

# Fotovervielfacher M 11 FVS 300 und M 10 FS 300

Dipl.-Ing. JOACHIM KULLMANN

Mitteilung aus dem  
VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin

Die ständig wachsenden Forderungen vorwiegend auf dem Gebiet des technisch-wissenschaftlichen Gerätebaus sowie spezielle Sonderanwendungen sind mit dem bisher zur Verfügung stehenden Programm von Universal-Fotovervielfachern aus der Fertigung des VEB WF Berlin teilweise nicht mehr erfüllbar. In diesem Sinne erfolgt eine Weiterentwicklung insbesondere hinsichtlich der Erhöhung der Empfindlichkeit, der Verringerung des Dunkelstromes sowie der Verbesserung des Stabilitätsverhaltens. Unter diesen Gesichtspunkten erfolgte die Entwicklung des M 11 FVS 300. Unter Berücksichtigung einer speziellen Anwenderforderung entstand der mit einer Röntgenverstärkerfolie versehene M 10 FS 300, der unter Ausnutzung der Eigenschaften von Röntgenstrahlung z. B. die Auslösung von Schalt- bzw. Steuervorgängen gestattet.

## M 11 FVS 300

### Fotokatode

Der M 11 FVS 300 besitzt eine Antimon-Cäsium-Durchsichtsfotokatode, die auf ein Quarzfenster aus synthetischem Kieselglas vom Typ SQ 1 (VEB Schott & Gen., Jena) aufgedampft ist. Die daraus resultierende Spektralkurve zeigt Bild 1. Das Maximum der relativen spektralen Empfindlichkeit liegt bei  $\approx 400$  nm, der insgesamt erfaßte Bereich umfaßt 170...640 nm. Die durch das SQ-1-Fenster zu niedrigen Wellenlängen hin ausgedehnte Empfindlichkeit macht den M 11 FVS 300 insbesondere für spektrometrische Messungen bzw. Untersuchungen im Ultraviolettbereich des Spektrums verwendbar.

Aus ökonomischen Gründen besteht nur das Eintrittsfenster aus Quarzglas, während der übrige Röhrenkolben aus normalem Hartglas hergestellt wird. Charakteristisch

Neben dem breiten Spektrum optoelektronischer Bauelemente auf Festkörperbasis mit ihren bekannten vorteilhaften Eigenschaften wie geringes Volumen, niedrige oder überhaupt keine Betriebsspannungen, einfache Anwendungstechnik, hohe Zuverlässigkeit, lange Lebensdauer usw. findet auch auf dem Gebiet fotoelektronischer Vakuumbauelemente eine ständige Weiterentwicklung statt. Ursache hierfür ist hauptsächlich die hohe Lichtempfindlichkeit von Fotovervielfachern, die für die entsprechenden Anwendungsfälle von handelsüblichen Festkörperbauelementen nicht erreicht wird. Mit dem M 11 FVS 300 sind zum Beispiel im günstigsten Fall noch Lichtströme von etwa  $2 \cdot 10^{-12}$  lm nachweisbar, was einer Beleuchtungsstärke auf der Fotokatode von ungefähr  $5 \cdot 10^{-9}$  lx entspricht.

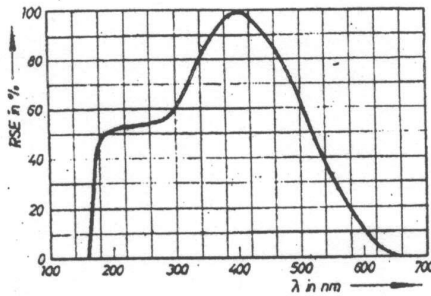


Bild 1: Relative Spektralempfindlichkeit RSE des Fotovervielfachers M 11 FVS 300

Ist dann für diesen Fall die äußerlich sichtbare, aus mehreren wulstförmigen Verdickungen technologisch bedingte Übergangszone zwischen Quarz- und Normalglas (s. auch Bild 2). Der nutzbare Durchmesser der Fotokatode ist 22 mm. Der typische Wert der Katodempfindlichkeit beträgt  $s_k \approx 55 \mu\text{A/lm}$  bei einer Umgebungstemperatur von  $\vartheta_a = 20^\circ\text{C}$ .

### Sekundärelektronen-Vervielfachersystem

Der M 11 FVS 300 enthält zur Verstärkung des aus der Fotokatode ausgelösten Fotoelektronenstromes ein elfstufiges Boxdynodensystem. Gegenüber den bisherigen Universal-Vervielfachern mit Dynoden auf Aluminium-Magnesium-Basis arbeitet der M 11 FVS 300 mit Sb-Cs-Emitterschichten zur Sekundärelektronenvervielfachung. Diese Technologie ermöglicht eine hohe Verstärkung und gegenüber bisherigen Röhren ein wesentlich verbessertes Anodenstrom-Einlaufverhalten, d. h. eine höhere Stabilität.

Bild 3 zeigt qualitativ die grundsätzliche Charakterisierung des für Fotovervielfacher typischen Anodenstrom-Einlaufverhaltens,

Ein auf die vorher unbelichtete Fotokatode auftreffender konstanter Lichtstrom  $\Phi$  verursacht kein kongruentes Abbild im Anodenstrom  $I_a$  des Fotovervielfachers, sondern das durch den Wert  $\Delta I_a$  gekennzeichnete asymptotische Einlaufverhalten über einen Zeitraum von etwa 2...5 Minuten. Dieser Wert  $\Delta I_a$  konnte nun gegenüber Röhren mit Al-Mg-Dynoden beim M 11 FVS 300 wesentlich verkleinert werden. Dabei ist zu beachten, daß ein praktisch stabiler Betrieb des Fotovervielfachers (unter Berücksichtigung des festgelegten Stabilitätsmeßverfahrens) bei Anodenströmen von  $I_a \leq 0,5 \mu\text{A}$  vorliegt.

Bild 4 zeigt die in Abhängigkeit von der Betriebsspannung mit dem neuartigen Dynodensystem erzielbaren Werte der Empfindlichkeit, wobei bezüglich einzuhalten der Grenzwerte wegen der hohen Empfindlichkeit bei dieser Neuentwicklung erstmalig folgende Forderung des Bauelementherstellers vom Anwender beachtet werden muß: Eine Empfindlichkeit von 2000 A/lm darf wegen des dann zu hohen Anodenstromes nicht überschritten werden. Aus

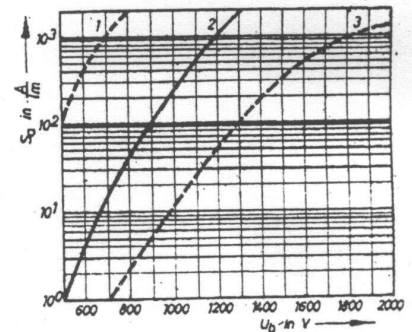


Bild 4: Empfindlichkeit des M 11 FVS 300 als Funktion der Betriebsspannung. 1 Maximum, 2 typischer Verlauf, 3 Minimum

Bild 4 ist zu entnehmen, daß auf Grund der Schwankungsbreite zulässiger Fertigungstoleranzen hochempfindliche Röhrenexemplare (Kurve 1) dann nicht mehr mit der maximal zulässigen Anodenspannung  $U_{B \text{ max}} = 2000$  V betrieben werden dürfen, da der maximal zulässige  $s_a$ -Wert überschritten wird. Die gleichzeitige Ausnutzung zweier zulässiger Grenzwerte ist also hier unzulässig!

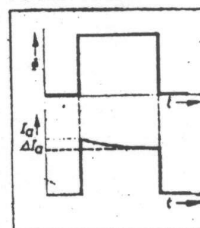
### Dunkelstromverhalten

Der typische Dunkelstrom des M 11 FVS 300 beträgt etwa 1 nA bei einer eingestellten Empfindlichkeit  $s_a = 100$  A/lm. Vergleichsweise ist damit im Durchschnitt zu den bisherigen Universal-Fotovervielfachern auch



Bild 2:  
Fotovervielfacher  
M 11 FVS 300  
Foto: J. Kullmann

Bild 3:  
Anodenstrom-  
Einlaufverhalten bei  
Fotovervielfachern



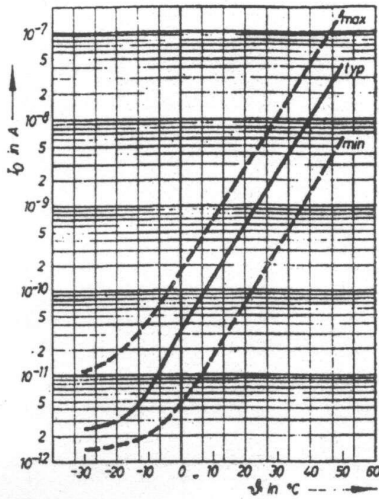


Bild 5: Dunkelstrom des M 11 FVS 300 als Funktion der Temperatur

Tafel 1: Technische Daten des M 11 FVS 300

Allgemeine Angaben	
nutzbarer Durchmesser der Fotokatode	22 mm
Spektraltyp	Sb Cs/SQ 1
Spektralbereich	170...640 nm
Maximum der relativen spektralen Empfindlichkeit	≈ 400 nm
Dynodenform	Box
Stufenzahl	11
Betriebslage	beliebig
Masse	55 g
Sockel	15-19
Fassung	14-19
Betriebswerte ( $\theta_a = 20^\circ\text{C}$ )	
Katodempfindlichkeit $s_k$	≈ 50 $\mu\text{A/lm}$
Empfindlichkeit $s_b$ bei $U_b \text{ typ} = 900\text{ V}$ und $U_b \text{ max} = 1300\text{ V}$	100 $\text{A/lm}$
Dunkelstrom $I_b$ bei $s_b = 100\text{ A/lm}$	≤ 3 nA
Grenzwerte	
Empfindlichkeit $s_b \text{ max}$	≤ 2000 $\text{A/lm}$
Betriebsspannung $U_b \text{ max}$	≤ 2000 V
Anodenstrom $I_a$ bei stabilem Betrieb	≤ 0,5 $\mu\text{A}$
Dunkelstrom $I_b$ bei $s_b = 2000\text{ A/lm}$	≤ 1,2 $\cdot 10^{-7}\text{ A}$
Arbeitstemperatur $\theta_a$	-30...45 $^\circ\text{C}$
Logertemperatur $\theta_s$	-65...55 $^\circ\text{C}$

5) Die Spannungsangaben sagen aus, daß von typischen Exemplaren bei 900 V Betriebsspannung eine Empfindlichkeit von 100 A/lm erreicht wird. Bei weniger empfindlichen Röhren darf zur Erzielung von 100 A/lm die dazu nötige Betriebsspannung in keinem Fall über 1300 V liegen (s. auch Bild 4).

Tafel 2: Technische Daten des M 10 FS 300

Allgemeine Angaben	
nutzbarer Durchmesser der Röntgenverstärkerfolie	18 mm
Dynodenform	Box
Dynodentyp	Sb Cs
Stufenzahl	10
Betriebslage	beliebig
Masse	50 g
Sockel	13-17
Fassung	13-17
hydrophobierter Sockelbereich	20 mm
Grenzwerte	
Betriebsspannung $U_b \text{ max}$	1300 V
Arbeitstemperatur $\theta_a$	-30...45 $^\circ\text{C}$

eine Verbesserung eingetreten, so daß insbesondere bei der Verarbeitung von sehr schwachen Lichtsignalen eine willkommene Verbesserung des Signal-Dunkelstrom-Abstandes eintritt.

Da der Dunkelstromanteil am Ausgang des Fotovervielfachers hauptsächlich aus dem vom Dynodensystem gleichfalls mitverstärkten Anteil der physikalisch bedingten, aber unerwünschten thermischen Emission der Fotokatode besteht, liegt eine entsprechende Temperaturabhängigkeit des Dunkelstroms vor. Bild 5 zeigt diesen Verlauf mit den fertigungsbedingt zulässigen Toleranzen bei einer mit Hilfe der Betriebsspannung eingestellten Empfindlichkeit  $s_b = 100\text{ A/lm}$ .

Einen weiteren nicht zu vernachlässigenden Anteil im Dunkelstrom stellen Isolationsstromkomponenten dar, weshalb u. a. der Röhrenfassung sowohl vom Produzenten als auch vom Röhrenanwender besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Der Dunkelstrom wird in dieser Hinsicht nur unwesentlich beeinflußt, wenn für das Fassungsmaterial hoch isolierende Spezialsubstanzen zum Einsatz kommen. Dieses Material hat im vorliegenden Fall bei der zu jeder Röhre normalerweise mitgelieferten Fassung zwischen zwei Fassungsstiften einen Isolationswiderstand von etwa  $10^{13}$  bis  $10^{14}\ \Omega$ . Diese hohen Werte sind nur aufrechtzuerhalten, wenn nach Lötarbeiten die Fassung sorgfältig gereinigt wird und während des weiteren Betriebes keine Verunreinigungen und stärkere Feuchtigkeit auftreten.

#### Allgemeine Hinweise

Die genannten Betriebswerte basieren auf dem im Bild 6 gezeigten Spannungsteiler. Die mechanischen Abmessungen und die Sockelanschlüsse sind Bild 7 entnehmbar.

Die zulässigen Temperaturgrenzen sind in der folgenden zusammenfassenden Aufstellung genannt. Die vom Röhrenhersteller garantierten Werte und Eigenschaften entsprechen der TGL 24 165/13. Tafel 1 enthält die technischen Daten des M 11 FVS 300. Er ist mit dem Fotovervielfacher 9526 S bzw. 9824 QB der Firma EMI Electronics Ltd. austauschbar.

### M 10 FS 300

#### Fotokatode

Der M 10 FS 300 besitzt eine Antimon-Cäsium-Durchsichtsfotokatode auf normalem Kolbenglas, woraus die im Bild 8 dargestellte Kurve der relativen spektralen Empfindlichkeit RSE resultiert. Typisch für diesen Fotovervielfacher ist die mit der Fotokatode strahlungsgekoppelte Röntgenverstärkerfolie (Typ Transuniversal vom VEB Kalichemie Berlin), die äußerlich auf den Röhrenkolben über der Fotokatodenfläche aufgekittet ist (s. Bilder 9 und 10). Diese Folie transformiert Röntgenstrahlung in den (optisch sichtbaren) Empfindlichkeitsbereich der Sb-Cs-Katode des Fotovervielfachers, wodurch über den Umweg einer Lichtstrahlung die Röntgenstrahlung in ein entsprechend verstärktes elektrisches Signal umgewandelt wird.

#### Sekundärelektronen-Vervielfachersystem

Der aus der Fotokatode ausgelöste Photoelektronenstrom wird beim M 10 FS 300 durch ein zehnstufiges Boxdynodensystem verstärkt. Auch hier sind die Vervielfacherdynoden mit Sb-Cs-Sekundäremissionsschichten versehen, so daß bezüglich des

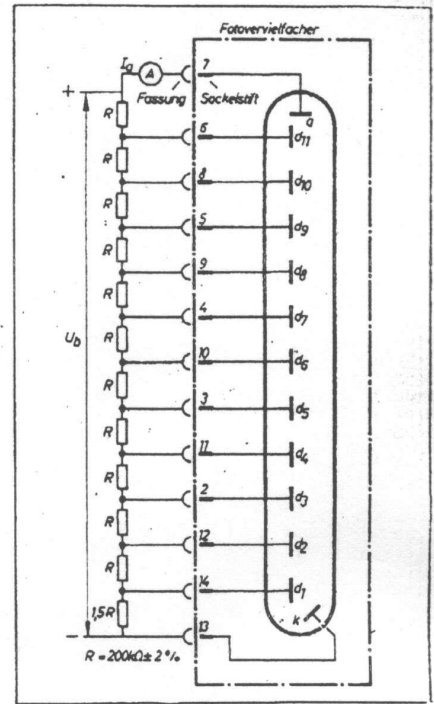


Bild 6: Spannungsteiler für den M 11 FVS 300

Stabilitäts- bzw. Einlaufverhaltens prinzipiell vergleichbar positive Eigenschaften wie beim M 11 FVS 300 vorliegen.

#### Weitere Angaben

Eine Besonderheit des M 10 FS 300 ist der hydrophobierte Sockelbereich (s. Bild 10). Diese wasserabweisende Schicht, die im Interesse ihrer Funktionstüchtigkeit möglichst nicht berührt werden sollte, gestattet den Betrieb der Röhre bei hohen relativen Feuchtewerten der Umgebungsluft, ohne daß durch die damit bedingte Abnahme des Isolationswiderstandes der Dunkelstrom wesentlich ansteigt.

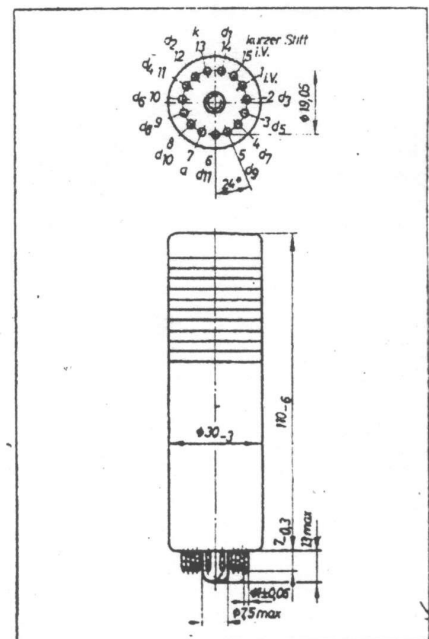
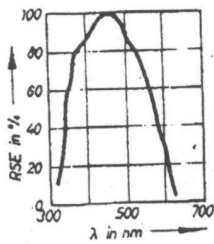
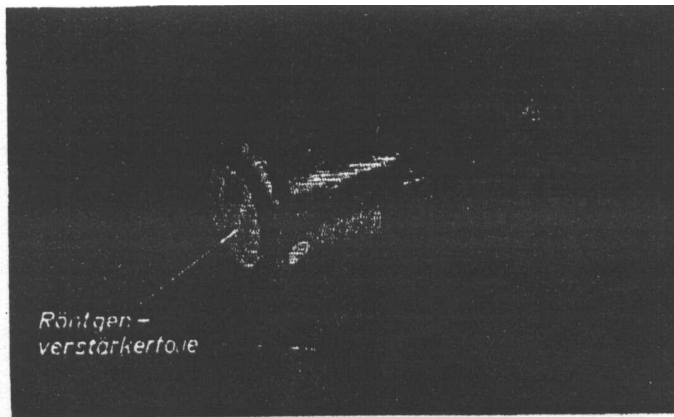


Bild 7: Mechanische Abmessungen und Sockelbelegung des M 11 FVS 300



**Bild 8:**  
Relative Spektral-  
empfindlichkeit RSE  
des Fotovervielfachers  
M 10 FS 300



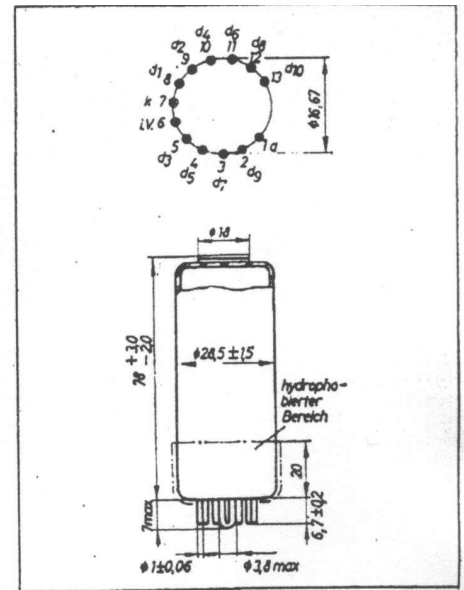
**Bild 9:** Fotovervielfacher M 10 FS 300 und Röntgen-  
verstärkerfolie  
Foto: J. Kullmann

Dem Bild 10 sind die mechanischen Abmessungen, die Sockelanschlüsse sowie die Lage der Röntgenverstärkerfolie und des hydrophobierten Sockelbereichs zu entnehmen. Die vom Röhrenhersteller garantierten Werte und Eigenschaften entsprechen der TGL 24 165/12. Zusammenfassende Angaben enthält die Tafel 2.

Der M 10 FS 300 ist speziell zur Auslösung von Schalt- bzw. Steuersignalen unter Einbeziehung von Röntgenstrahlung konzipiert. Beispielsweise erfolgt in einem Anwendungsfall der Einsatz in einem Produktanalysator, wo die unterschiedlichen Röntgenstrahlungsabsorptions-Eigenschaften eines aus zwei Komponenten bestehenden Schüttgutes ausgenutzt werden, um über einen von den Fotovervielfachersignalen

**Bild 10:** Mechanische Abmessungen und Sockelbelegung des M 10 FS 300

gesteuerten Mechanismus das Produkt in seine beiden Anteile zu selektieren. Da aus Gründen des Arbeitsschutzes nur mit niederenergetischer Strahlung geringer Dosisleistung gearbeitet werden darf, ist bei gegebenem Konversionsfaktor der Röntgenverstärkerfolie und dem damit zwangsläufig verbundenen schwachen Lichtsignal dem Einsatz von Fotovervielfachern gegenüber anderen foto- oder optoelektronischen Bauelementen der Vorzug zu geben.



Unter Ausnutzung der spezifischen Eigenschaften von Röntgenstrahlung sind weitere andere sinngemäße Anwendungsmöglichkeiten des Fotovervielfachers M 10 FS 300 denkbar.

#### Literatur

- [1] Kullmann, J.; Hartig, H.: Anwendung von Fotovervielfachern. radio fernsehen elektronik 26 (1977) H. 19/20, S. 635-639; H. 21/22, S. 702-708; H. 23/24, S. 789-792