 1—130/10; L_3 = Gleichrichterrohr 2 Ц 2 C; C_1 = 1 μF, 1000 V; C_2 = 8 μF, 500 V; R_1 = 70 k, 2 W; R_2 = 1 k, 1 W; R_3 = 20 k, 0,5 W; T_1 = Transformator 220/600; 2,5; 6,3; T_2 = Transformator; 1 Wicklg.: 1800 Windungen 0,38 ϕ; Eisenquerschnitt 8 cm²; 2 Wicklg.: 250 Windungen 0,1 ϕ; Eisenquerschnitt 1 cm²; K_1, K_2 = Schalter; K_3 = Impulsgeber; T_3 = Impulstransformator; F_1 = Sicherung 0,5 A, 250 V; F_2, F_3 = Sondersicherungen (8 parallele Kupferdrähte 0,2 ϕ, 50 mm Länge).

Bei einer derartigen Speisung wird in der Lampe während eines Blitzes von 1/200 sec eine Energie von etwa 400 Wsec abgegeben. Alle Lampen dieser Gruppe haben eine äußere Zündelektrode, an die vom kernlosen Transformator ein Impuls mit folgenden Daten erteilt wird:

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Glaslampen: I. Wicklung: 27 Windungen 0,8 ϕ (Spulenabmessungen 8 ϕ x 30 mm),
II. Wicklung: 3000 Windungen 0,07 ϕ.
Quarzlampen: I. Wicklung: 25 Windungen 0,93 ϕ (Spulenabmessungen 21 ϕ x 50 mm),
II. Wicklung: 2500 Windungen 0,15 ϕ.

Die Transformatoren werden vom Entladungsstrom des Kondensators mit 0,5—4 μF Kapazität und Ladespannung 400—800 V gespeist.

c) Lampen ИСШ

Die Lampen ИСШ 15, ИСШ 100, ИСШ 500 können wegen der geringen Abmessungen des Leuchtraums für Kinobeleuchtungsgeräte vom Scheinwerfertyp mit schmalem Leuchtbündel benutzt werden.

Die Lampen ИСШ 15 und ИСШ 100 wurden bei einer Blitzfrequenz von 500 Hz und die Lampe ИСШ 500 bei 100 Hz geprüft.

Die weitere Entwicklung der Schaltungen dieser Lampen wird zweifellos zur Erweiterung ihres Frequenzbereiches wesentlich beitragen. Die kleinen Abmessungen der Funkenstrecke gestatten, mit diesen Lampen eine Blitzdauer von 1—3 μsec zu erhalten. Die Lampe ИСШ 15 hat bei Nennleistung eine außerordentlich lange Lebensdauer. Bei Kurzzeitbetrieb kann ihre Leistung wesentlich gesteigert werden. Die Lampe ИСШ 500 ist für eine weniger lange Lebensdauer berechnet. Auf die Dauer von einigen Sekunden kann ihre Leistung gleichfalls erhöht werden.

Jede dieser Lampen kann für einzelne, mit großen Pausen aufeinanderfolgende Blitze benutzt werden. Derartige Anwendungsbeispiele sind in Tafel 2 wiedergegeben.

Tafel 2

Lampe Typ	Betriebsspannung kV	Kapazität des Speicherkondensators μF	Amplitude der Lichtstärke 10^3 HK	Blitzdauer μ sec
ИСШ 15	1	20	300	15
ИСШ 100	2,5	6	1000	10
ИСШ 500	7	6	4000	25

Mit den beschriebenen Blitzlampen wurde versucht, eine Typenreihe dieser Lampen aufzustellen, welche vielseitigem Bedarf entspricht. Diese Typenreihe ist im Ergebnis weiterer Untersuchungen und Prüfungen in der Praxis endgültig festzulegen.

Literatur

[1] MARSCHAK, I. S.: Die elektrischen Kennlinien röhrenförmiger Blitzlichtlampen. Swetotechnika 1957, Nr. 6, S. 22.

[2] MARSCHAK, I. S.: Abhängigkeit der Zündspannung der Blitzlampen vom Reinheitsgrad des Füllgases. Sbornik Materialow po vakuumnoj Technike (Materialsammlung für Vakuumtechnik), Ausgabe XIII, S. 12 und 28, 1957, Gosenergoisdat, Moskau.

[3] WASSILJEW, I., u. I. S. MARSCHAK: Grenzwerte für die Belastung röhrenförmiger Blitzlichtlampen (Materialsammlung für Vakuumtechnik), Ausgabe XIV, S. 19, 1958, Gosenergoisdat.

[4] MARSCHAK, I. S.: Wirkungsgrad röhrenförmiger Blitzlichtlampen. Swetotechnika, 1957, Nr. 1, S. 17.

Summary

A range of tubular and spherical xenon flash lamps for high-speed photography and cinematography developed in the USSR are described. Limits, identification data for normal operation, construction data, and the essential peculiarities in the use of such lamps are given.

Résumé

Examen d'une série de lampes flash tubulaires on sphériques au xénon utilisées en URSS pour la photographie et la cinématographie ultra-rapides. Indications sur les limites, les caractéristiques d'emploi, les conditions normales, les données sur la fabrication et l'utilisation de ces lampes.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Limiting parameters and generalized characteristics of xenon lamps.

J.S.Marshak,
Electric Lamp Works,
Moscow

Abstract

The development of any optical pumping system depends on the knowledge of the possibilities of lamps offered for use. This paper contains generalized data on the maximum load of lamp seals and tube-walls (both flash and continuous light), single flash or repeated operation, at different cooling conditions. Voltage limits of these lamps and the dependency of their efficiency, brightness and other characteristics on feeding parameters and construction are described. These generalized dependencies allow to estimate easily the optical pumping intensity at each given pumping time schedule.

The development of any optical pumping system depends on the knowledge of the lamp possibilities concerning the types offered for use. At present xenon lamps are most suitable light sources for optical pumping. The accumulated experimental data allow to form a sufficiently generalized picture of possible parameter variations of these lamps.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

1. Modification limits of feeding parameters

In case of a low power dissipated in the lamp the feeding voltage is limited downwards by the "ignition voltage" U_i and upwards by the "spontaneous breakdown voltage" U_s .

The feeding voltage $U \geqslant U_i$ guarantees the onset of a heavy current discharge by means of a nominal starting impulse from an auxiliary source (mostly a peak transformer; in lamps with an inner igniting electrode the starting pulse sometimes occurs as a result of a static breakdown of the ignition "electrode - cathode" gas gap and a discharge of the auxiliary condenser). The deterioration of the starting pulse (lowering of amplitude, power and frequency) may greatly increase the U_i . But as a rule it is difficult to secure a considerable decrease of the U_i by forcing the starting pulse as compared with the nominal owing to the rational matching of the latter in the course of lamp development. This general rule is violated only in the case of a change in the ignition principle: instead of directing the starting pulse to the auxiliary (third) electrode, as recommended for most lamps, it may be directed to the basic gas gap of the lamp by switching into the heavy current discharge circuit either of a pulse transformers' secondary thick wire winding or an induction coil parallel to the last. Such forming of the ionized path may decrease the U_i almost in half. This method of ignition has a disadvantage - the igniting device dimensions are somewhat enlarged. The method, however, has also its advantages -- a) the decrease of U_i and b) the possibility of using the lamp in electrically unreliable mediums

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

(rarefied air, water) or potentially explosive mediums. The last is secured by a hermetic sealing of the high-voltage wire. The influence on U_i of the lamp construction data is described in papers [1-3].

The $U \leq U_s$ guarantees an absence of spontaneous, non-controlled discharges, provided that there are no casual voltage pulses on the lamp electrodes. Generally speaking the value U_s depends on the arrangement of the surrounding wires and their potential. By removing all outer wires from the lamp bulb (including the external ignition electrode) the U_s may increase almost double.

Speaking of the modification limits of feeding voltages it is worth while mentioning two more values: the extinction voltage U_e of a discharge in a flash lamp and the reliable breakdown voltage U_{st} of the lamp' basic gas gap without an auxiliary ionization. The first value may influence the energy diffused in the lamp which is equal in the absence of a ballast to $\frac{C}{2}(U^2-U_e^2)$. The second term has a maximum relative value at a minimum U, i.e. at a U close to U_i. The difference between ignition and extinction voltages rapidly increases with the increase in the disparity between the diameters of the ionizing and strong current channels [1,2]. Consequently, $U_e^2 \ll U_i^2$ and the value U_e may not be taken into account in lamps with a wide discharge tube at flash energies sufficient for filling its cross section by a heavy current discharge. And to the contrary in capillary lamps with inner diameters less than 1 mm and in other lamps fed by small con-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

densers (the heavy current channel has no time to widen enough before the exhaustion of the condenser) value U_e may be very near to U_i. Thus, for instance, in lamps with a 70 mm length and a 0.5 mm inner diameter, the value U_e at a nominal feeding regime is equal to ~ 250 V (about half the actual value of U_i). The U_e is increasing similarly to U_i linearly with the lamp length.

The U_{st} voltage usually exceeds 2 or 3 times the U_s value, and as in the case of the U_s depends on the arrangement of surrounding wires. Values U_s and U_{st} increase linearly with the lamp length and the gas pressure but somewhat decrease with the diameter increase of the discharge tube.

The limiting of the feeding condenser and of flash frequency is bound with the possibility of destroying the electrodes (usually - metal seals into the glass) or the lamp bulb in case of an overloading by a single flash or by a mean dissipated power. It is also bound with the violation of the gas gap deionization.

The disintegration of the seals which is of special importance to quartz lamps with 0.02-0.05 mm thick molibdenum foil seals is bound either with an instantaneous discharge of a critical energy (similar to a thin wire explosion) in a metal volume unit or with a long duration overheating and an oxidation of exposed to the air metal parts in the course of operating with the critical mean power.

The critical energy data shows the following dependence between the maximum rated energy of a single flash $\frac{CU^2}{2}$ (in

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

joules), the cross section S (in sq.cm.) of the molybdenum seal, and the effective resistance of discharge R (determined by the lamp dimension) in ohms:

$$S = \sqrt{\frac{CU^2/r}{2.10^7 R} + \frac{\rho_m^2 l_m^2}{4R^2} - \frac{\rho_m l_m}{2R}}\ ; \quad \text{(for tubular lamps with discharge channel filling the tube)}$$

$$R = \frac{\rho\, l}{\pi r^2}$$

$$R = \frac{500\ l^{3/2}}{\sqrt{U} \cdot \left(\frac{CU^2}{2}\right)^{0.8}} \quad \text{(for spherical lamps)}$$

Here l is the distance between the lamp electrodes in cm, r is the internal radius of the discharge tube in cm, ρ is the specific resistance of the discharge plasma equal to ~ 0.02 ohm . cm for tubular lamps, l_m is the total seal length in cm, ρ_m is the effective specific resistance of molibdenum close to the point of deterioration for which the oversized estimate $1.7 \cdot 10^{-4}$ ohm·cm is known beforehand.

The second and third items in the first expression for S take into account the energy part which is diffused in the seals but not in the gas-discharge channel. By making use of the abovementioned overestimation ρ_m it is possible in almost all practical cases to appraise the items as totally insignificant in comparison with the first item. The expression for R in the spherical lamp (U feeding voltage is shown in volts) is based on the experimental data on plasma specific resistance at high electric fields and on channel widening [2], and also on experimental data on

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

the connection between these values and the seal deterioration.

The data on the critical mean power show a dependence between the maximum rated power P in watts and the cross section of the molibdenum seal $S:S = 1.4.10^{-5} \sqrt{P/R}$, where the channel resistance R is valued according to the above formulas.

The deterioration of the bulb as a result of a single flash action in spherical glass and quartz equal dimension lamps occurs approximately at similar flash energies and bears a semblance of an explosion which takes place after a shock wave impact. Providing an almost spherical form, a 3 atm gas pressure, a 2 to 3 mm wall thickness of the bulb and the bulb external diameters of 30, 45 and 60 mm, the maximum energies are equal appropriately 70, 150 and 300 joules. A double increase of the gas pressure, the reduction of the wall thickness to 1-1.5 mm or a substantial departure from the spheric form cuts down the maximum energy by half. In tubular lamps the bulb deterioration which occurs after an overloading single flash action results in the cracking of the tube, its explosion or in a considerable evaporation of the wall substance which in its turn causes an increase of U_i (the latter two forms of destruction are typical for quartz lamps). All the three forms of destruction occur at a roughly similar critical energy. For 1 [illegible] lamps in the course of a flash with a short duration (less than 0.01 sec.) and the absence of an essen-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

tial external impedance in the discharge circuit (inductance up to a few mHy, the active resistance - up to centesimal parts of an ohm) this critical energy may be estimated for the selected U from a practically convenient equation

$$\frac{CU^4}{l^3} = K = \text{Const.}$$

This equation shows that a decrease of the U allows by increasing the C to increase substantially the $\frac{CU^2}{2}$ (flash energy), which evidently is bound with the lowering of the instantaneous loading on the bulb in case of an appropriate protraction of the flash duration.

The K constant for the single flashes and constructive data (pressure and kind of gas, wall thickness, tube form) of normally used lamps is determined by the diagram presented in fig.1. This diagram shows that K for glass lamps does not virtually depend on the tube diameter, but for quartz lamps rises essentially with the increase of D from 2 to 12mm. For lamps with a given electrodes separation the maximum permissible energy is estimated from the maximum value of quantity CU^4, which is usually called "load factor". With the decrease of l to ~1 cm the quantity K increases - threefold. This quantity also essentially increases in the presence of a substantial impedance of the discharge circuit. Apart from a partial energy diffusion on an active external resistance, the presence of an impedance prolongs the flash and thus softens the instantaneous loading on the bulb, similarly to the effect of an increase of the feeding condenser capacity with a simultaneous decrease of the feeding voltage.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

The load limit on the bulb, in accordance with the mean power, is usually bound with an increase of the glass temperature up to a sharp increase of its electric conductivity or the onset of a chemical reaction between the glass and the getter used in the lamp (alkaline or alkaline-earth metal). Both these effects lead to a convertible or a non-convertible irregularity in the lamp control. The permissible temperature of the tubular lamp bulb surfaces is ~ 200°C for the majority of glasses, and ~ 800°C for quartz. For spherical glass lamps, the momentary temperature of which does not greatly divert from mean values the permissible surface temperature is 300-400°C. The respective values of the mean power dissipated in the lamp rated to the bulbs' operating part external surface are: 0.5-1 w/cm^2, 10-15 w/cm^2, 1.5-3 w/cm^2. By applying compulsory cooling these limits may be considerably extended. Thus, for instance, the permissible load on 1 sq.cm. for water cooled tubular quartz lamps may be extended up to 150-300 w/cm^2. Lamps with electrodes separations of the same order as the spaces beyond the electrodes permit a medium load approximately twice as great as long lamps.

Apart from overloading of the seals or the bulb walls, an increase of the mean dissipated power may be limited by gas deionisation irregularities in the intervals between flashes. The quicker the voltage increase on the lamp electrodes after the flash, the sooner this limitation shows its effect. That is why it depends on the nature of the feeding circuit.

A [illegible] approach in the estimation of frequency limits [illegible] with a determination for all kinds of feeding circuits

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

may be effected with the aid of a diagram of the gas gap insulation strength recovering. In fact, if by superimposing this diagram on a voltage - time curve these diagrams will intersect, then it will bear witness, that there is a possibility of non-controllable discharges in the lamp, i.e. irregularities in its normal operation. The absence of the diagrams intersection is consequently a requirement, defining the frequency limit of flashes in this circuit.

At present the insulation strength recovering diagram is investigated only in concern of two extreme lamp types: with capillary and spherical bulbs [3, 4].

The last limiting characteristic of the lamp is its life. At present there are only partial data about the dependence of lamps life T on their feeding parameters, mainly related to lamps with alkaline coated cathodes. According to these data in case there is a constant mean dissipated power, the T slowly increases with the increase of the frequency of flashes (a reduction in flash energy) and is markedly reduced with the increase of the feeding voltage U. In tubular lamps with a 7 cm electrode separation the respective dependencies take the form (T in hours, f in c/sec) of:

$$T = 7 \log f + T_{(f=1)} \; ; \quad U^2 \cdot T = \text{Const.}$$

With a constant flash energy the life expressed by the number of flashes, is somewhat lesser if the interval between the flashes increases (probably because of a respective diminution of the cathode emissivity).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

The substitution of an alkaline coated cathode by volume activated cathodes ("tungsten - nickel - barium" alloy, highly thoriated tungsten) leads to a multiply increased life, whereas the use of pure metal cathodes considerably cuts it.

2. Operating characteristics

When flash lamps are fed by a condenser with a circuit inductivity differing from the critical $L_{cr} = \frac{R^2C}{4}$ (R - lamp resistance), the light - time diagram approaches the triangle with a steep front and a sloping fall. This takes place for both - the tubular lamps for which usually $L \ll L_{cr}$ and the spherical lamps for which L is substantially greater than L_{cr} (in the latter case the fall sometimes shows several waves which correspond to current oscillations in the discharge). The switching into the tubular lamp circuit of an inductivity which is close to L_{cr} allows to obtain a flash with a nearly symmetric front and fall. The use of an artificial line with a wave impedance close to R for lamp feeding allows to obtain a π-form flash. Between all flash lighting characteristics - the candle-power amplitude J_a, the integral $\int_0^\infty J dt$ ("Lichtsumme") and the duration τ at a 0.35 Ja level (a usually accepted estimate) - the following relationship suffices for all lamps with an adequate accuracy [5]:

$\int_0^\infty J dt = K J_a \cdot \tau$, where the factor K lies within the limits of 0.85 (condenser fed tubular lamps) and 1 (spherical lamps and lamps with a π-form flash). So it is sufficient to describe the dependence of feeding parameters on the lamp

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

constructive data of only two values, for instance, τ and the light efficiency $\theta = M \int_0^{\infty} J dt / \frac{CU^2}{2}$ (M - the relation of the luminous flux to the candle-power in a direction perpendicular to the lamp axis - is equal for straight tubular lamps to ~ 11.3[x)] and for spiral - 10.5).

Detailed data on the efficiency of tubular lamps show that with a sufficient feeding condenser capacity C (which is ensuring the filling by plazma - channel of the tube cross section), the dependence θ on the feeding voltage U and the inner tube radius r is described by a family of diagrams cited in fig.2. As it is seen, the θ considerably depends on the quantities mentioned at their low values and almost reaches a similarity for all lamps at high U. With low C's a reduction of θ is possible for great diameter lamps which is due to the non-filling of the tube by the discharge channel and to a considerable loss on the widening of the channel. The relative divergence of θ from the maximum quantity, corresponding to the U and r data, may be actually expressed for all lamps by a unified diagram [fig.3] of dependence θ/θ_{max} on $\frac{CU^2}{2\pi r l}$ (this quantity equal to the energy dissipated in 1 cm^3 ~~and~~ multiplied by tube radius may be con-

---

x) In paper [6] values from 11.1 up to 11.5 at l = 50 cm and feeding voltages from 6.3 up to 2.1 kv were obtained for M. These M values correspond to the integral factor of absorption by plasma of its own radiation from 1.2 up to 2.1 cm^{-1}.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

sidered as an optic depth measure of the radiating layer). The reduction of θ begins at $\frac{CU^2}{2\pi rl} \approx 2$ J/cm^2 and corresponds to an approximate analytical dependence: $\frac{\theta}{\theta_{max}} = \frac{CU^2}{4\pi rl}^{0.72}$ (C in μF, l and r in cm, U in v). In cases of short electrode separations the θ is somewhat reduced because of electrode losses which correspond to the effective reduction of feeding voltages at an average of 40-150 v. (at respective values of the true initial electric field 30-145 v/cm). The switching into the discharge circuit of an additional inductivity (with a low active resistance) but little influences θ. Thus, for instance, for lamps with a resistance R = 40 ohm at C = 0.25 μF, U = 1.2 kv, the increase L up to 100 μHy does not influence θ, but the increase L up to 2500 μHy reduces θ by 20 per cent. In lamps with R = 0.5 ohm at C = 800 μF, U = 1 kv, the increase L up to 1000 μHy (active resistance less than 0.05 ohm) does not actually influence θ.

The dependence of flash duration τ of tubular lamps on C is described by the diagram family which is cited in fig.4. In the region of $\tau \gtrsim 1000$ μsec the diagrams correspond to the values of τ calculated from the equation $\tau = \frac{RC}{2}$ (τ being the time constant for the discharge power when condenser C is discharged through the constant active resistance R calculated from the plasma specific resistance $\rho = 1.25 \cdot 10^{-2}$ ohm · cm corresponding to E = 100 v/cm). At $\tau < 1000$ μsec the dependence τ on C gradually slows down (because of the relatively increased time of the channel widening and the afterglow as well as the increased dependence of θ on parameters) and at

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

last gets near to the proportions τ and $\sqrt{\sigma}$. The dependence of τ on E is expressed for tubular lamps by proportion τ and $E^{-0.6}$. Taking as a basis the approximate equality $\tau = \frac{RC}{2}$ it may be expected that with a discharge circuit inductivity being less than the critical $L_{cr} = \frac{R^2C}{4}$ and a ballast resistance $R_b \ll R$ the flash duration ought not to depend on L and R_b. This is confirmed, for instance, for capillary lamps (R = 40 ohm, L_{cr} = 100 μHy) by the fact, that the introduction into the circuit of L ~ 100 μHy does not practically influence τ. Only the introduction of L = 2500 μHy increases τ by ~ 2.2 times. Similarly, to double τ in lamps with R = 0.5 ohm it is necessary to introduce L = 1000 μHy, which is ~ 30 times exceeding L_{cr}. Approximately it may be considered that τ is proportional to $(L/L_{cr})^{0.2}$. Similar influence on τ has the ballast resistance which exceeds the estimated resistance of the lamp.

At great τ, at which the channel widening may be disregarded, it may be considered that the tube cross section is totally filled by plasma and the brightness characteristics of tubular lamps are simply calculated from the data on θ and τ. The comparison of these data with the data on maximum loadings (fig.1) shows, that the maximum brightness integral $\int B\,dt$ for straight quartz lamps with an inner tube radius from 2 to 6 mm, providing there are equal Cl, has a similar quantity which is expressed by the empiric formula:

$\int B\,dt = 7(Cl)^{0.4}$ ($\int B.dt$ - in stilb.sec, C - in μF, l - in cm).

In lamps of borosilicate glass at r = 1 mm the maximum

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

quantity $\int Bdt$ is almost the same, but if r increases it reduces in proportion to 1/r. With the limitation of a flash duration (by limiting Cl - the lesser the quantity the lesser r becomes) the maximum brightness integral of straight quartz lamps is approximately expressed by an empiric formula:

$$\int Bdt = 3000\ r\ \left(\frac{\tau}{10}\right)^{0,4} \quad (\tau \text{ - in msec, r - in cm}).$$

Brightness characteristics of tubular lamps may be defined by a division of horizontal candlepower on the channel area $l \cdot r$ with the condition: $\frac{CU^2}{2\pi rl} > 2\ \frac{1}{cm^2}$, which characterizes a satisfactory filling of the tube by the discharge channel. It is then evident, that the brightness amplitude B_a with greatly differing lamp construction data is approximately the only function of the longitudinal electric field strength shown in fig.5. The same function may be used for the estimation of the brightness amplitude even if the abovementioned condition is not fulfilled (the non-filling of tube). At this performance, B_a is equal to the product of the given function to the square of θ/θ_{max}, the dependence of which on the parameters is shown in fig.3[x]. The analytical expression of the diagram in fig.5 has the following form:

$$B_a / (\theta/\theta_{max})^2 = \frac{E^{0.9}}{300} \quad (B_a \text{ - in megastilb, E - in v/cm}).$$

---

x) At present there are no sufficient data on the function of θ/θ_{max} for light gases. It may be supposed, that for these gases the value $\frac{CU^2}{2\pi rl}$ (below which this function begins to diminish) exceeds the quantity $2\ \frac{1}{cm^2}$ found for xenon and krypton.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

The efficiency data on spherical lamps show that it but little depends on the feeding voltage, the frequency of flashes, dimensions of the bulb, the discharge circuit inductivity and, within certain limits, on the active circuit resistance. The increase of gas pressure from 1 to 3 atm and the distance between the electrodes from 3 to 8 mm lead to an increase of θ by ~ 1.5 times. The influence on θ of the gas atomic weight (in the practically used region of the other parameters) is shown in fig.6. The dependence of θ on C is not great at $C > 0.1 \div 1$ μF and shows a rapid decrease of θ with C at $C < 0.01$ μF.

The flash duration in spherical lamps in opposite to the tubular lamps, does not lessen but increases with the increase of feeding voltages (in proportion to the first degree of U). It is also in proportion to $\sqrt{C}$, and thus, within wide limits, is proportionate to the square root of the flash energy. The influence on it of the kind of gas is seen in fig.6. The other factors do not influence τ greatly: a five-fold increase of pressure increases τ not more than twice, and the three-fold increase in electrodes separation diminishes τ less than by one half. With an increase in inductivity τ increases proportionately to ~ $L^{1/6}$, and the switching-in of a 0.5 ohm ballast resistance decreases τ (because of a damping of current oscillations) ~ 2 times.

The approximate proportionality of θ and τ to the atomic weight of the gas and the roughly similar dependence of θ and τ on p means that, with all other conditions equal, the amplitude of candlepower σa in different gases and at

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

different p ought to be practically similar x).

From the independence of θ on U and C and the direct proportionality between τ and the square root of the flash energy follows the permanency Ja at a constant $\frac{CU^2}{2}$ and different C and U, and also a direct proportionality J_a with $\sqrt{C}$ and U separate (at small C the dependence of J_a on C has a clearer expression). A reverse course of weak dependencies of θ and τ on L and l leads to a better expression of a J_a increase with an L decrease and an l increase. The slope of the flash front substantially increases with the L decrease, especially so in light gases. It also increases with the diminishing of the atomic weight of gas.

Modern literature has accumulated a great deal of experimental data on the brightness amplitude of short period flashes and allows to form the following general aspect of the dependence of brightness on various parameters:

a) In the open (not limited by walls) spark gap the brightness amplitude B for a certain gas with an increase in pressure increases up to a certain limit (gets "saturated"); it also increases with an energy concentration increase in space and time in lieu of a feeding voltage increase and a diminishing of the discharge circuit inductivity and the electrodes separation. At pressures of several atm the saturation value B_{sat} (p)

---

x) A similar insignificant dependence of the candle power amplitude on the kind of radiating atoms is observed in the discharges in the vapour of an exploding thin wire [7].

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

attained at a certain energy concentration, increases in accord with the pressure, but at still greater p ceases to depend on p. Similarly the saturation value B_{sat} (E) attained at a certain pressure at first increases with the increase of energy concentration, and then ceases to depend on the latter. Thus, each gas has its own characteristic absolute brightness limit of the discharge B_{abs}.

b) For gases with a lesser atomic weight B at non too great pressures and energy concentrations - are lower than for heavier gases. The reaching of a B_{abs} in the latter occurs at lesser p and energy concentrations, than in light gases. A further increase of p and of the concentration leads to an effect when the discharge brightness in light gases overgrows the discharge brightness in heavy gases, which doesn't increase any more. The absolute limit of the discharge brightness increases with the diminishing of the gas atomic weight roughly in proportion to $A^{-1/3}$.

c) The feeding voltage $U_{0.9}$ of a discharge, the brightness of which is equal to 90 per cent B_{abs} is approximately proportionate to the following parameter degrees: $L^{1/4}$, $C^{-1/4}$, $p^{-1/4}$, A^{-1}.

d) The discharge spectral brightness in the long-wave region gets saturated much earlier, than in the short-wave region.

Spectral efficiency diagrams (fig.7) give a good idea of tubular and spherical flash lamp spectral characteristics

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

(the energy radiated in the course of a flash duration in the spectral interval 1 mμ , in the solid angle equal 1 steradian in relation to the energy fed to the lamp from the condenser). As it is shown in fig.7 at flash eneggies $\gtrsim$ 10 j even great parameter changes do not substantially modify the course in the $\lambda > 400$ mμ region. Only in the short ultraviolet region does the relative spectral intensity increase with an energy concentration increase. A flash energy cut down to 0.1 j substantially reduces the long-wave radiation of the lamp.

As it is known [8, 9], high-intensity tubular xenon lamps can operate not only in the short flash regime, but also in the greatly prolonged or even in the continuous regime. They retain their basic features characterizing the flash lamps: a high active resistance (which allows lamp switching into a circuit without a ballast), a great light output and the spectral distribution. When applying an intensive compulsory cooling these lamps are able to work continuously up to ~ 10 v/cm (only several times lower, than the usual field strengths in the pulse regime).

Respective radiation intensities differ not more, than by one or two orders. So it is possible that in the future the intensities at continuous or quasi-continuous regimes may prove to be sufficing for optical pumping purposes.

The study of xenon lamps in a continuous regime shows that their basic characteristics may be approximately calculated from the following equations:

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

$$\frac{\rho}{\eta^2} = 0.065\ (p/rE^3)^{1/2}\ ;\ \theta = 19.3 \log \frac{P}{l} - 12\ .$$

Here ρ is the discharge plasma specific resistance in ohm · cm, η is the ratio of the discharge channel radius to the inner radius r of the discharge tube (in cm), l is the distance (in cm) between the electrodes (the quantities mentioned are bound with the discharge column resistance $R = \frac{\rho/\eta^2}{\pi r^2} \cdot l$, which determines the current in the lamp), p_0 is the xenon "cold" pressure in mm of mercury, E is the electric field strength (equal to $U/_l$, where U is the feeding voltage in volts), θ is the lamp efficiency in lumen/watts, P is the dissipated in the lamp power in watts.

The formulas cited are true for l not less, than a few dozen of cm at a very wide variation of other parameters. At short l the electrode energy losses begin to be of significance; this considerably increases R and decreases θ. Special attention is drawn by the simplicity of the last formula. It follows, that the efficiency of the lamp depends only on the power dissipated in the tube length unit and does not depend on the tube radius, gas pressure, gas purity, etc.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

References

1. I.S.Marshak. Proc. 3-rd International Congress on High-Speed Photography. Butterworth, London, 1957, p.30.

2. I.S.Marshak. Soviet Physics Uspekhi, 3, 624, 1961.

3. I.S.Marshak, L.I.Shchoukin. Journal of the Soc.of Motion Picture and Television Engrs, 70, 169, 1961.

4. I.S.Marshak, V.P.Jiltzov, L.I.Shchoukin. Svetotechnica, 1961, N 11, p.13.

5. V.I.Vassilyev, M.S.Levtshook, I.S.Marshak. Optica ee Spectroscopeya, 11, 118, 1961.

6. I.S.Marshak. Svetotechnica, 1959, N 6, p.17.

7. I.S.Marshak. Optica ee Spectroscopeya, 10, 801, 1961. Experiment

8. I.S.Marshak, V.I.Vassilyev, I.L.Tokhadze, N.V.Rogateen. Svetotechnica, 1961, N 4, p.8.

9. I.S.Marshak, V.I.Vassilyev, A.L.Vasserman. Svetotechnica, 1962, N 3, p.7.

STAT

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

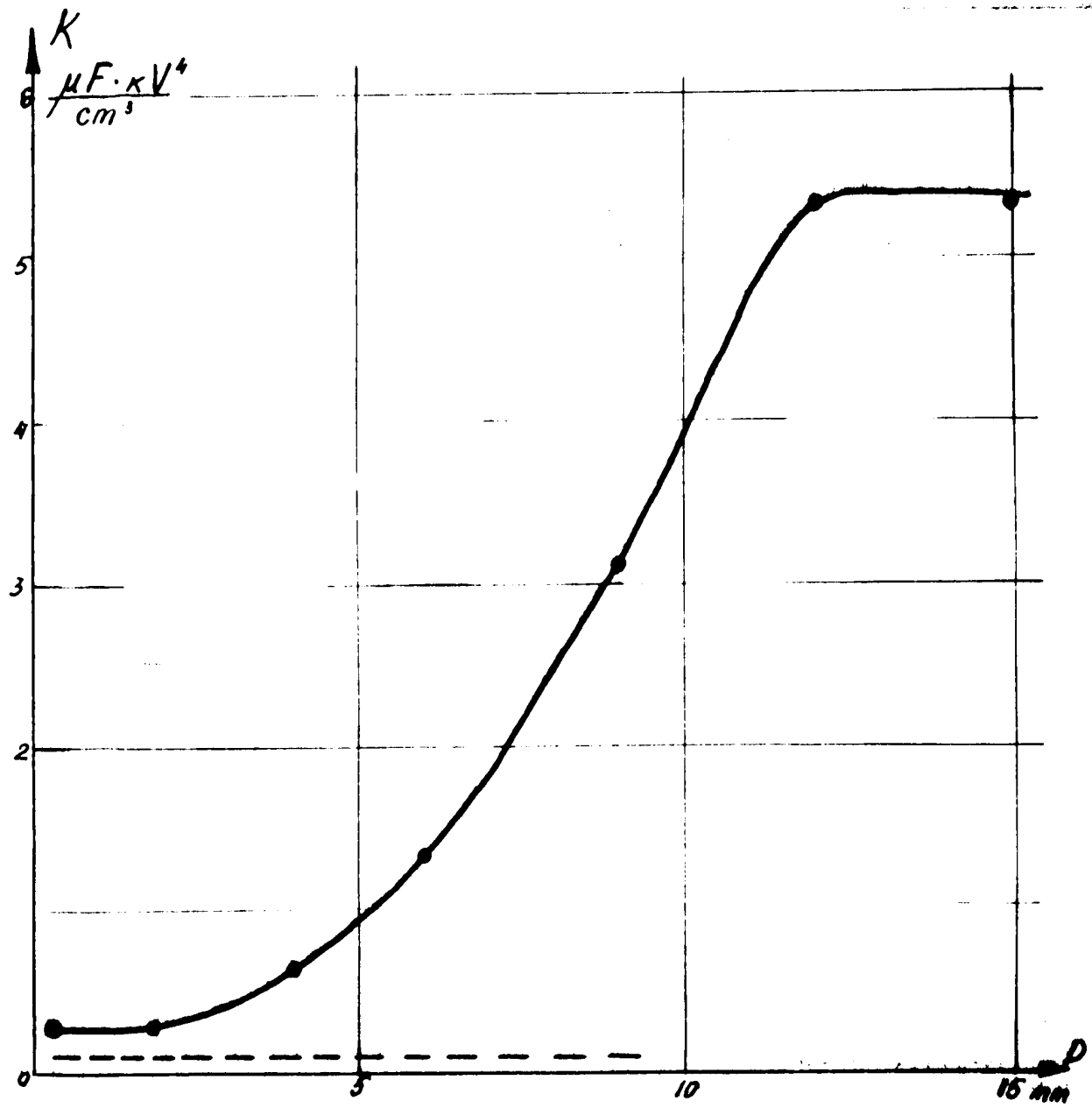

Fig 1

Fig.1. Dependence of quantity K on the internal diameter of the discharge tube. Solid line - quartz, dotted line - borosilicate glass.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

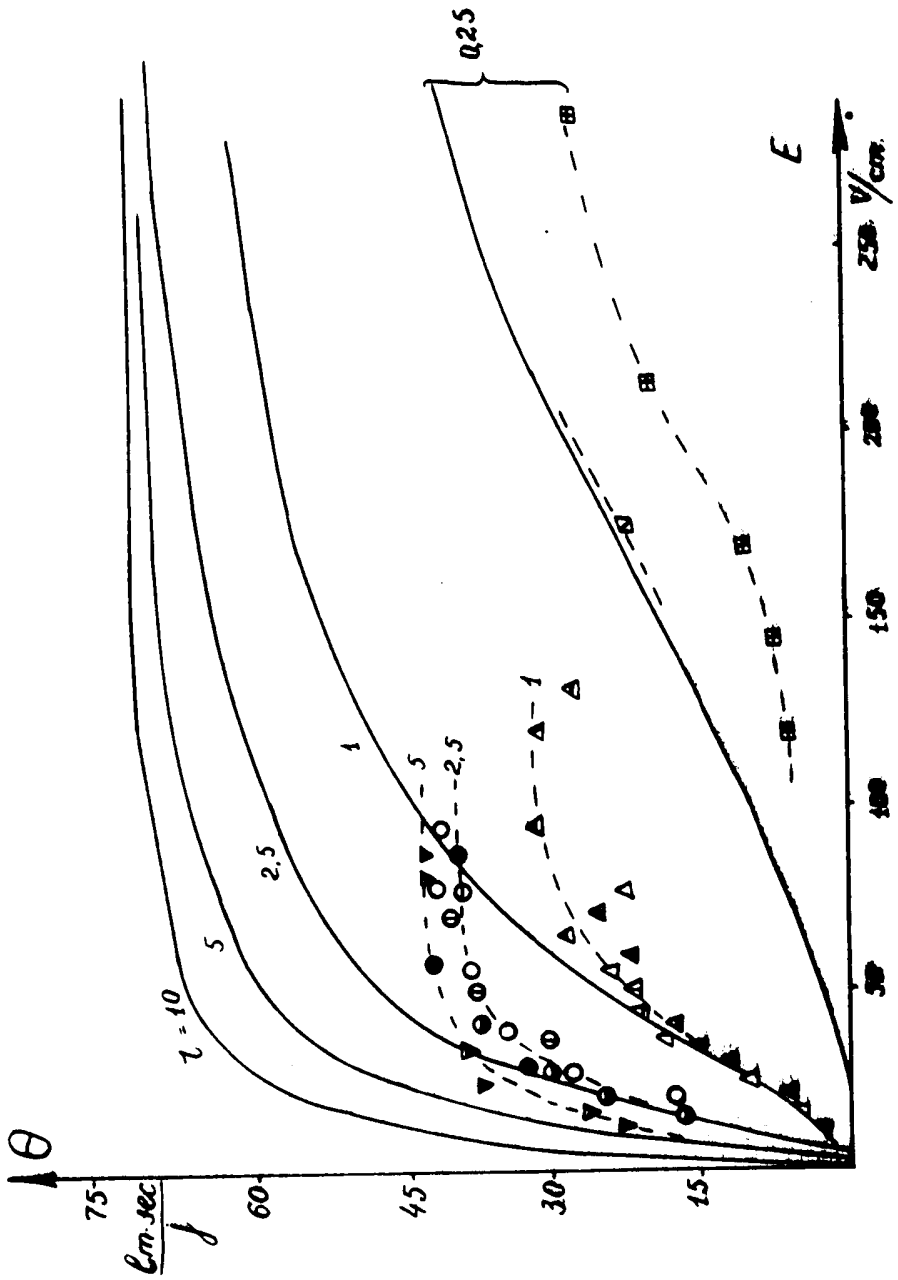

Fig 2

Fig.2. Dependence of efficiency on initial electric field strength for long straight tubular flash lamps with various internal radiuses (shown in fig. in mm) at sufficiently great feeding condenser capacities.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

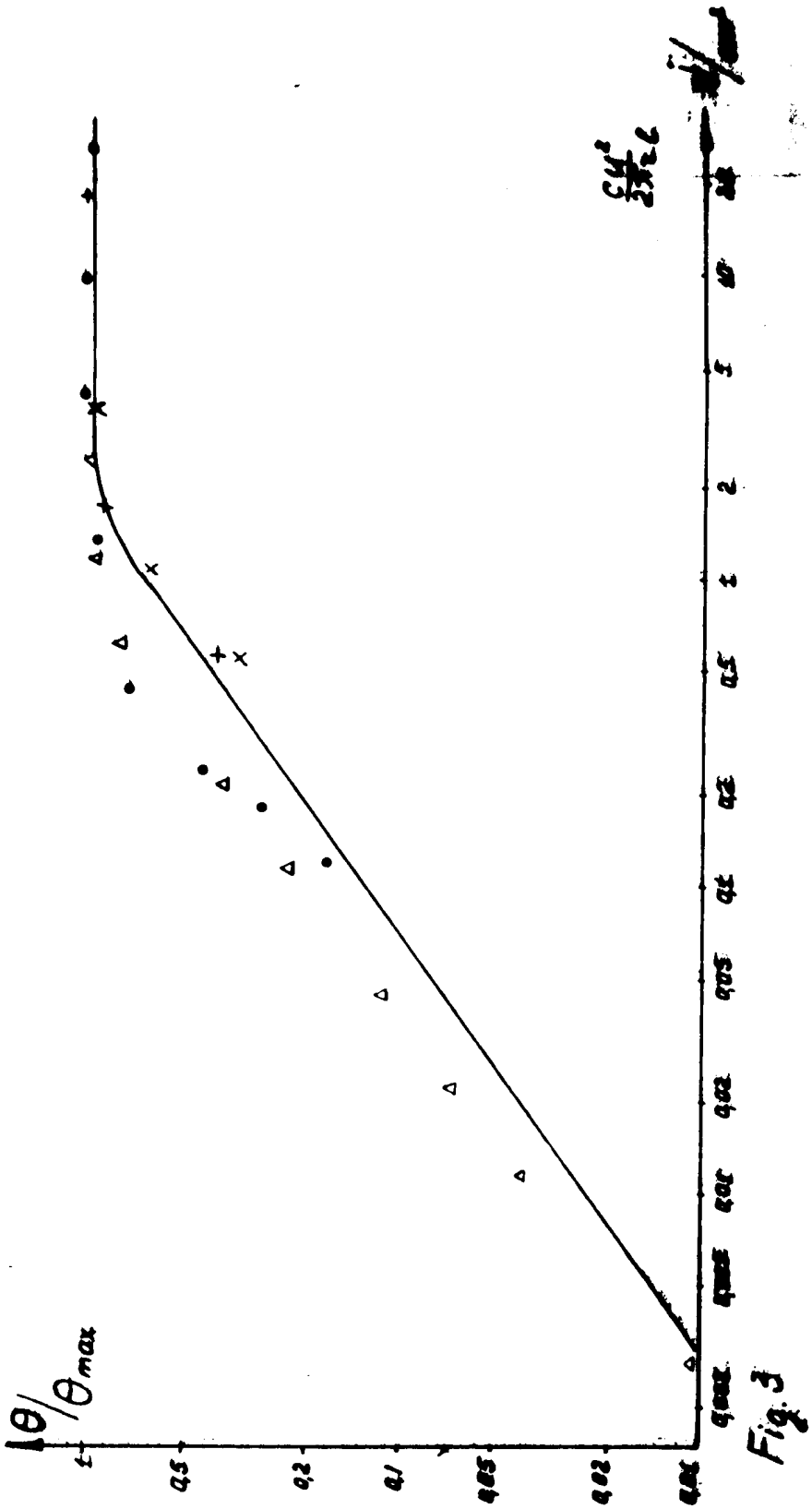

Fig.3. Dependence of θ/θ_{max} on feeding condenser capacitance at various r and l. • – r = 0.25 mm; l = 7 cm; + – r = 0.6 mm, l = 0.6 cm; △ – r = = 2.5 mm; l = 7 cm, x – r = 6.5 mm; l = 50 cm (xenon, p = 100–700 mm of mercury; E_0 = 50–3000 V/cm).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

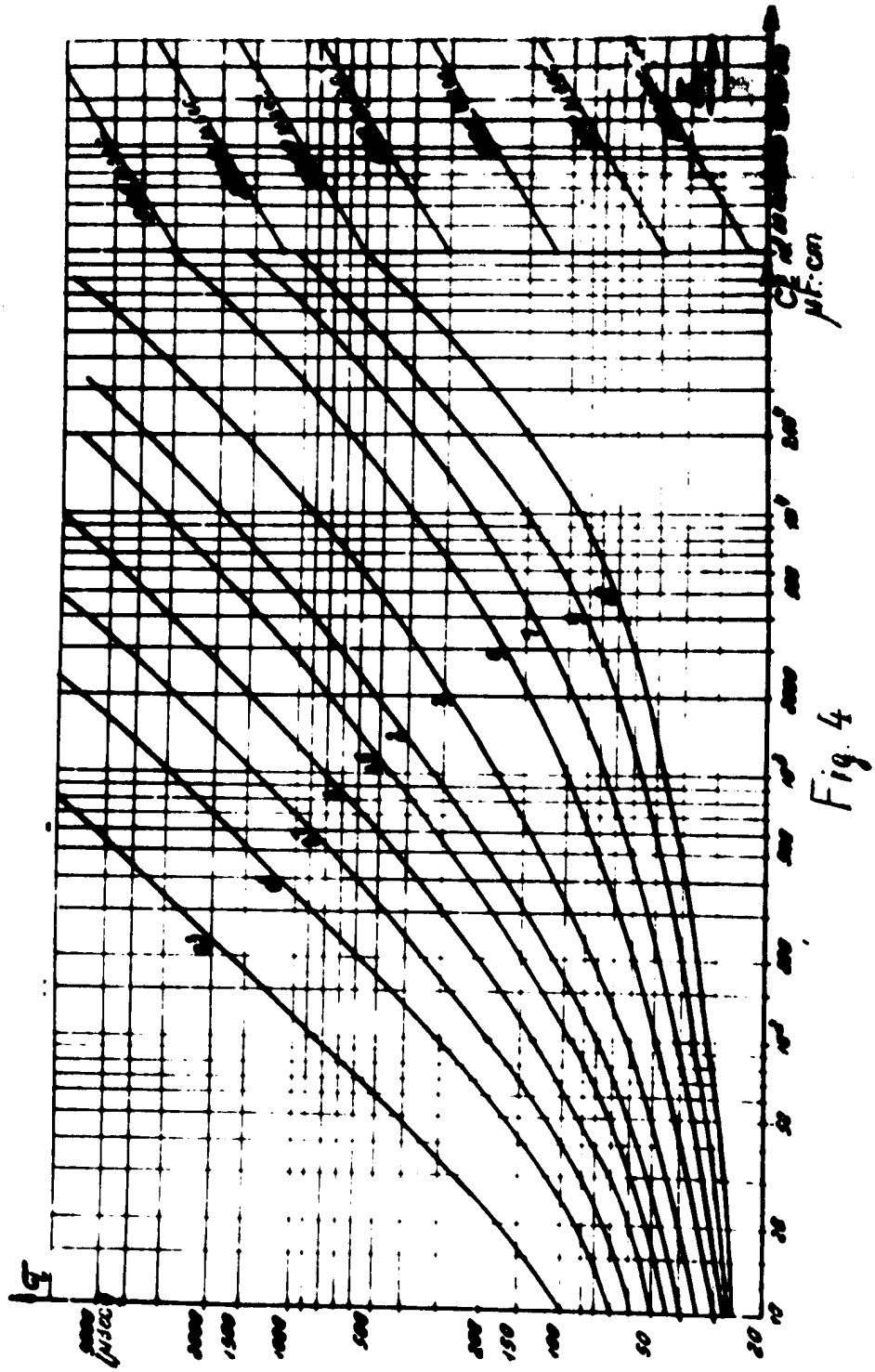

Fig.4. At left is the family of τ dependencies on C_i for lamps with different tube diameters (shown in fig.in mm) at initial electric field strength E = 100 V./cm (xenon, 150-600 mm of mercury, l from 2 to 130 cm). At right is the ordinates scale displacement at E_0 modification.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

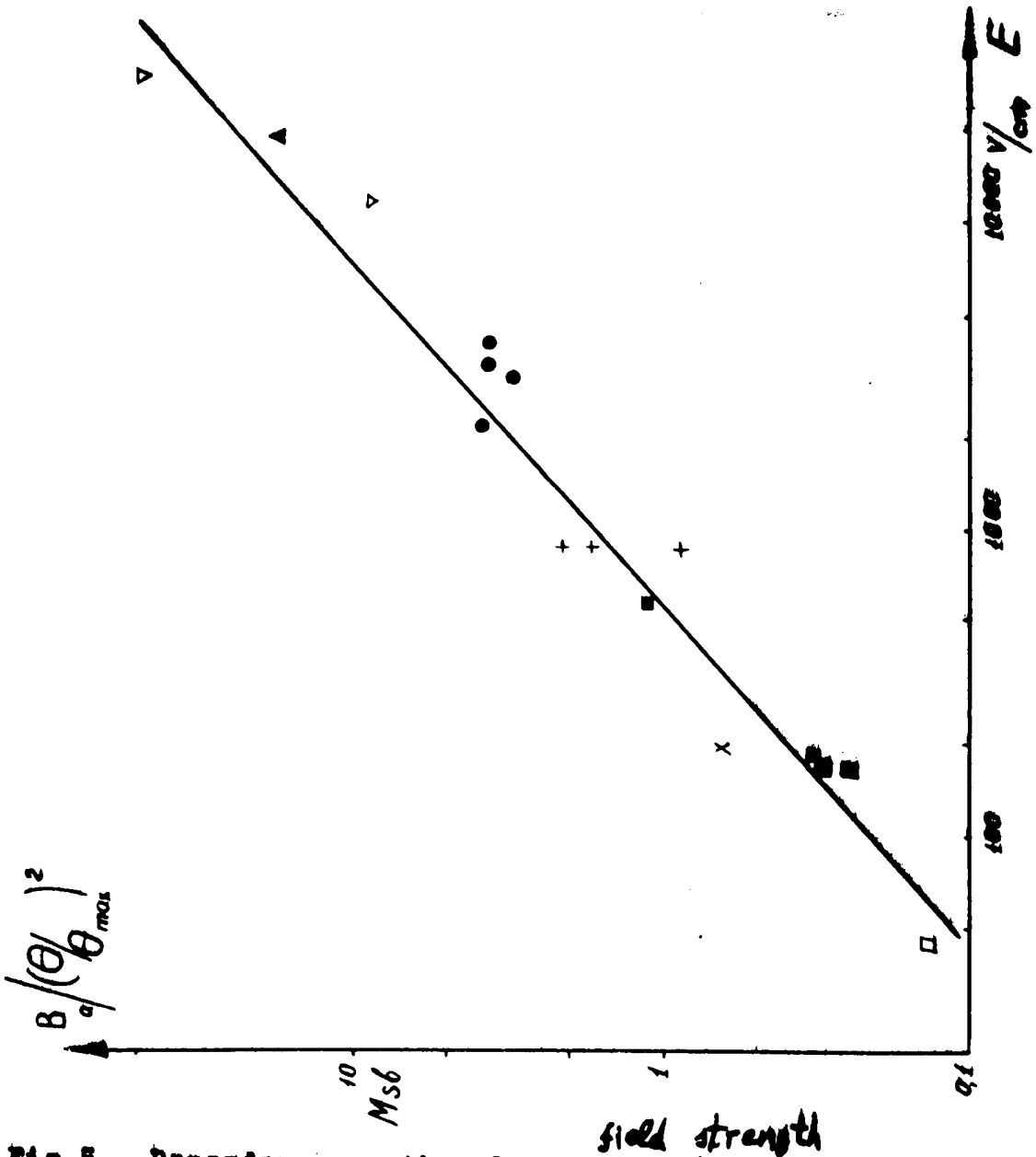

Fig.5

Fig.5. Dependence on the electric ~~gradient~~ field strength of the brightness amplitude of the capillary pulse discharge divided by the factor $(\theta/\theta_{max})^2$, which is taking into account the insufficient optic depth of the radiating channel. Various dots refer to r from 0.2 to 2 mm, to ℓ from 1 to 7 cm, to p from 100 to 3000 mm of mercury, to xenon, argon and air.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

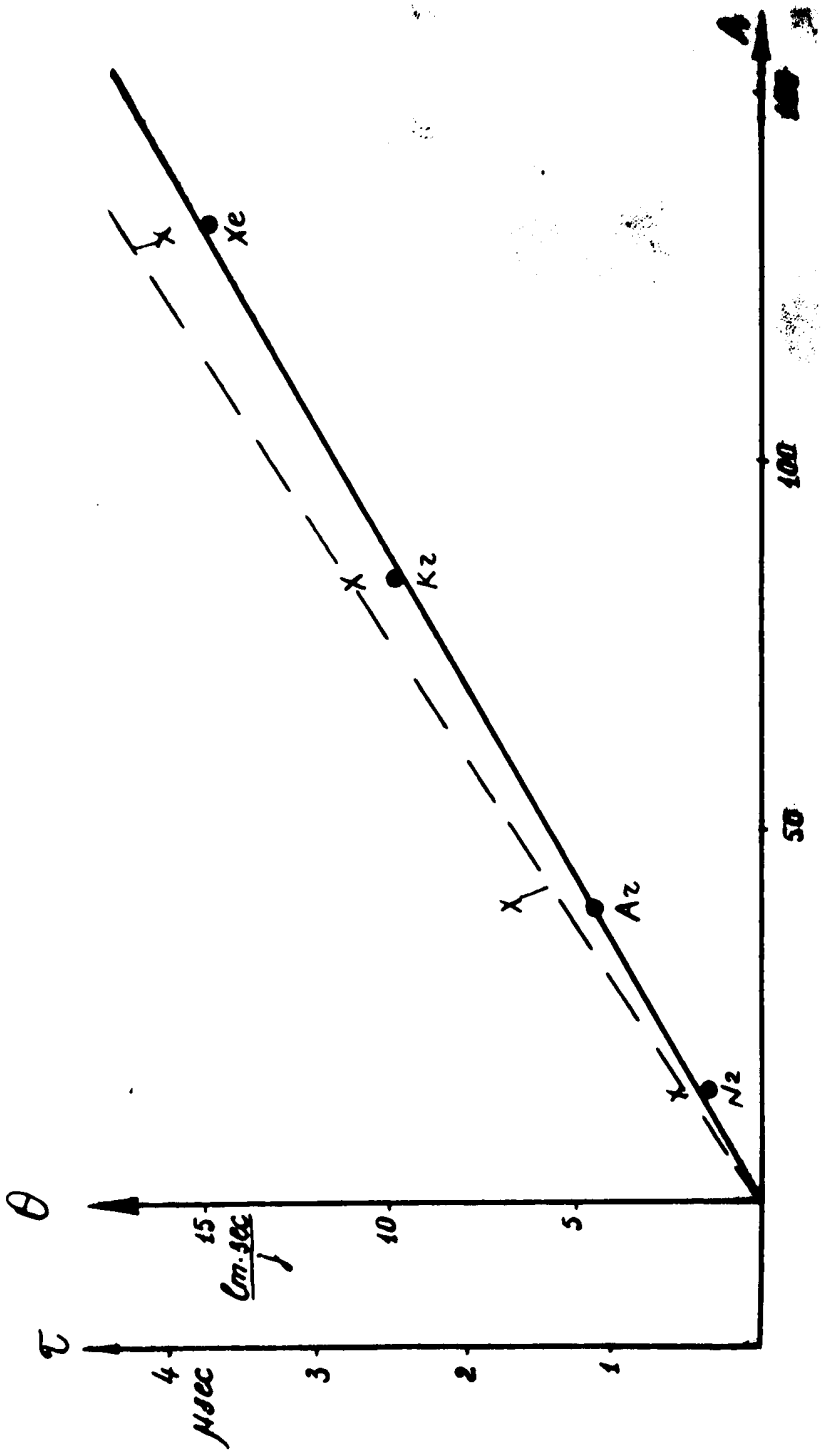

Fig 6

Fig.6. Dependence of light output (solid line) and flash duration (dotted line) of spherical lamps on the gas atomic weight. C = 0.5 μF, U = 5 kw, L = 0.12 μHy, ℓ = 5 mm, p = 3 atm (dots for nitrogen are obtained at 1 atm and are recalculated to 3 atm).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7

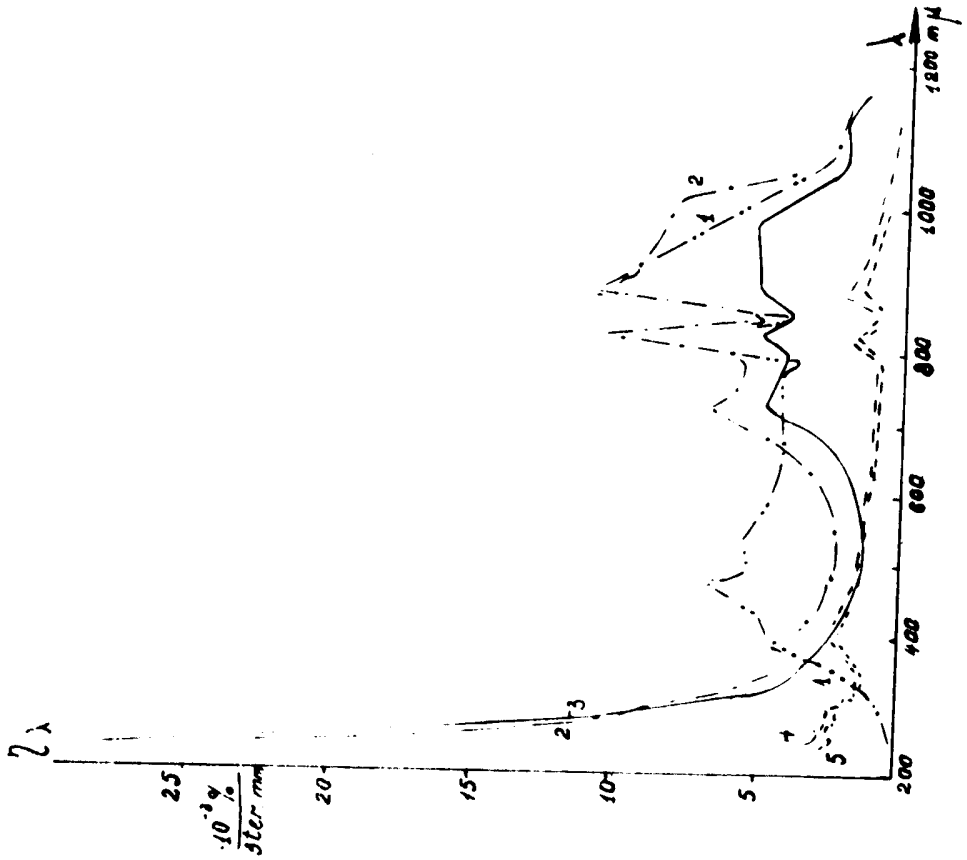

Fig 7

Fig.7. Spectral efficiency η_λ for tubular (r = 2.5 mm, ℓ = 7 cm, 1 - C = 2500 μF, U = 0.3 kv; 2-8 μF, U = 1.6 kv) and spherical xenon lamps (ℓ = 2.5 mm, 3 - 3 μF, 3 kv; 4 - 0.27 μF, 3 kv; 5 - 0.025 μF, 3 kv).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/12/12 : CIA-RDP80T00246A016400020001-7