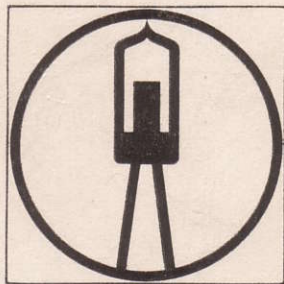


Beschreibung und Gebrauchsanleitung

Photovervielfacher M12FS52A
M12FQS52A



CARL ZEISS
JENA

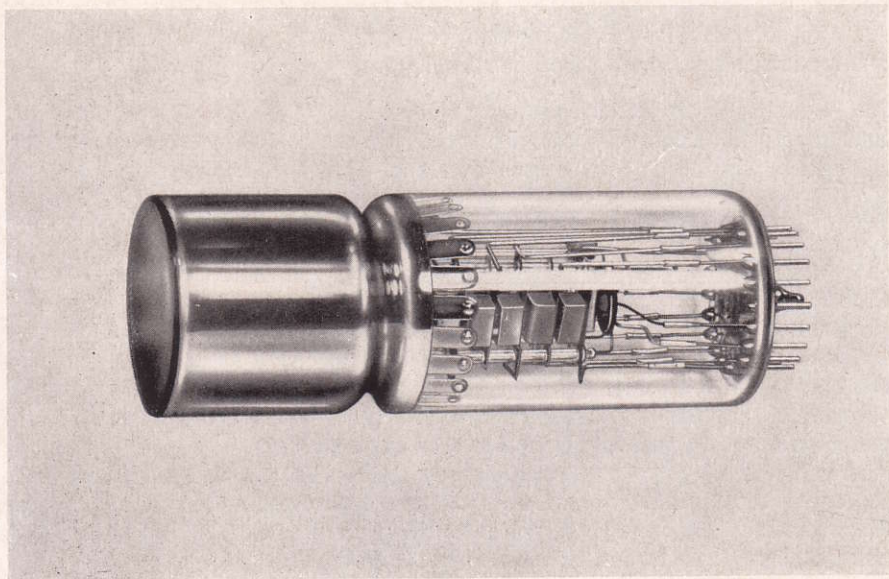
1. Beschreibung

Die Typen M 12 FS 52 A und M 12 FQS 52 A sind zwölfstufige Photovervielfacher mit einer nutzbaren Durchsichtsfrentkathode des Spektraltyps S 11/Cs₃Sb (M 12 FS 52 A) bzw. S 13/Cs₃Sb mit Quarzfenster (M 12 FQS 52 A) von 44 mm Durchmesser. Der Kathodentyp S 11 mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei etwa 450 nm erfaßt einen Spektralbereich von 320 bis 600 nm, während der Kathodentyp S 13 bei gleichem Empfindlichkeitsmaximum und gleicher langwelliger Grenze eine kurzwellige Grenze von etwa 170 nm besitzt. Die Röhren haben einen maximalen Außendurchmesser von 52 mm und eine Aufsetzlänge von 140 mm (Bild 1).

Beide Typen haben ein Box-Dynodensystem. Das elektronenoptische Überführungssystem wird charakterisiert durch eine Fokussierungselektrode E₁ zur Einstellung optimaler Arbeitsbedingungen je nach Anwendungsgebiet. Diese Elektrode ermöglicht eine Modulation des Photostromes ebenso wie eine Verminderung des thermischen Emissionsstromes der Photokathode durch Verringerung der wirksamen Kathodenfläche mittels elektronenoptischer Ausblendung der Kathodenrandgebiete.

Der M 12 FS 52 A und der M 12 FQS 52 A sind Standard-Photovervielfacher für den allgemeinen Einsatz sowohl in der Photometrie und Spektrometrie als auch in der Szintillationstechnik.

Bild 1. Der Photovervielfacher M 12 FS 52 A



In gleichen Abmessungen und gleicher Sockelbeschaltung gehören weiter zum Photovervielfacher-Fertigungsprogramm die Typen:

S 12 FS 52 A: zwölfstufiger Photovervielfacher mit S 11/Cs₃Sb-Photokathode, speziell für Kernspektrometrie

P 12 FS 52 A: zwölfstufiger rauscharmer Photovervielfacher mit S 11/Cs₃Sb-Photokathode

P 12 FQS 52 A: wie P 12 FS 52 A, mit Quarzfenster

M 12 FC 52 A: zwölfstufiger Photovervielfacher mit S 20/SbNaKCs-Trialkali-Photokathode

M 12 FQC 52 A: wie M 12 FC 52 A, mit Quarzfenster

2. Betrachtungen zur Applikation

Die Photovervielfacher M 12 FS 52 A bzw. M 12 FQS 52 A finden Anwendung sowohl in der Kernphysik als auch in der Photometrie. Im Zusammenhang mit der Kernphysik werden diese Photovervielfacher in Verbindung mit entsprechenden Szintillatoren z. B. für folgende Meßprobleme eingesetzt:

Röntgen- und Gamma-Spektrometrie zur Identifizierung unbekannter Strahlung; zur Tumordiagnostik in der Medizin; zur zerstörungsfreien Materialuntersuchung; zur Dickenmessung (Rückstreupeak); zur Lokalisierung strahlender Isotope in Biologie, Medizin, Chemie, Geologie, Hüttenkunde usw.; zur Überwachung radioaktiver Luft und Abwässer; zur Bodenanalyse bei Bohrlochuntersuchungen in Verbindung mit Neutronenquellen; zur Feuchtigkeitsmessung und Füllstandmessung; zur Aktivitätsmessung; zur Röntgenfluoreszenzanalyse; zur Mössbauer-Spektrometrie; zur Untersuchung der Höhenstrahlung.

Anwendungsgebiete in der Photometrie sind:

Spektroskopie, Absorptionsuntersuchungen, Astronomie, Belichtungsautomatik, Bildübertragung durch punktweise Abtastung, Direktspektralanalyse u. a. m.

Beim Einsatz der Photovervielfacher in der Photometrie werden folgende Forderungen gestellt:

Gute Linearität zwischen einfallendem Lichtstrom und Photostrom (über 4 bis 5 Größenordnungen).

Nach unten wird der Linearitätsbereich durch den Dunkelstrom bzw. bei Kompensation durch die Schwankungen des Dunkelstromes (Schrotrauschen) begrenzt.

Die obere Grenze ist unter der Voraussetzung, daß der Spannungsteilerstrom ca. 100mal größer als der Photostrom ist, durch Ermüdungserscheinungen des Dynodenmaterials oder Raumladungserscheinungen gegeben.

Ausreichende Konstanz und Reproduzierbarkeit ($\leq 5\%$ bis zu Strömen von μA). Bei Verwendung von Wechsellichtmethoden muß die Bandbreite des verwendeten Photovervielfachers genügend groß sein. (Beim M 12 FS 52 A und M 12 FQS 52 A beträgt diese begrenzende Bandbreite ca. 25 MHz.)

Bei den meisten Anwendungen der Photovervielfacher M 12 FS 52 A bzw. M 12 FQS 52 A in der Photometrie ist der zu registrierende Lichtstrom Φ größer als das Strahlungsäquivalent des Dunkelstromes Φ_0 ($\Phi > \Phi_0$). Für dieses Gebiet gilt für das

Signal-Rausch-Verhältnis $\frac{S}{R}$:

$$\frac{S}{R} = \sqrt{\frac{s_k \cdot \Phi}{2e \cdot \Delta f}}$$

Dabei ist: s_k die Kathodenempfindlichkeit ($\mu A/lm$)

Φ der zu messende Lichtstrom (lm)

e die Elektronenladung (As)

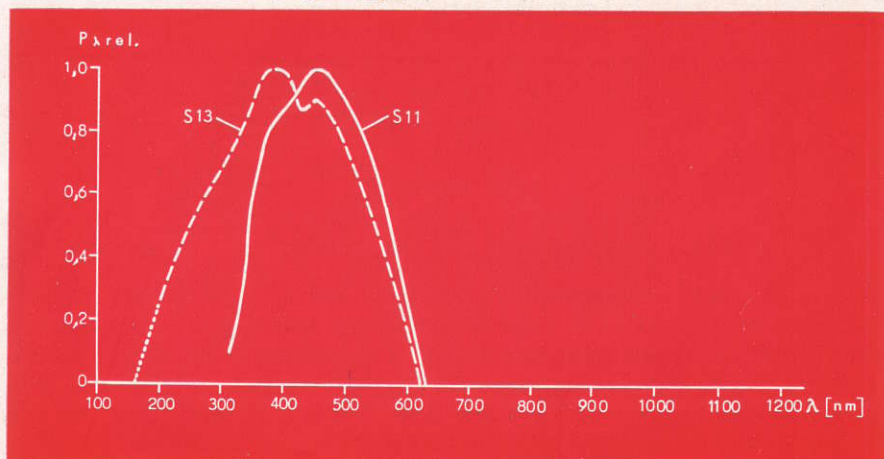
Δf die Bandbreite der Anordnung (Hz)

Diese Beziehung gilt jedoch nur, wenn die verwendete Lichtquelle nicht zusätzliche Rauschteile liefert (wie Leuchtstoffe, Szintillatoren usw.).

3. Spezielle Charakteristiken

Die Abhängigkeit der wesentlichsten „Technischen Parameter“ des M 12 FS 52 A und des M 12 FQS 52 A von den elektrischen Betriebsdaten wird in den graphischen Darstellungen der Bilder 2, 3 und 4 gezeigt. Diese ermöglichen eine eingehendere Kenntnis der Eigenschaften des Photovervielfachers und eine bessere Anpassung der Betriebsdaten an die Erfordernisse der gewünschten Meßanordnung.

Bild 2. Relative spektrale Empfindlichkeit $P_{\lambda rel}$ der Photokathoden der Typen S 11/Cs₃Sb ——— und S 13/Cs₃Sb (Quarz) - - - -



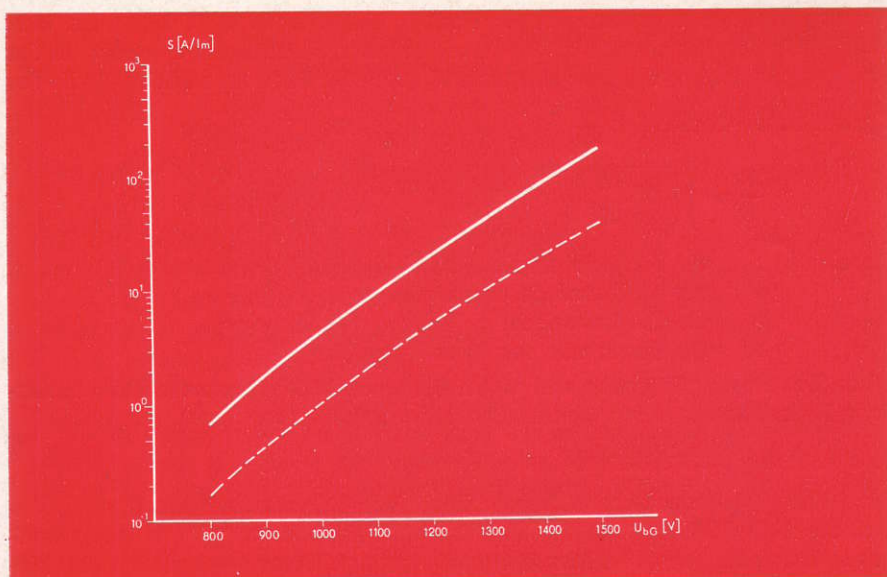


Bild 3

Bild 4

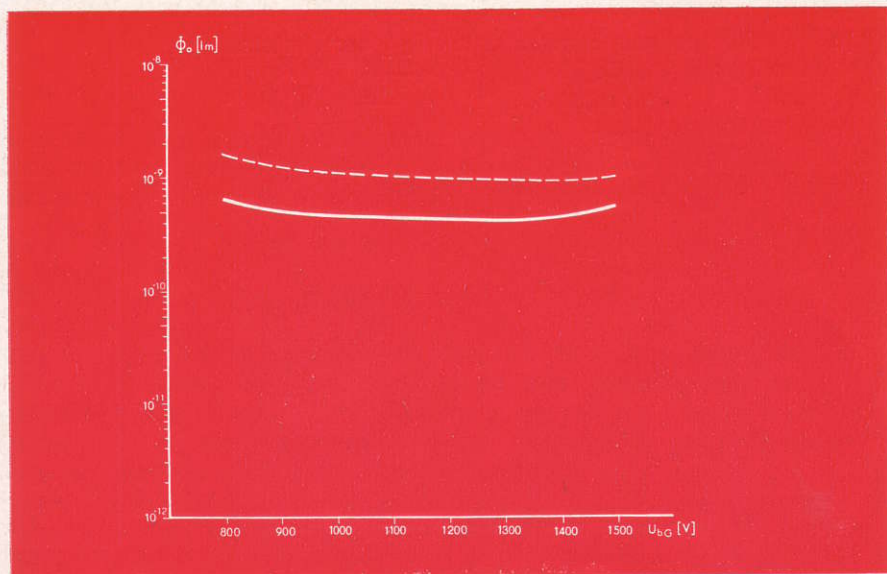


Bild 3. Empfindlichkeit s in A/lm als Funktion der Vervielfacherbetriebsspannung U_{bG} in V
 ——— Kurve der Garantiewerte
 ——— Kurve der Mittelwerte

Bild 4. Strahlungsäquivalent des Dunkelstromes Φ_0 in lm als Funktion der Vervielfacherbetriebsspannung U_{bG} in V
 ——— Kurve der Garantiewerte
 ——— Kurve der Mittelwerte

4. Betriebshinweise

Die Photovervielfacher sind vor Schlag und Stoß zu schützen. Sie sind als evakuierte Glaskolben stark implisionsgefährlich. Deshalb sind die einschlägigen Arbeitsschutzanordnungen zu beachten.

Beim Arbeiten mit Photovervielfachern soll die Luftfeuchtigkeit den Normalwert (70% rel. Feuchte) möglichst nicht überschreiten. Unruhiges Verhalten (hohe Dunkelstromschwankungen) kann von einem Feuchtigkeitssfilm auf dem Sockel oder an der Fassung verursacht werden.

Photovervielfacher sollen grundsätzlich trocken, kühl und vollkommen dunkel gelagert werden. Eine Vorbelichtung läßt den Dunkelstrom ansteigen; er stellt sich jedoch nach kurzer Zeit auf einen entsprechend niedrigeren, stabilen Wert ein. Deshalb ist vor der Durchführung präziser Messungen der Photovervielfacher zunächst mit 75% der gewünschten Betriebsspannung etwa 15 Minuten einzubrennen. Es empfiehlt sich, den Photovervielfacher während der Meßpausen unter Spannung zu lassen.

Entsprechend den Anforderungen, die an die Messung und deren Ergebnisse gestellt werden, ist die Vervielfacherbetriebsspannung U_{bG} elektronisch gut zu stabilisieren. Erforderlich ist eine Gleichspannung von 800 bis 1500 V.

Spannungsschwankungen ΔU_{bG} wirken sich bei einem n-stufigen Photovervielfacher in erster Näherung nach der Beziehung

$$\frac{\Delta V}{V} \triangleq \frac{\Delta s}{s} \approx n \frac{\Delta U_{bG}}{U_{bG}}$$

auf das Signal aus. Eine Signalkonstanz $\frac{\Delta V}{V}$ (Stabilität der Verstärkung) von $\pm 1\%$

erfordert also bei einem zwölfstufigen Photovervielfacher eine Spannungskonstanz von besser als $\pm 1\%$. Zur Erzeugung der einzelnen Spannungen für die Eingangselektronenoptik, die Dynodenstufen und die Anodenstufe dient für den M 12 FS 52 A und den M 12 FQS 52 A ein ohmscher Spannungsteiler nach Bild 5.

Um eine gute Linearität zwischen Lichtstrom Φ und Empfindlichkeit s zu gewährleisten, ist der Gesamtwiderstand des Spannungsteilers so zu wählen, daß der

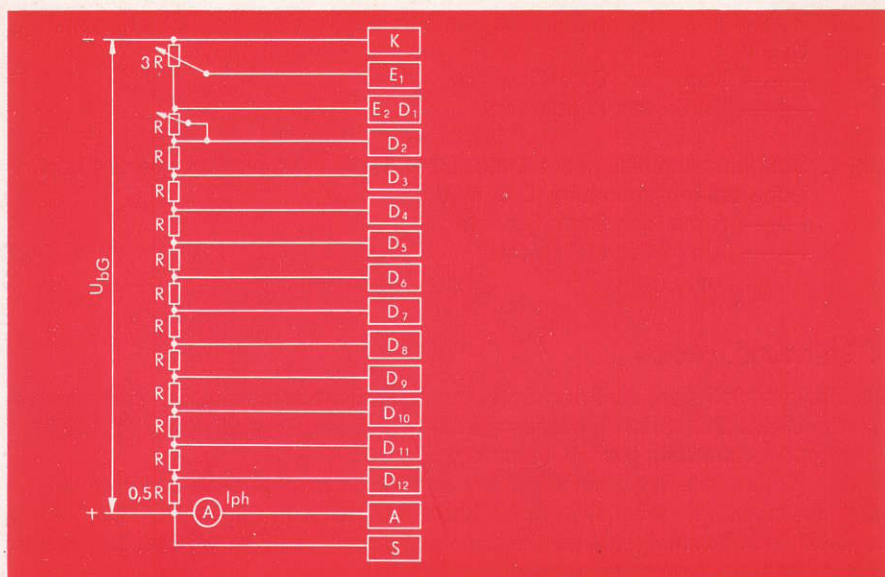


Bild 5. Ohmscher Spannungsteiler zum Betrieb der Typen M 12 FS 52 A und M 12 FQS 52 A ($R_K - E_1 \approx 1R$; $R_{D1} - D_2 \approx 0,5R$)

Spannungsteilerstrom I_R ca. 100mal größer als der mittlere auftretende Signalstrom I_a ist. Dadurch wird verhindert, daß bei Stromfluß im Photovervielfacher eine Verschiebung der eingestellten Potentialverhältnisse und damit eine Änderung des Verstärkungsfaktors auftritt. Die oben dargelegte Bedingung gilt für Gleichlichtbetrieb. Für den Impulsbetrieb gilt noch eine zusätzliche Forderung. Da bei dieser Betriebsart hohe Spitzenströme von allerdings kurzer Dauer auftreten, ist es notwendig — unter Beibehaltung des oben ermittelten Spannungsteilerstromes —, die letzten 4 bis 5 Dynodenstufen mit Kondensatoren zu überbrücken. Die Kondensatoren nehmen die kurzzeitigen Dynodenstromänderungen auf und verhindern unerwünschte Änderungen der Potentialverhältnisse.

Zur Einstellung optimaler Arbeitsverhältnisse wählt man das Potential der Fokussierungselektrode E_1 so, daß der Dunkelstrom I_0 des Photovervielfachers minimal wird. Danach wird bei belichteter Photokathode die Spannung zwischen Dynode D_1 und Dynode D_2 so eingeregelt, daß ein maximales Ausgangssignal entsteht. Nach Einstellung dieser optimalen Verhältnisse kann 15 Minuten nach Anlegen der Vervielfacherbetriebsspannung U_{BG} — während dieser Einbrennzeit reduziert sich der Dunkelstrom auf einen stationären Wert — mit der Messung begonnen werden.



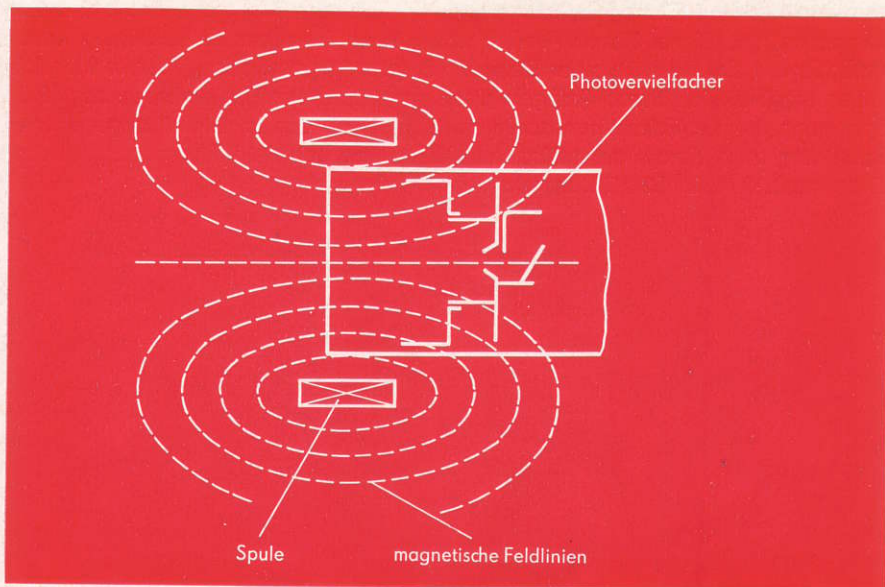


Bild 7. Schema einer Möglichkeit zur magnetischen Fokussierung

Vereinfachte bzw. verbesserte Betriebsbedingungen erhält man bei Benutzung des zum Produktionsprogramm gehörenden Zubehörs, wie Meßköpfe, Kühleinrichtungen und magnetische Abschirmungen.

Schrifttum zu den Abschnitten 1 bis 4

L. Friese, H.-J. Pohl:

Neue Photovervielfacher.

Jenaer Rundschau, Heft 2 (1965), S. 140.

G. O. Stricker:

Ultraphotometer Using Magnetically Modulated Photomultiplier.

Acta technica academiae scientiarum hungaricae, 1957.

L. Reichel:

Sekundärelektronenvervielfacher in der kernphysikalischen Meßtechnik.

Jenaer Rundschau, Heft 6 (1961), S. 117.

G. Nentwig:

Aufbau und Wirkungsweise des Szintillationsmeßkopfes VA-S-961.

Radio und Fernsehen (1960), S. 191.

5. Technische Parameter

Garantiert wird der min. Wert bzw. max. Wert

M 12 FS 52 A

M 12 FQS 52 A

Parameter	Inform. Angabe	min. Wert	mittl. Wert	max. Wert	Dimension
5.1. Parameter der Photo- kathode					
nutzbarer Durchmesser d				44	mm
Kathodenempfindlich- keit s_K		40	60		$\mu\text{A/lm}$
Spektraltyp	S 11 S 13*)				
Spektralbereich	320...600 (170...600*)				nm
5.2. Parameter des Sekundär- emissionssystems					
Vervielfachung V			$2 \cdot 10^6$		
Stufenzahl n	12				
Dynodenstruktur	Box				
Anzahl der Steuer- elektroden E	1				
Proportionalitäts- bereich (5%) bei mittlerem Anoden- strom	0,5				μA
Zulässiger Anodenstrom bei Gleichlichtbetrieb	0,1				mA
Vervielfacher- betriebsspannung U_{BG}				1500	V

*) abweichende Werte für M12 FQS 52 A

Parameter	Inform. Angabe	min. Wert	mittl. Wert	max. Wert	Dimension
5.3. Komplexe Parameter					
Empfindlichkeit bei $U_{BG} = 1400 \text{ V}$	$\lambda = 450 \text{ nm}$ $\lambda = 400 \text{ nm}^*)$	20	90 $7,1 \cdot 10^4$ $8,4 \cdot 10^4^*)$		A lm^{-1} A W^{-1} A W^{-1}
Gleichmäßigkeit der Empfindlichkeit $\frac{\Delta s}{s}$ Strahlungsäquivalent des Dunkelstromes Φ_0	20				%
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen h			$5 \cdot 10^{-10}$ 9,5 0)	$1 \cdot 10^{-9}$ 11 0)	lm %
Energieäquivalent der Dunkelimpulse E_{i0}			4 0)	7 0)	keV
Anstiegszeit der Impulse τ_a			10		ns
Temperaturbereich	$-65 \dots +55$				$^{\circ}\text{C}$
Festigkeit	7				g
Stoß	5*)				g
Schwingung	7 5*)				g g
5.4. Konstruktive Parameter					
Durchmesser des Photovervielfachers				51,5	mm
Durchmesser des Glaskolbens		49,0		51,0	mm
Durchmesser mit Abschirmung				59,0	mm
Aufsetzlänge		138,5		140,0	mm
Masse			160		g

*) bei M 12 FQS 52 A nicht gemessen

*) abweichende Werte für M 12 FQS 52 A

Erläuterung zu den „Technischen Parametern“

Kathodenempfindlichkeit s_k ($\mu\text{A/lm}$):

Gemessen mit einem Strahler der Normlichtart A (Farbtemperatur 2850 °K) bei Ausleuchtung der nutzbaren Kathodenfläche. Alle im Photovervielfacher befindlichen Elektroden — ausgenommen die Kathode — werden als Anode geschaltet. Die Spannung zwischen Kathode und Anode beträgt 300 V, die Beleuchtungsstärke liegt bei ca. 3 Lux.

Spektralbereich:

Wellenlängenbereich, in dem die relative spektrale Empfindlichkeit der Photokathode 10% des Maximalwertes übersteigt.

Zulässiger Anodenstrom:

Bei Überschreitung des angegebenen Wertes treten bleibende Veränderungen der wesentlichen Parameter auf.

Empfindlichkeit s (A/lm) oder (A/W):

Gemessen mit einem Strahler der Normlichtart A (Farbtemperatur 2850 °K). Bei der Messung wird die nutzbare Kathodenfläche ausgeleuchtet. Der Photovervielfacher wird unter Verwendung des auf dem Prüfschein angegebenen Spannungsteilers gemessen. Die als veränderlich angegebenen Spannungen werden dabei auf optimales Signal eingeregelt.

Interessiert die Empfindlichkeit in A/W bei einer bestimmten Wellenlänge λ , so ist die Umrechnung von A/lm in A/W über folgende Beziehung möglich:

$$s_{e\lambda} = K_{\max} \cdot P_{\lambda} \cdot s.$$

Dabei ist:

$s_{e\lambda}$ die Empfindlichkeit (A/W)

K_{\max} das photometrische Strahlungsäquivalent für den speziellen Kathodentyp (lm/W)

P_{λ} die relative spektrale Empfindlichkeit des interessierenden Kathodentyps

s die Empfindlichkeit (A/lm)

Für die verschiedenen Kathodentypen gelten für K_{\max} folgende mittlere Werte:

Kathodentyp	S 1	S 11	S 13	S 20	S 20 Q
K_{\max} (lm/W)	90	800	930	400	400

Gleichmäßigkeit der Empfindlichkeit:

Gemessen bei lokaler Beleuchtung der Photokathode mit einem Lichtpunkt, dessen Durchmesser ca. 10% des nutzbaren Kathodendurchmessers beträgt.

Strahlungsäquivalent des Dunkelstromes Φ_0 (lm) oder (W):

Errechnet sich aus der Empfindlichkeit s (A/lm) oder (A/W) und dem Dunkelstrom I_0 (A): $\Phi_0 = I_0/s$.

Dabei wird der Dunkelstrom I_0 , der sich 15 Minuten nach Anlegen der Hochspannung einstellt, gewertet. Die Messung wird bei einer Umgebungstemperatur von $+20^\circ\text{C}$ durchgeführt.

Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen h (%):

Gemessen mit einem ausgewählten NaJ(Tl)-Kristall und Cs^{137} . Dabei wird die Vervielfacherbetriebsspannung so gewählt, daß die Impulsamplitude an einem Arbeitswiderstand von $50\text{ K}\Omega$ 1 V beträgt (Schaltkapazität ca. 30 pF).

Energieäquivalent der Dunkelimpulse E_{10} (keV):

Gemessen wird 15 Minuten nach Anlegen der Vervielfacherbetriebsspannung bei absoluter Dunkelheit. Die Betriebsspannung und die Spannungsverhältnisse sind die gleichen wie bei der Messung des kernspektrometrischen Auflösungsvermögens. E_{10} ist bezogen auf γ -Strahlung im NaJ(Tl)-Einkristall für 10 Dunkelimpulse/s bei einer Arbeitszeitkonstante $\tau = 10^{-6}$ s. Die Impulsdichte beträgt dabei ca. 5000 Imp. s^{-1} (gezählt werden dabei alle Impulse > 66 keV).

Anstiegszeit der Impulse τ_a (ns):

Ist die Zeit, während der der Impuls von 10% auf 90% des Maximalwertes ansteigt (bei Einfall eines Lichtimpulses mit vernachlässigbarer Anstiegszeit).

Interessiert die Bandbreite Δf , so ist die Umrechnung über die Beziehung

$$\Delta f \approx \frac{0,3}{\tau_a}$$

möglich.

Temperaturbereich:

Bereich, in dem keine reversiblen Veränderungen der Parameter auftreten.

Festigkeit:

a) bei Stoß:

SEV wird in 3 verschiedenen Richtungen belastet, je Richtung 30 Stöße in 30 s.

b) bei Schwingungen:

SEV wird in 3 verschiedenen Richtungen belastet (bei einer Frequenz von 50 Hz je Richtung mit einer Dauer von 10 min, bei einer dem angegebenen Wert entsprechenden Schwingungsamplitude).

6. Abmessung und Sockelbeschaltung Bild 8

Stift Nr. 1 innere Verbindung
 Stift Nr. 2 Dynode 1, Elektrode 2
 Stift Nr. 3 Dynode 3
 Stift Nr. 4 Dynode 5
 Stift Nr. 5 Dynode 7
 Stift Nr. 6 Dynode 9
 Stift Nr. 7 Dynode 11
 Stift Nr. 8 innere Verbindung
 Stift Nr. 9 innere Abschirmung
 Stift Nr. 10 Anode

Stift Nr. 11 innere Verbindung
 Stift Nr. 12 Dynode 12
 Stift Nr. 13 Dynode 10
 Stift Nr. 14 Dynode 8
 Stift Nr. 15 Dynode 6
 Stift Nr. 16 Dynode 4
 Stift Nr. 17 Dynode 2
 Stift Nr. 18 innere Verbindung
 Stift Nr. 19 Elektrode 1
 Stift Nr. 20 Kathode

7. Abmessungen der Fassung 19—32

Teilkreisdurchmesser der Kontaktfedern: $(31,75 \pm 0,02)$ mm

Bild 8

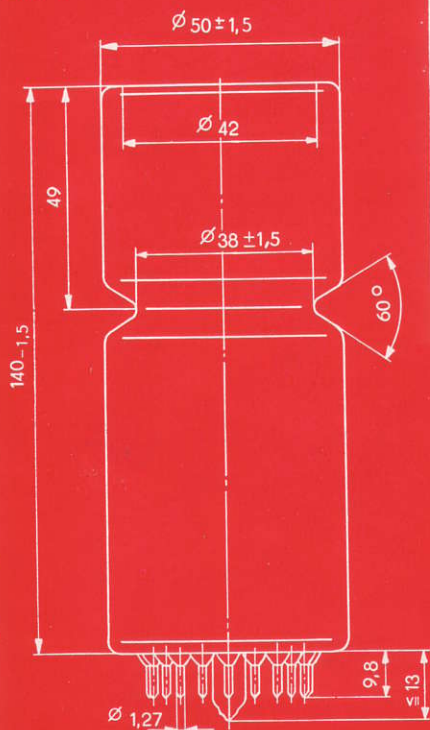
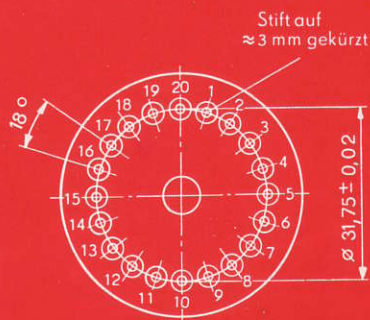
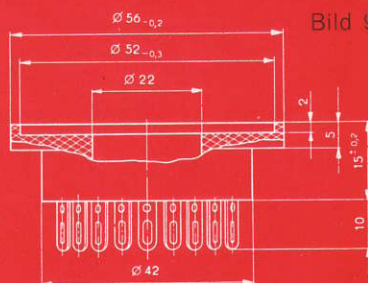


Bild 9



VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Strahlungsempfänger

Fernsprecher: Jena 27042 • Fernschreiber: Jena 0588622

Druckschriften-Nr. 47-G011-1