

Photozellen Photoelectric cells Células fotoeléctricas ФОТОЭЛЕМЕНТЫ

Photozellen sind photoelektronische Bauelemente, bei denen durch Bestrahlung der Kathode Elektronen ausgelöst werden. Die Größe des daraus gebildeten Stromes ist ein Maß für die einfallende Strahlung.

In einem evakuierten Glasgefäß befindet sich auf einem Teil der Innenwandung als Kathode die lichtempfindliche Schicht. Dieser gegenüber ist eine Elektrode – die Anode – angeordnet, die durch ihre positive Spannung die aus der Kathode ausgetretenen Elektronen auffängt. Durch die Wandung des Glasgefäßes sind Metalldrähte eingeschmolzen, welche die elektrische Verbindung zu Kathode und Anode herstellen.

Aufgabe der Photozelle ist, die mit einem zu beobachtenden Vorgang gekoppelte wechselnde Bestrahlung analog auf Steuervorgänge zu übertragen, Relais zu betätigen oder die Strahlungsintensität auf einem elektrischen Meßinstrument quantitativ zur Anzeige zu bringen. Durch ihren hohen Innenwiderstand geben Photozellen große Spannungsamplituden und bieten damit eine bequeme Steuerungsmöglichkeit elektrischer Verstärker und Regelgeräte.

Photokathoden

Grundsätzlich zeigen alle Metalle photoelektrische Eigenschaften. Für die technische Verwendung in serienmäßig hergestellten Photozellen haben sich bevorzugt die Alkalimetalle als geeignet erwiesen. Meistens besteht die Kathode jedoch in einem komplizierten Schichtaufbau aus Cäsiumoxid auf einer Silberunterlage oder in einer Verbindung von Cäsium und Antimon. Solche Photozellen zeigen bei Bestrahlung mit Glühlampenlicht große Empfindlichkeit. Den mittleren spektralen Empfindlichkeitsverlauf, bezogen auf energiegleiches Spektrum, der serienmäßig hergestellten Photokathoden zeigen die Diagramme Abbildungen 20 bis 23.

Gefäßmaterial

Das Material der Zellengefäße wird den Spektralkurven der Photokathoden bzw. ihrem Verwendungszweck angepaßt. Photozellen, die in Verbindung mit Glühlampen oder Tageslicht verwendet werden, werden aus normalem Thüringer Glas mit einer unteren Durchlässigkeitsgrenze von ca. 350 nm hergestellt. Für Sonderzwecke – bei Arbeiten mit kurzwelligem Licht oder mit UV-Strahlung – besitzt das Zellengefäß für den Strahlungsdurchtritt ein Fenster aus synthetischem Quarz.

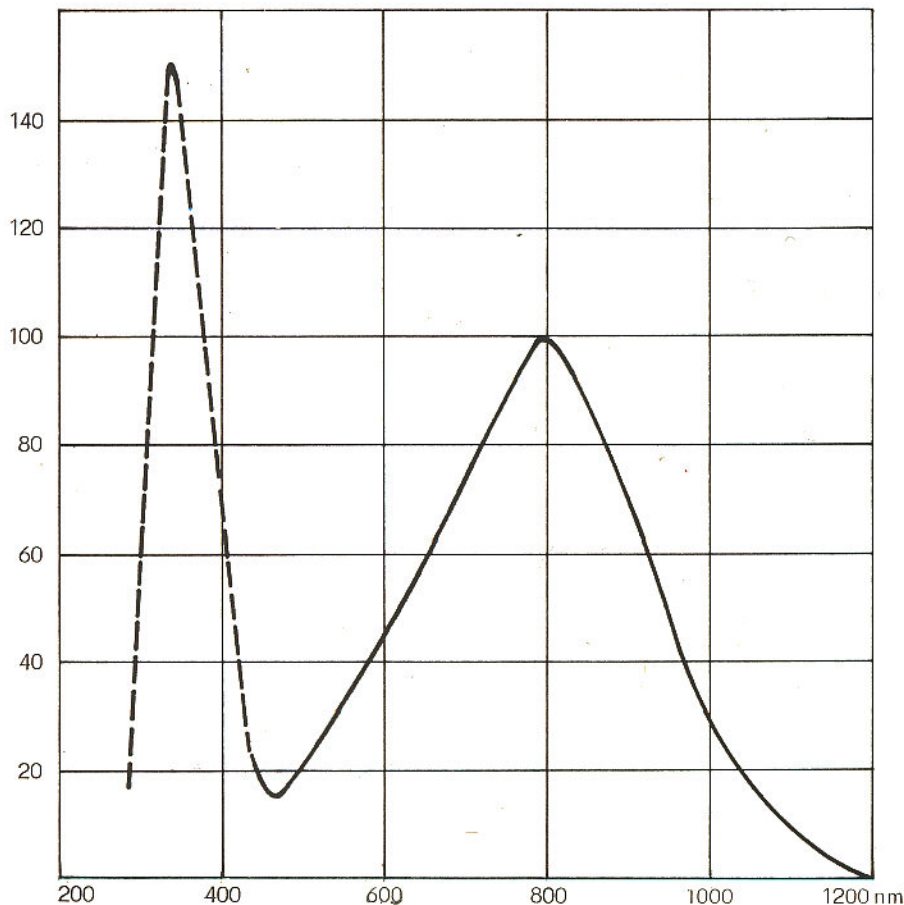
G = Zellengefäß aus Thüringer Glas
Q = Zellengefäß mit Quarzfenster

Gasfüllung

Bis auf wenige Ausnahmen können Photozellen grundsätzlich als Vakuum- oder gasgefüllte Zellen hergestellt werden. Vakuumzellen bieten den Vorteil einer größeren Konstanz, gasgefüllte Zellen dagegen eine etwa um den Faktor 5...10 höhere

20

Spektralkurve S-1 (Cäsiumoxid-Kathode)
Spectral curve S-1 (caesium oxide-cathode)
Curva espectral S-1 (cátodo de óxido de cesio)
Кривая спектральной чувствительности S-1 (кислородно-цезиевый катод)



Empfindlichkeit als Folge innerer Verstärkung durch Ausnützen der Gasionisation.

Vakuumpzellen zeigen eine ausgesprochene Sättigung des Photostromes in Abhängigkeit von der angelegten Betriebsspannung, d. h. oberhalb eines von der Zellenform oder der Elektrodenkonfiguration bestimmten Spannungswertes ist die Empfindlichkeit nahezu von der Betriebsspannung unabhängig. Gasgefüllte Zellen dagegen weisen als Folge der mit der Bewegung der Ladungsträger gekoppelten Ionisation eine von der angelegten Betriebsspannung abhängige Empfindlichkeit auf, die gegen einen kritischen Wert rapide zunimmt. Dieser kritische Wert ist mit der sogenannten Zündspannung einer Gasentladungsröhre vergleichbar, bei der die elektrische Entladung in eine selbständige Form übergeht, bzw. der elektrische Durchbruch erfolgt.

Dieser Entladungszustand darf sich jedoch bei einer Photozelle mit Rücksicht auf ihre geforderte Konstanz und Funktionstüchtigkeit niemals einstellen. Aus diesem Grunde ist dafür zu sorgen, daß für eine gasgefüllte Photozelle einmal ein Schutzwiderstand von 1... 10 MOhm vorgesehen, und zum anderen die angegebene maximale Betriebsspannung $U_{a \max}$ keineswegs überschritten werden.

Maximale Betriebsspannung

Gasgefüllte Photozellen werden in der Regel für die beiden maximalen Betriebsspannungen 100 V und 150 V hergestellt. Für Vakuumpzellen wird als maximale Betriebsspannung im allgemeinen 200 V angegeben, wobei darauf hingewiesen wird, daß dieser Wert nicht ganz so kritisch ist wie im Falle der gasgefüllten Zellen. Wichtig ist lediglich, daß die Betriebsspannung einer Vakuumpzelle oberhalb desjenigen Punktes des Photostromes liegt, der unabhängig von der Betriebsspannung ist.

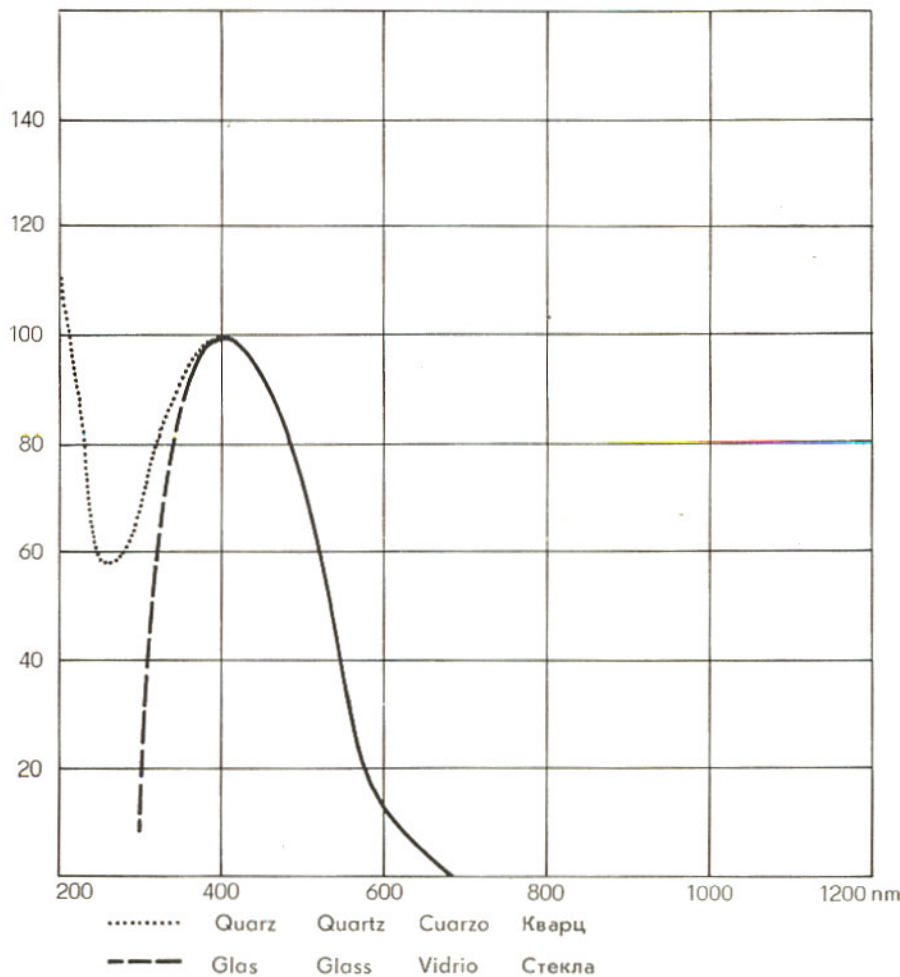
Empfindlichkeit

Zwischen einfallendem Licht bzw. einfallender Strahlung und ausgelöstem Photostrom besteht grundsätzlich Proportionalität, wobei man jedoch bedenken muß, daß diese Gesetzmäßigkeit nur innerhalb bestimmter Grenzen der Belastbarkeit gelten kann. Der Proportionalitätsfaktor ist die sogenannte Empfindlichkeit s , die damit als Maß für die Beurteilung einer Photozelle dient und mathematisch als Quotient aus Photostrom I_{ph} (μA) und dem Lichtstrom Φ (Lumen) formuliert wird:

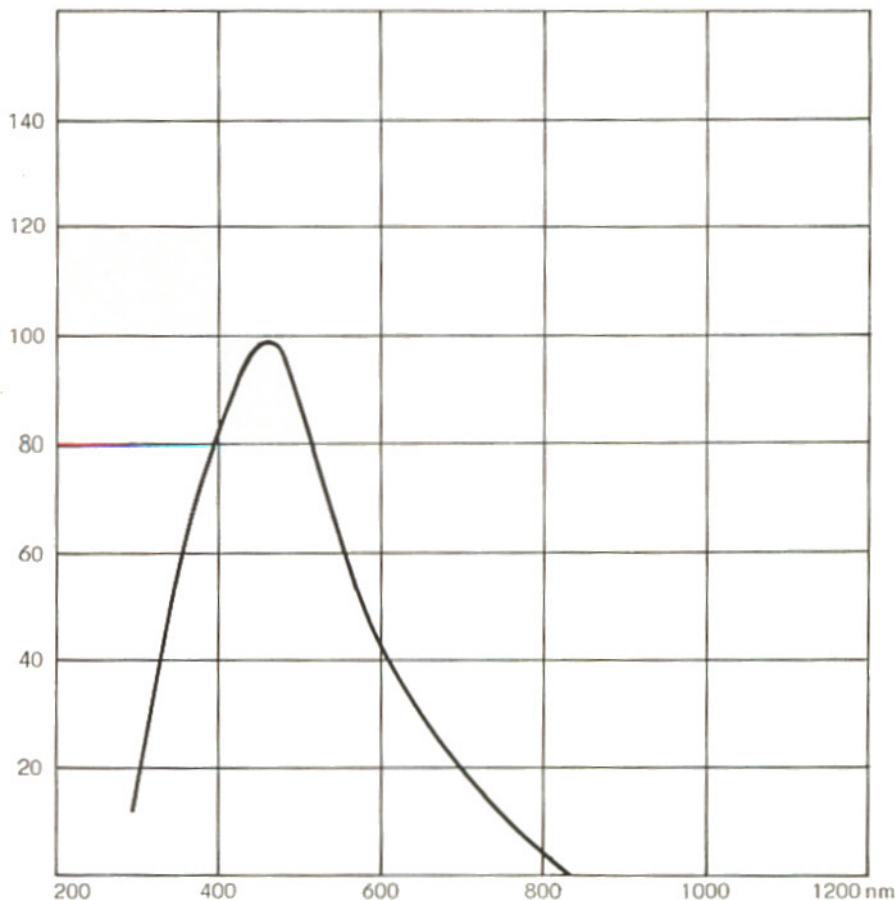
$$s = \frac{I_{ph}}{\Phi} \quad (\mu A/lm)$$

Die Messung der Empfindlichkeit erfolgt unter genormten Bedingungen bei der maximalen Betriebsspannung, mit einem Schutzwiderstand von 1 Megohm und Normlichtart A (Wolfram-Glühlampe, Farbtemperatur $T_f = 2850$ K), wobei mit einem Lichtstrom $\Phi = 0,01$ Lumen gemessen wird.

Spektralkurve S-4 (Cäsium-Antimon-Kathode)
Spectral curve S-4 (caesium-antimony cathode)
Curva espectral S-4 (cátodo de cesio-antimonio)
Кривая спектральной чувствительности S-4 (сурьмяно-цезиевый катод)



21



Spektralkurve S-20 (Trialkali-Kathode)
 Spectral curve S-20 (trialkali cathode)
 Curva espectral S-20 (cátodo trialcalino)
 Кривая спектральной чувствительности S-20 (трёхщелочный катод)

22

Belastbarkeit

Im Interesse einer langen Lebensdauer, Reproduzierbarkeit der Messung und Proportionalität zwischen Photostrom und Strahlung haben sich aus der Erfahrung für die Belastung der Photozellen die genannten Werte der maximalen Stromdichte $i_{ph \max}$ als zweckmäßig erwiesen.

Die angegebenen Werte beziehen sich auf eine Bestrahlung mit Dauergleichlicht; die Größen für $I_{ph \max}$ gelten für voll ausgeleuchtete Kathodenflächen. Im Falle kurzzeitiger oder impulsartiger Belastungen können die Photozellen etwa mit den doppelten Strömen belastet werden.

Bei gasgefüllten Photozellen erhöht sich die Strombelastbarkeit im Falle niedrigerer Betriebsspannungen. Photozellen sollen in jedem Falle im Dunkeln gelagert werden. Die maximale Umgebungstemperatur soll 50 °C nicht überschreiten.

Dunkelstrom

Als Dunkelstrom I_0 einer Photozelle ist der Strom zu verstehen, der ohne Bestrahlung fließt. Für eine Photozelle setzt er sich aus drei Komponenten Isolationsstrom, Ionisationsstrom und thermischer Emissionsstrom zusammen.

Mit thermischen Emissionsströmen in meßbarer Größe ist nur bei den rottempfidlichen Cäsiumoxid-Photozellen zu rechnen, während der Ionisationsstrom nur bei gasgefüllten Photozellen auftritt.

Frequenzabhängigkeit

Die Frequenzabhängigkeit einer Photozelle kennzeichnet die Eigenschaft der Empfindlichkeitsänderung mit der Änderung der Modulationsfrequenz der einfallenden Strahlung. Sie tritt nur bei gasgefüllten Photozellen auf. Vakuumzellen besitzen keine Frequenzabhängigkeit. Bei letzteren ist gegebenenfalls lediglich ihre Eigenkapazität von wenigen pF in Rechnung zu setzen. Bei den gebräuchlichen Gaszellen ist bei einer Strahlungsfrequenz von 10 kHz mit einer Abnahme der Empfindlichkeit um 25 % zu rechnen. Als Folge der endlichen Ionisierungs- und Entionisierungszeiten des Füllgases nimmt dieser Wert bei weiterer Erhöhung der Frequenz zu.

23

Spektralkurve K (Kalium-Kathode)
 Spectral curve K (potassium cathode)
 Curva espectral K (cátodo de potasio)
 Кривая спектральной чувствительности K (калиевый катод)

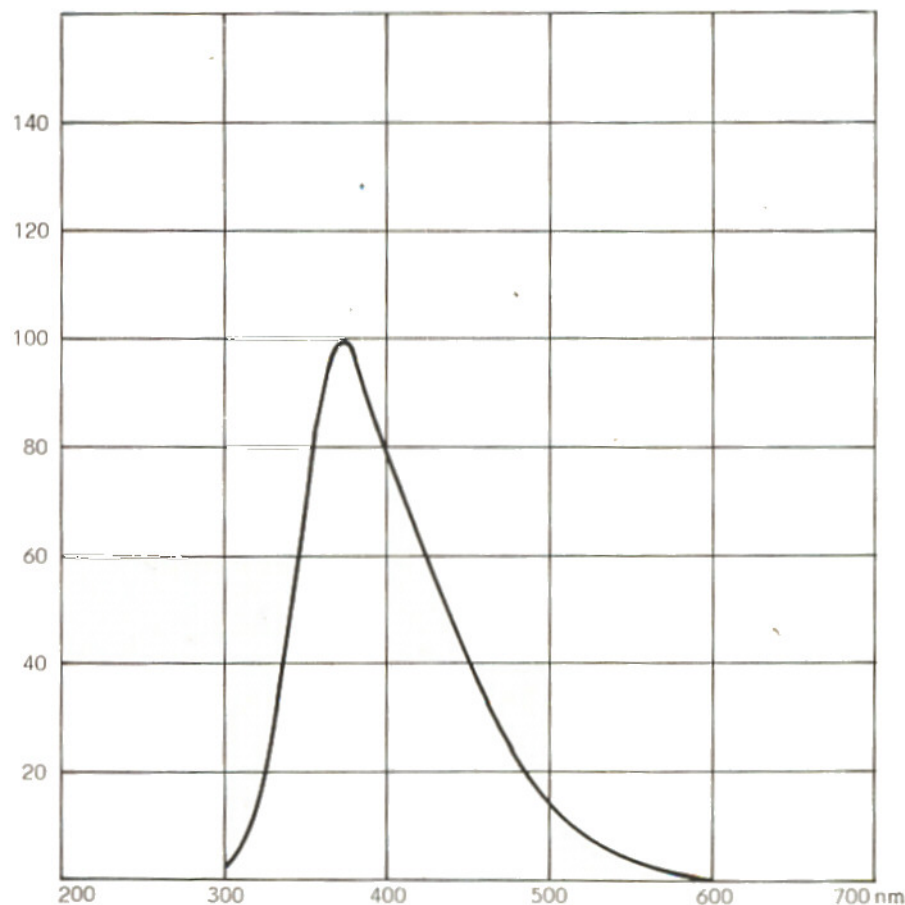


Tabelle 6 **Vakuum-Photozellen**
Vacuum photoelectric cells
Células fotoeléctricas de vacío
Вакуумные фотоэлементы

Type Type Tipo Тип	Spektralkurve Spectral Curve Curva espectral Кр. спект. чув.	U_a max V	s $\mu\text{A}/\text{lm}$	I_0 max A	\bar{I}_{ph} max μA	\bar{I}_{ph} max $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Bild Fig. Fig. Илл.
Normaltypen Standard Types Tipos normalizados Нормальные типы							
485 GZV	S-1	200	20 ...	$5 \cdot 10^{-10}$	2,0	0,5	24
494 LA/GZV							25
494 LA/GAV	S-4	200	35 ...	10^{-9}	2,5	1,0	26
499 GAV							26
Mit sprungstellenfreier Strom-Spannungs-Charakteristik With discontinuity-free current-voltage characteristic Con característica de corriente-tensión exenta de discontinuidades Вольтамперная характеристика без точек разрыва							
MV (491s)	S-1	125	22 ...	$2 \cdot 10^{-11}$	1,0		27
MVS (491a)			35 ...				
MQVS (490a)*	S-4		40 ...	$5 \cdot 10^{-12}$			
612 GAV		200	35 ...	10^{-9}	2,5	1,0	28
Mit extrem niedriger Sättigungsspannung (ca. 6–10 V) With extremely low saturation voltage (appr. 6–10 V) Con tensión de saturación extremadamente baja (aprox. de 6 a 10 V) С крайне низким напряжением насыщения (около 6–10 В)							
477 GZV	S-1	100	20 ...	10^{-8}	1,5	1,0	29
477 GAV	S-4		35 ...				
MTV c (603m)	S-20	125	100 ...	10^{-11}	0,5	0,1	30
Spezialzelle zur Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums h mit ausheizbarer Anodenschleife Special cell for the determination of the Planck constant h with bakeable anode loop Célula especial para determinar la constante de Planck h con bucle anódico calentable Специальный фотоэлемент для определения постоянной Планка h с прогреваемой петлей анода							
451 SUMU/GKV	K	200	0,5	$5 \cdot 10^{-11}$	1,2	0,1	31

* mit Quarzfenster
 with quartz window
 con ventana de cuarzo
 с кварцевым окном

Tabelle 7 **Gasgefüllte Photozellen**
Gas-filled photoelectric cells
Células fotoeléctricas de gas
Газонаполненные фотоэлементы

Type Type Tipo Тип	Spektralkurve Spectral Curve Curva espectral Кр. спект. чув.	$U_{0 \text{ max}}$ V	s $\mu\text{A}/\text{lm}$	$I_0 \text{ max}$ A	$\bar{I}_{\text{ph max}}$ μA	$\bar{I}_{\text{ph max}}$ $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Bild Fig. Fig. Илл.				
Normaltypen	Standard Types	Tipos normalizados		Нормальные типы							
477 PKLA/GTE 479 PKLA/GIE	S-1	100	50...120	$5 \cdot 10^{-8}$	0,7	0,1	32				
			120...								
479 PKLA/GTH 479 PKLA/GIH		150	50...120								
			120...								
480 PALA/GTE 480 PALA/GIE		100	50...120					$5 \cdot 10^{-10}$	0,3	0,1	33
			120...								
480 PALA/GTH 480 PALA/GIH		150	50...120								
			120...								
485 GZE	S-4	100	100...	10^{-9}	1,3	0,5	24				
494 LA/GZE			25								
494 LA/GAE			26								
499 GAE			150...								

Mit sprungstellenfreier Strom-Spannungs-Charakteristik

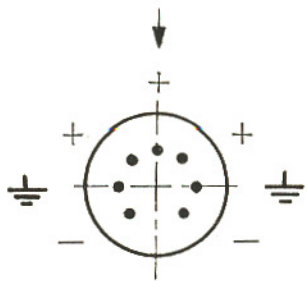
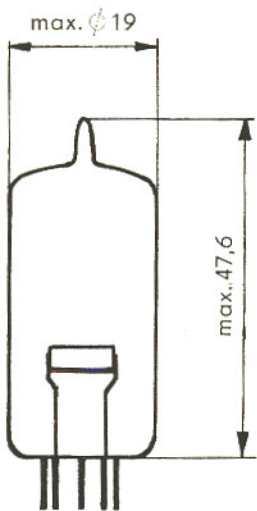
With discontinuity-free current-voltage characteristic

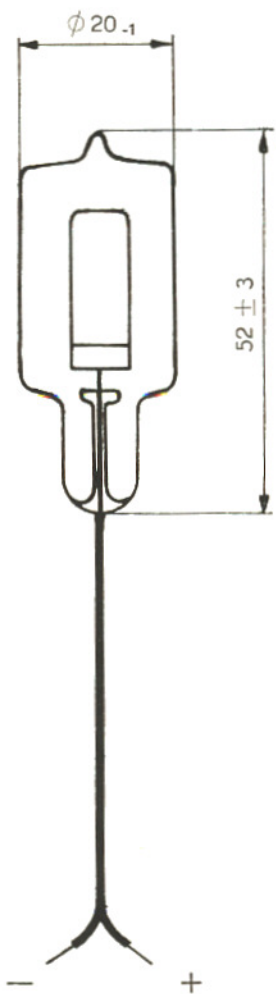
Con característica de corriente-tensión exenta de discontinuidades

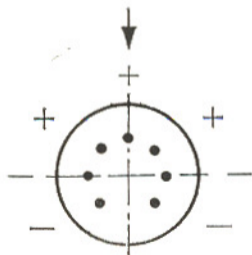
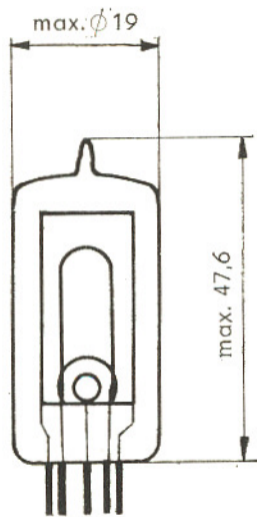
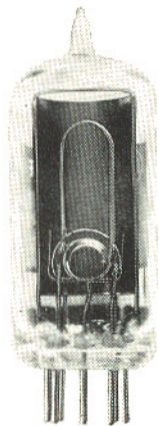
Вольтамперная характеристика без точек разрыва

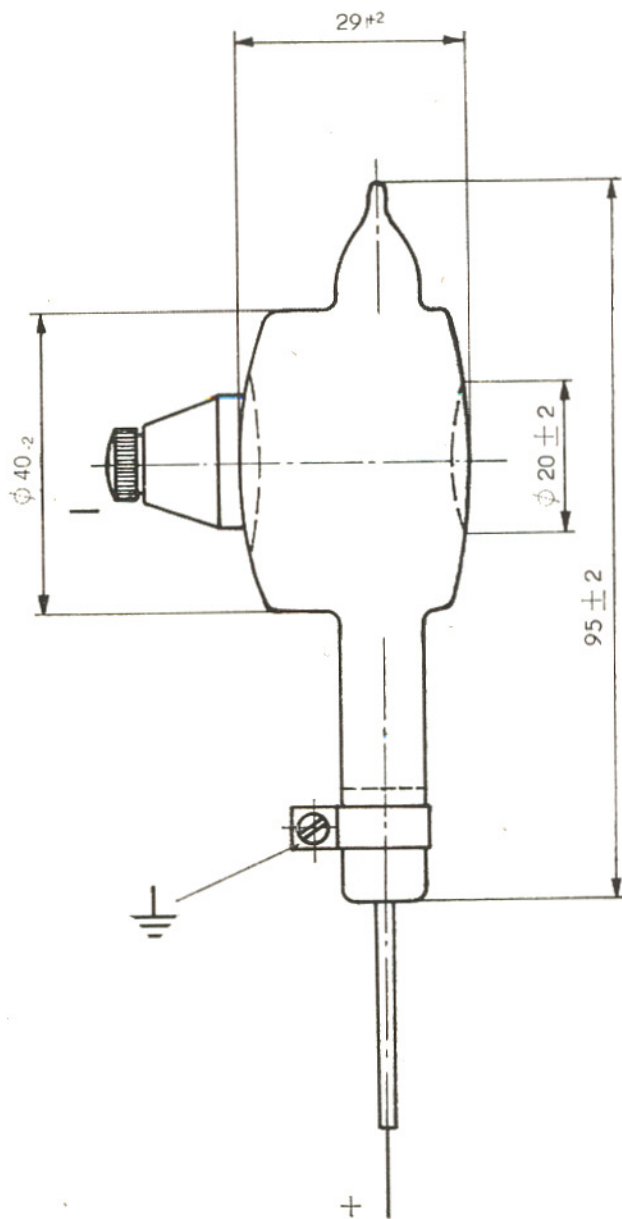
MG (491 t)	S-1	125	70...	$2 \cdot 10^{-11}$	0,5		27
MGS (491 b)	S-4		100...				
MQGS (490 b)*			120...	$5 \cdot 10^{-12}$			
612 GAE		100	150...	10^{-9}	1,3	0,5	28

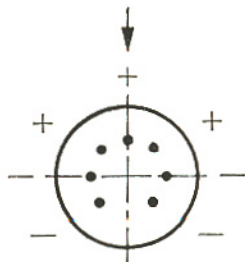
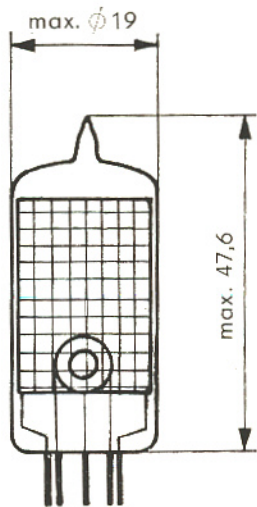
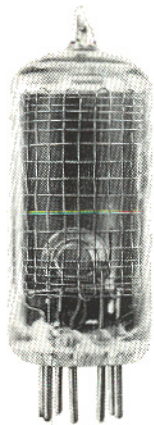
* mit Quarzfenster
with quartz window
con ventana de cuarzo
с кварцевым окном

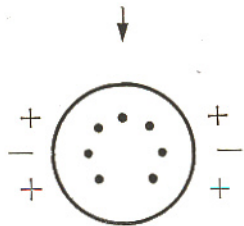
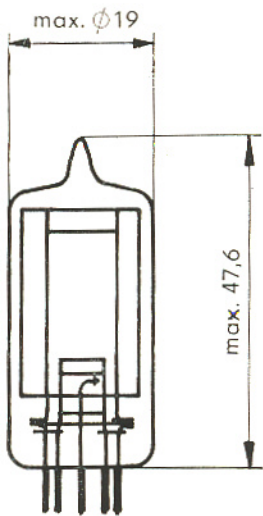
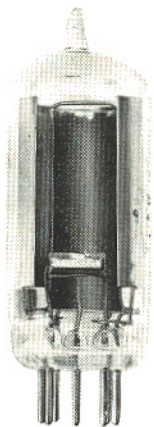


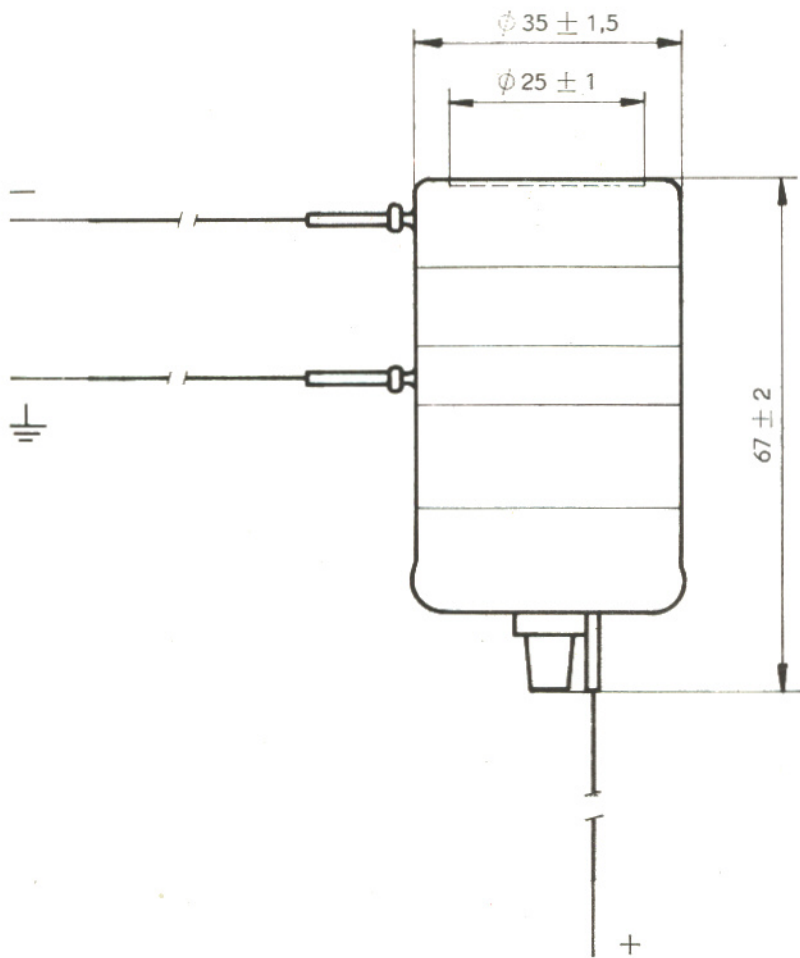
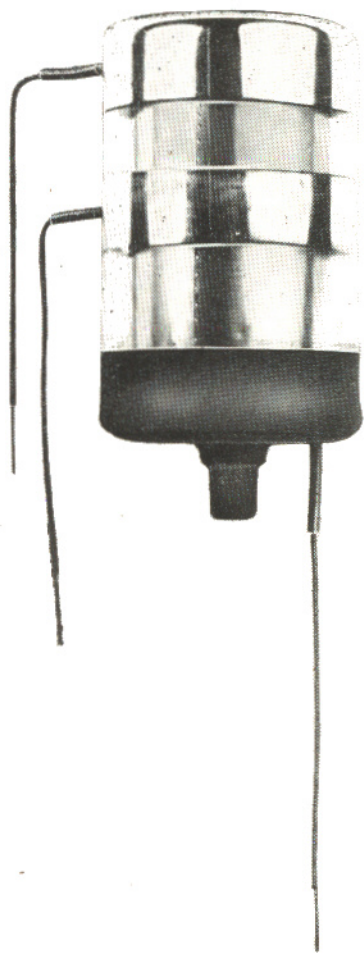


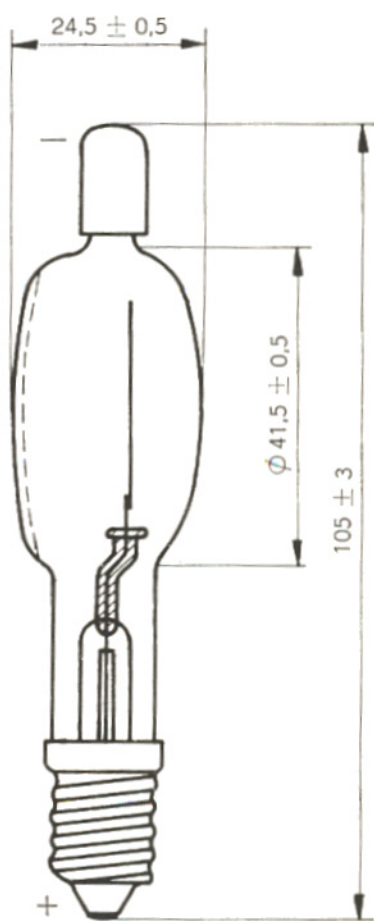




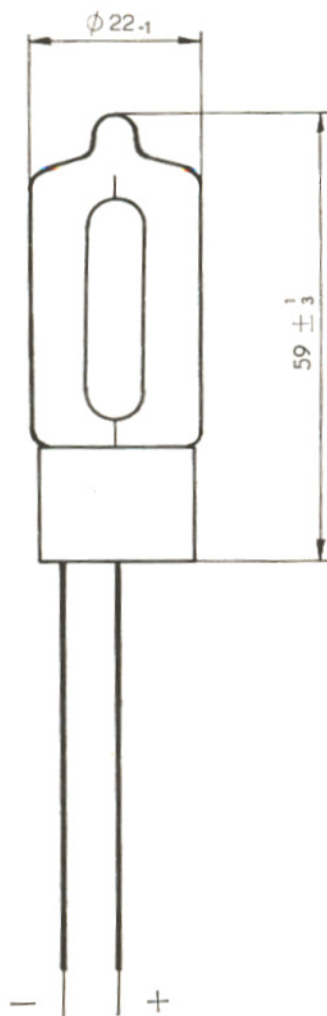




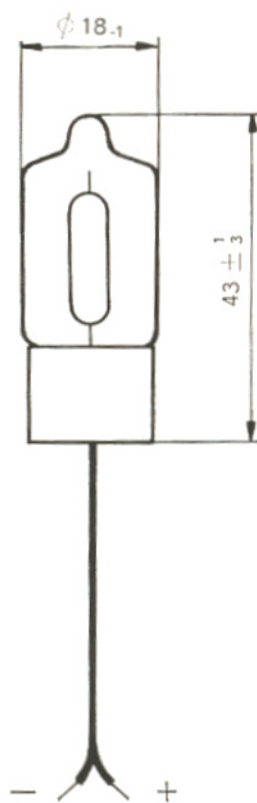




31



32



33