

## Der FETRON-Röhrenersatz-Typ TS6AK5

Die Bezeichnung „FETRON“ ist ein eingetragenes Warenzeichen der Firma Teledyne Inc., Mountain View, Kalifornien.

Unter dieser Warenbezeichnung hat Firma Teledyne 1972 begonnen, Elektronenröhren mit Feldeffekt-Transistoren als sogenannten Röhrenersatz –Tube Replacement - nachzubilden und auf den Markt zu bringen. Durch den Niedergang der Röhrenindustrie war der Nachschub von Röhren für vorhandene Geräte und Anlagen nicht gewährleistet. Dieser Röhrenersatz mit Halbleiter-Bauelementen sollte bestimmte Röhrentypen pinkompatibel ersetzen und so den Betrieb von Geräten und Anlagen, in denen die entsprechenden Röhrentypen verwendet wurden, weiterhin langfristig sicherstellen.

Am Beispiel der US-Röhrentype 6AK5, entsprechende europäische Röhrentype EF95, soll das Prinzip dieses Röhrenersatzes kurz erläutert werden.

Die notwendige Halbleiter-Technologie lag bereits bei Firma Teledyne seit 1965 vor [1]. Auch war schon die Beherrschung höherer Spannungen und Leistungen im Visier der Entwicklung:

***“It is a further object of this invention to provide a field effect transistor having improved power handling and high voltage capabilities.”***

Allerdings war ein Röhrenersatz noch nicht vorgesehen. Diese Zielrichtung entstand erst mit dem Niedergang der Röhre.

Mit dem US-Patent 3742261 [2] hat Firma Teledyne dann 1971 einen Röhrenersatz mit Feldeffekt-Transistoren patentiert. Ausdrücklich ist im Patent beispielhaft ein Ersatz der Röhrentype 6AK5 dargestellt. Bei der folgenden Beschreibung diene dieses Patent als Grundlage sowie ein Datenblatt der Type TS6AK5 [3]. Ein geöffnetes Bauelement des Verfassers diene als Vorlage für die Fotos.

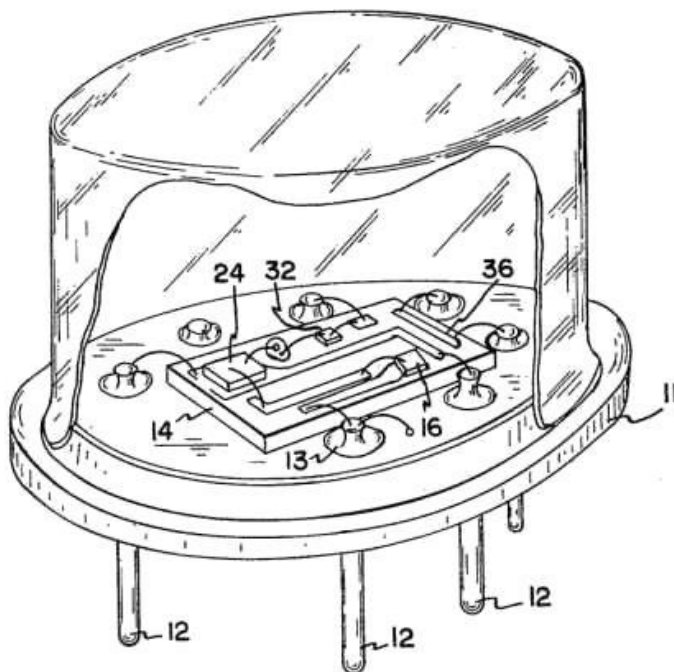


Bild 1: FETRON TS6AK5 Aufbauprinzip

- 12 Sockelstifte
- 13 Isolierte Durchführungen aus Glas
- 14 Trägerkörper aus Keramik
- 16 Feldeffekt-Transistor Eingangsstufe
- 24 Feldeffekt-Transistor Ausgangsstufe
- 32 Sicherungselement
- 36 Widerstandsbrücke

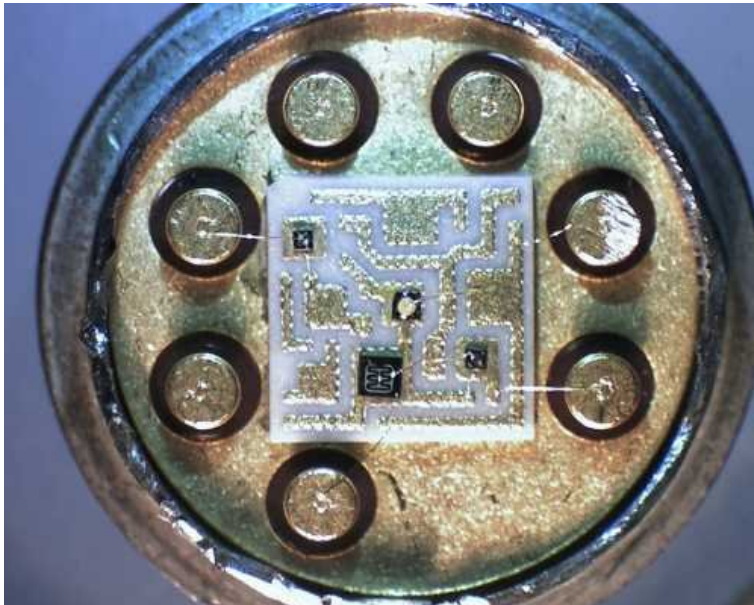


Bild 2: Innenaufbau des FETRO Typ TS6AK5, Vergrößerung 10 fach

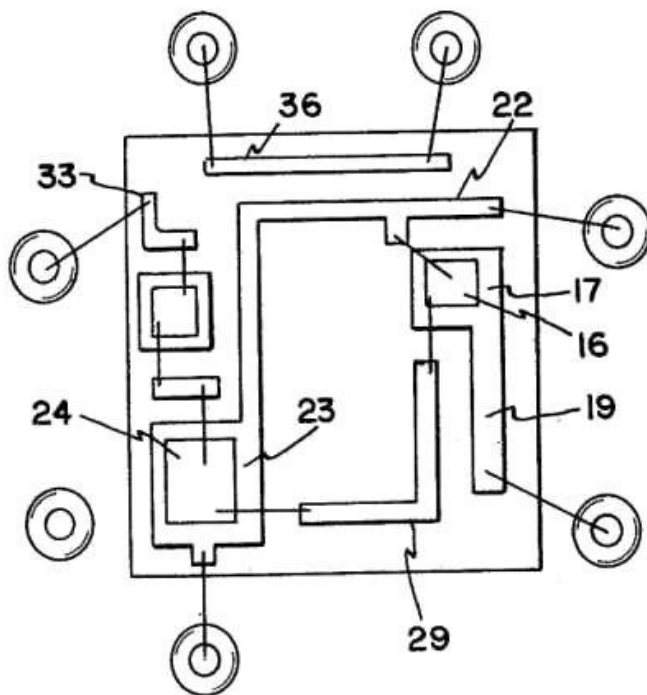


Bild 3: Anordnung der Bauelemente und Verbindungen lt. Patent

- 16 Feldeffekt-Transistor Eingangsstufe
  - 24 Feldeffekt-Transistor Ausgangsstufe
  - 36 Widerstandsbrücke
- 17, 19, 22, 23, 33 sind leitende Verbindungen und Montageflächen auf der Keramik-Trägerplatte



Bild 4: Detailbild von den Halbleiterbauelementen, Vergrößerung 60 fach

Links unten befindet sich die Feldeffekt-Transistor Ausgangsstufe und rechts daneben die Feldeffekt-Transistor Eingangsstufe. Das obere Bauteil ist eine Diode, die weder im Patent noch im Datenblatt erwähnt ist. Diese Diode liegt zwischen dem Anodenanschluß (5) und dem Katodenanschluß (2, 7) in Sperrrichtung. Diese Diode soll die Feldeffekt-Ausgangsstufe vor negativen Spannungsspitzen schützen. Zwischen den Anschlüssen 5 und 2,7 ist die Diodenfunktion messbar.

Die aufgedampften Träger- und Verbindungsschichten auf der Keramik Grundplatte sind vergoldet.

Deutlich sind auch die Verbindungsleitungen von den Bauelementen zu den Verbindungsschichten zu erkennen.

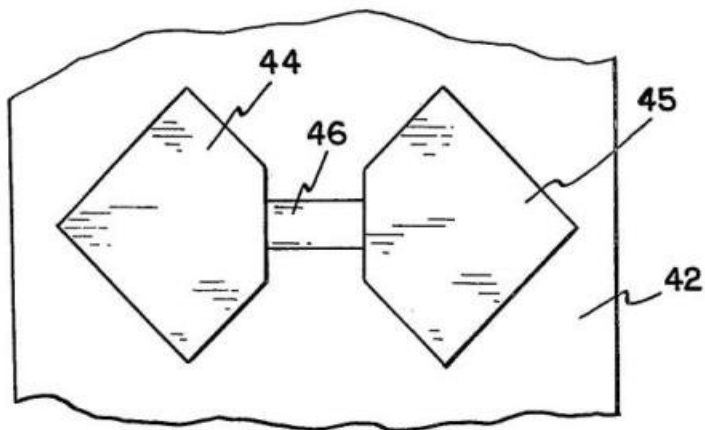


Bild 5: Aufbau des Sicherungselements

- 42 Silizium-Dioxid-Schicht (Isolation)
- 44 Aluminium-Anschluß
- 45 Aluminium-Anschluß
- 46 Sicherungsschicht aus Tantal

Auf der isolierten Unterlage 42 befinden sich zwei leitende Anschlüsse 44 und 45, zwischen denen die Sicherung, bestehend aus einer Tantschicht, angeordnet ist. Die Sicherung wird entsprechend der Sollstromstärke bemessen.

Wenn das Sicherungselement anspricht – die Sicherungsschicht verdampft – ist der Röhrenersatz bleibend defekt, weil dieses Sicherungselement ja nicht ausgetauscht werden kann.

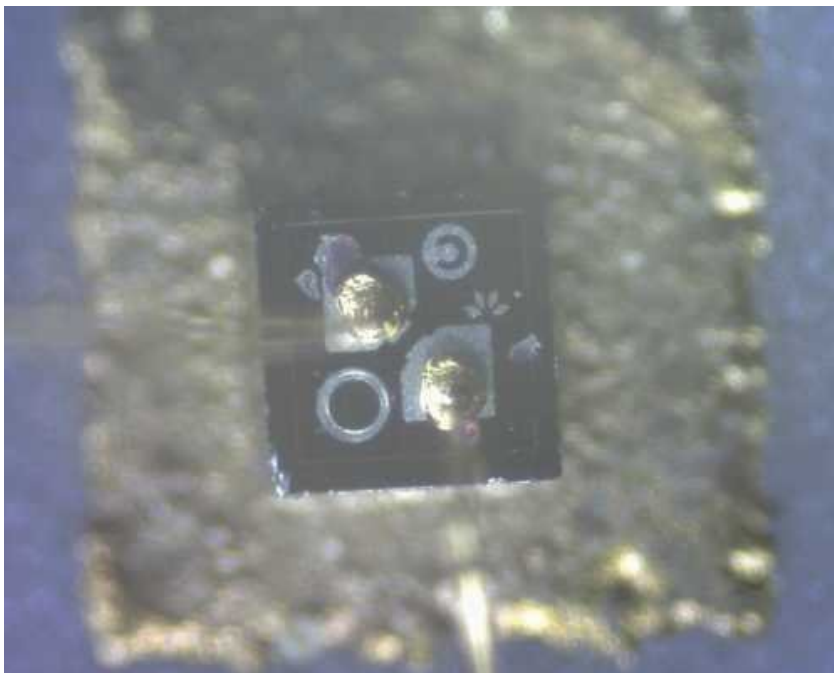


Bild 6: Sicherungselement, Vergrößerung 200 fach

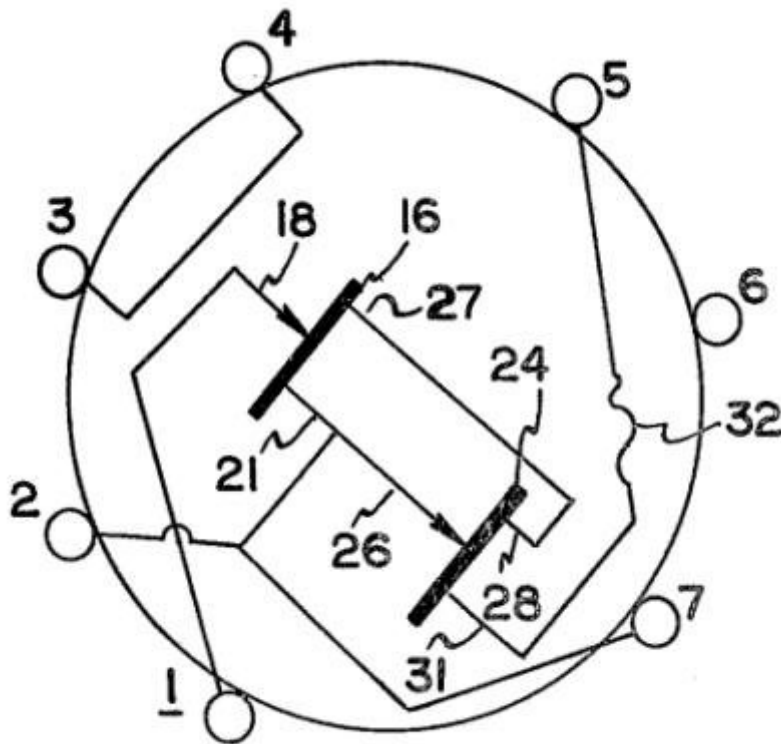


Bild 7: Innenschaltung des FETRON Typ TS6AK5

1 bis 7 sind die Sockelanschlüsse. Die folgenden Bezeichnungen der Sockelanschlüsse entsprechen denen einer Röhre Type 6AK5 bzw. EF95

- |    |                                               |
|----|-----------------------------------------------|
| 1  | Gitter                                        |
| 2  | Katode                                        |
| 3  | Heizer, nicht angeschlossen                   |
| 4  | Heizer, nicht angeschlossen                   |
| 5  | Anode                                         |
| 6  | nicht angeschlossen                           |
| 7  | Katode                                        |
| 16 | Transistor Eingangsstufe                      |
| 18 | Torelektrode der Transistor Eingangsstufe     |
| 21 | Quellenelektrode der Transistor Eingangsstufe |
| 24 | Transistor Ausgangsstufe                      |
| 26 | Torelektrode der Transistor Ausgangsstufe     |
| 27 | Senkenelektrode der Transistor Eingangsstufe  |
| 28 | Quellenelektrode der Transistor Ausgangsstufe |
| 31 | Senkenelektrode der Transistor Ausgangsstufe  |
| 32 | Sicherungselement                             |

Die leitende Verbindung zwischen den Sockelanschlüssen 3 und 4 ist eine symbolische Darstellung. Bei dem Typ TS6AK5 besteht zwischen diesen Anschlüssen keine Verbindung. Im Patent ist dazu folgendes bemerkt:

*„Pins 3 and 4 may be left unconnected or they may be provided with a resistive connection such as shown at 36 to simulate the vacuum tube heater when connected in a vacuum tube circuit including series heater.“*

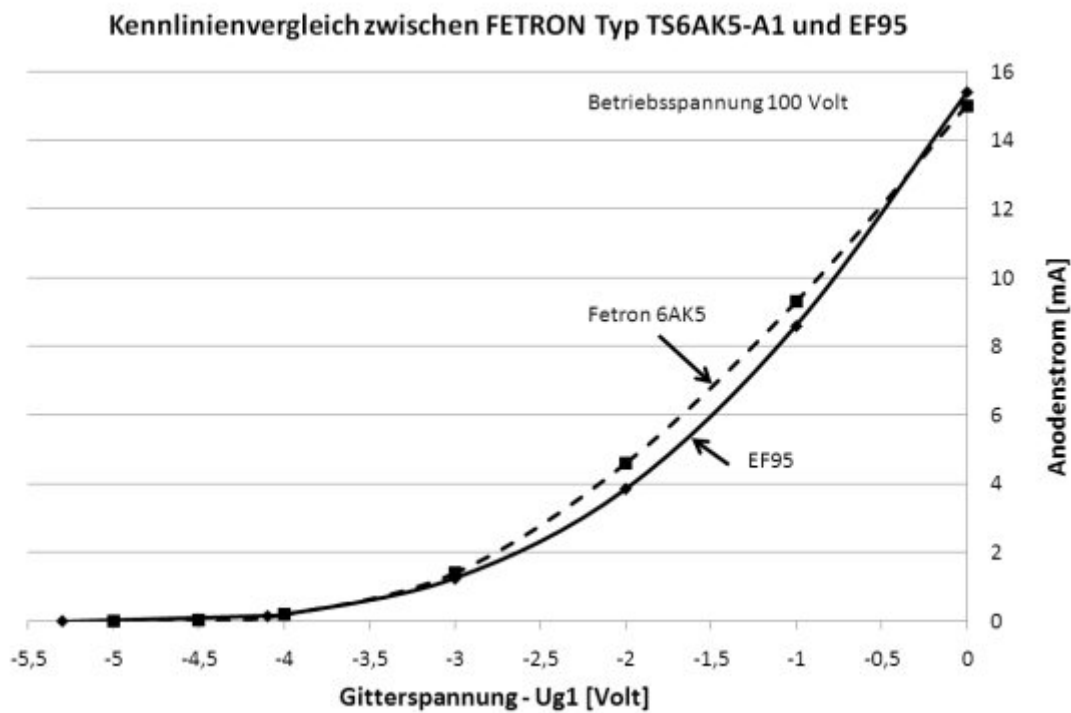


Bild 8: Kennlinien-Vergleich zwischen einem FETRON Typ TS6AK5-A1 und einer EF95



Bild 9: Röhre EF95 und Röhrenersatz TS6AK5 im Größenvergleich

#### Weiterentwicklung bei den FETRON-Typen

Die Weiterentwicklung der FETRON-Typen erstreckt sich auf gängige aktuell benötigte Röhrentypen für eine Ersatzbestückung. So sind eine Fülle von verschiedenen pinkompatiblen Replacement-Typen entstanden. Um auch noch höhere Betriebsspannungen zu beherrschen hat Firma Teledyne die

Feldeffekt-Technologie weiterentwickelt und im Mai 1974 ein Patent angemeldet, um entsprechende Replacement-Typen für höhere Betriebsspannungen realisieren zu können [4].

Auszug aus diesem Patent:

***“By high voltages, in this context, it is meant voltages in the order of 300 volts. Thus, if a vacuum tube in such equipment has a plate-to-grid voltage of 300 volts, the field-effect transistors replacing this tube would have to be able to operate with a drain-to-gate electrode voltage of 300 volts.”***

Folgende FETRON-Typen wurden von Firma Teledyne Inc. 1974 als lieferbar angegeben:

Hochfrequenz-Pentoden

6AG5, 6AK5W, 403A, 403B, 408A, 5591, 5654, 6028, 6096, 6186, 6968, 6F32, 12F31, DP61, E95F, EF94, EF95, EF96, EF905, HF93, HF94, PM05, M8100, M8180, 6AM6, 6AU6, 6BC5, 6BD6, 6CB6, 6CE5, 404A, 415A, 5590, 5847, 6688, 7721, E180F

NF-Pentode

7543

Doppel-Trioden

6J6, 12AT7, 12AX7, 407A, 5670

Doppel-Diode

6AL5,

Thyatron

2D21

Es sind auch von anderen Herstellern Replacement-Typen in Halbleitertechnologie angeboten worden.

Dem Verfasser ist nicht bekannt, wann die Herstellung der FETRON-Typen eingestellt wurde.

Literaturhinweise:

[1] US-Patent 3472710 “METHOD OF FORMING A FIELD EFFECT TRANSISTOR”

[2] US-Patent 3772261 “SOLID STATE VACUUM TUBE REPLACEMENT”

[3] Datenblatt “FETRON Solid State Vacuum Tube Replacement – TS6AK5 Series”

[4] US-Patent 3966515 “METHOD FOR MANUFACTURING HIGH VOLTAGE FIELD-EFFECT TRANSISTORS”