

Auszug aus

**Siemens**  
**Halbleiter-Schaltbeispiele**

Ausgabe April 1966      PP. 29-33

Eingesannt und bearbeitet für



von Franz Harder

Alle Rechte verbleiben bei Fa. Siemens AG

Feb. 2007

### **1.11. Dreistufiger NF-Verstärker in monolithischer Technik**

Bei Anwendung der Planartechnik können auf einem Siliziumplättchen außer Transistoren auch Dioden, Kondensatoren und Widerstände hergestellt werden. Es ist dadurch möglich, ganze Schaltungen auf einem einheitlichen Grundmaterial aufzubauen. Halbleiter-Schaltkreise gewinnen nicht nur wegen ihrer Kleinheit zunehmend an Bedeutung, sondern auch wegen ihrer Betriebssicherheit und dem einfacheren Geräteaufbau, der mit ihnen möglich ist.

Alle in der Planartechnik hergestellten Bauelemente entstehen durch Eindiffundieren bestimmter Stoffe in das Grundmaterial Silizium. Die Fläche dieser Zonen wird durch eine Oxyd-Maskierung begrenzt. Dazu geht man von einer Siliziumscheibe aus, die an der Oberfläche eine Schicht aus Silizium-Dioxyd ( $\text{SiO}_2$ ) hat. Dieses Oxyd ist sehr stabil (Quarz) und verhindert das Eindringen der meisten für die Diffusionsprozesse verwendeten Dotierungsstoffe. Durch ein photolithographisches Verfahren werden Fenster in diese Oxydhaut geätzt, durch die die Dotierungsstoffe eindringen können.

Ein Widerstand wird nun z. B. dadurch hergestellt, daß man durch ein Fenster bestimmter Form einen solchen Dotierungsstoff einwirken läßt, der eine andere Leitfähigkeits-Charakteristik erzeugt als das Grundmaterial hat. Der Wert dieses Widerstandes ist abhängig von der Fläche und dem Querschnitt der dotierten Zone sowie vom Dotierungsgrad. Der Widerstand ist gegen das umgebende Grundmaterial durch einen pn-Übergang abgegrenzt. Es können nebeneinander mehrere Widerstände angeordnet werden, ohne daß diese sich gegenseitig beeinflussen.

Nach dem beschriebenen Verfahren kann auch eine Diode hergestellt werden, wobei der eine Pol durch die eindiffundierte Zone und der andere durch das Grundmaterial gebildet wird.

Die Herstellung eines Transistors geht wie bei den Planartransistoren vor sich. Es sind insgesamt zwei Diffusionen erforderlich, eine für die Basis und eine für den Emitter, die nacheinander durch verschiedene Fenster in der Oxydschicht erfolgen. Den Kollektor bildet das Grundmaterial.

Für Kondensatoren gibt es in dieser Technik zwei Möglichkeiten:

Entweder man benützt die Kapazität eines gesperrten pn-Überganges, also eine Diode, oder man dampft auf die Oxydschicht eine Metallschicht auf und verwendet auf diese Weise das Oxyd als Dielektrikum. Bei dem ersten Kondensatortyp ist die Kapazität stark spannungsabhängig, und es tritt ein Verluststrom (Sperrstrom) auf; dafür können auf kleiner Fläche verhältnismäßig große Kapazitätswerte erreicht werden, weil die als Dielektrikum wirkende Sperrschicht sehr dünn ist (Sperrschichtkondensator). Es handelt sich hier allerdings um gepolte Kondensatoren.

Beim zweiten Typ treten weder die Spannungsabhängigkeit noch der Verluststrom in Erscheinung; es können jedoch nur sehr kleine Kapazitätswerte (ungepolt) verwirklicht werden.

Die von der Größe der Bauteile her interessanteste Anwendung von analogen Halbleiter-Schaltkreisen ist die bei den Schwerhörigengeräten und den Mikrofon-Vorverstärkern. Es ist jedoch als sicher anzunehmen, daß die Verwendung solcher Verstärker nicht auf diese Anwendungsfälle beschränkt bleibt. Halbleiter-Schaltkreise kommen dem Bestreben, die Geräte übersichtlich aufzubauen und eine große Betriebssicherheit zu erreichen, sehr entgegen. Die Gefahr von kalten Lötstellen ist z. B. um ein Vielfaches geringer, wenn große Teile der Gesamtschaltung auf einem einheitlichen Grundkörper aufgebracht sind.

Das Bild 1.19 zeigt die Schaltung eines NF-Verstärkers in Halbleiter-Schaltungstechnik. Die im schraffierten Feld enthaltenen 3 Transistoren und 5 Widerstände sind auf einem Siliziumscheibchen von etwa  $1 \text{ mm}^2$  angeordnet. Mit Hilfe der zusätzlichen Bauteile entsteht ein betriebsfertiger NF-Verstärker für Batteriespannungen von  $U_B = 3$  bis  $7 \text{ V}$ .

Die Transistoren sind direkt gekoppelt. Mit dem außen angebrachten Potentiometer P wird der Ruhestrom der ersten Stufe und

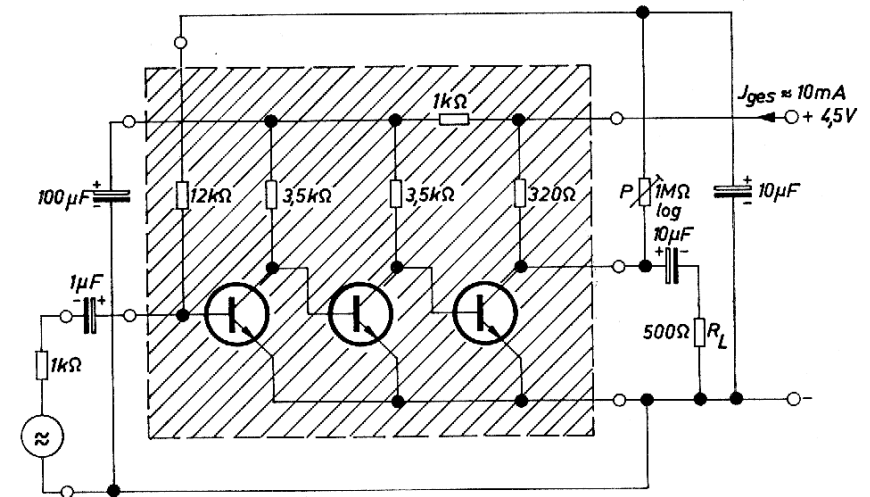


Bild 1.19

damit auch der aller übrigen Stufen eingestellt. Wegen der kleinen Restströme von Planartransistoren ist die Temperaturabhängigkeit der Arbeitspunkte gering und die thermische Stabilität der ganzen Schaltung gewährleistet. Mit dem Verstärker wird eine Spannungsverstärkung von 65 dB erreicht, die maximale Ausgangsspannung ist 1 V an einem Lastwiderstand von 500 Ohm. Die 3 dB-Frequenzgrenzen liegen bei 50 Hz bzw. 150 kHz.

Dieser Schaltkreis, der vorläufig die Bezeichnung SV 03 hat, wird in das Normgehäuse TO-5 eingebaut.

Die erzielbare Ausgangsspannung  $U_{a \text{ max}}$  ist von der Größe des Lastwiderstandes  $R_L$  abhängig. Das Diagramm im Bild 1.20 zeigt den Zusammenhang. Der Verstärker arbeitet einwandfrei in einem Temperaturbereich von  $-30$  bis etwa  $+130 \text{ }^\circ\text{C}$ . Im Bild 1.21 ist das Verhalten des Verstärkers (Spannungsverstärkung  $V_u$  und Ausgangsspannung  $U_{A \text{ max}}$ ) in diesem Temperaturbereich dargestellt. Schließlich zeigt das Diagramm im Bild 1.22 die Abhängigkeit der Ausgangsspannung und der Spannungsverstärkung von der Betriebsspannung  $U_B$ .

Technische Daten

Betriebsspannung  
 Betriebsstrom  
 Eingangswiderstand  
 Lastwiderstand  
 max. Ausgangsspannung  
 Spannungsverstärkung  
 Frequenzbereich ( $-3\text{dB}$ )

4,5 V  
 etwa 10 mA  
 $\geq 3 \text{ k}\Omega$   
 500  $\Omega$   
 $\leq 1 \text{ V}$   
 65 ( $> 62$ ) dB  
 50 Hz bis 150 kHz

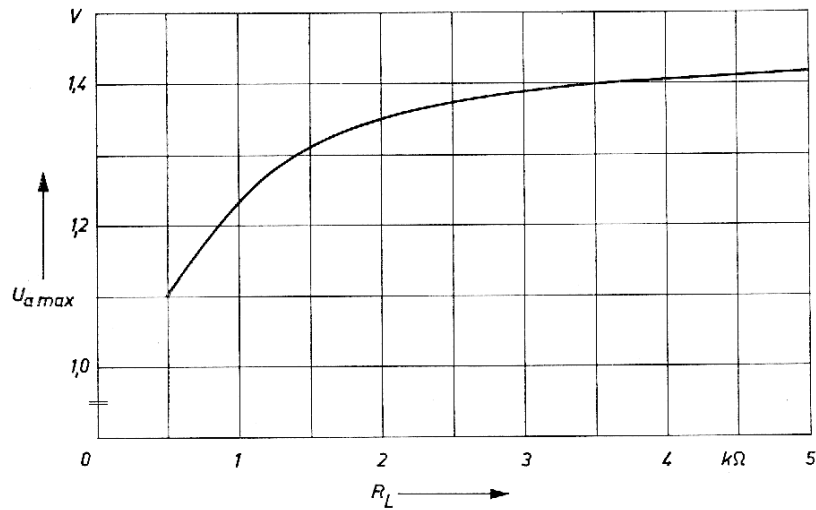


Bild 1.20

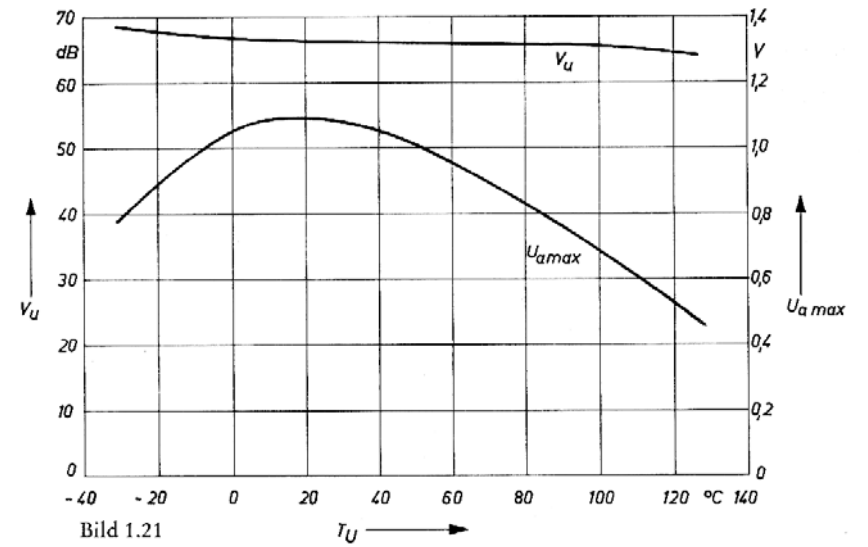


Bild 1.21

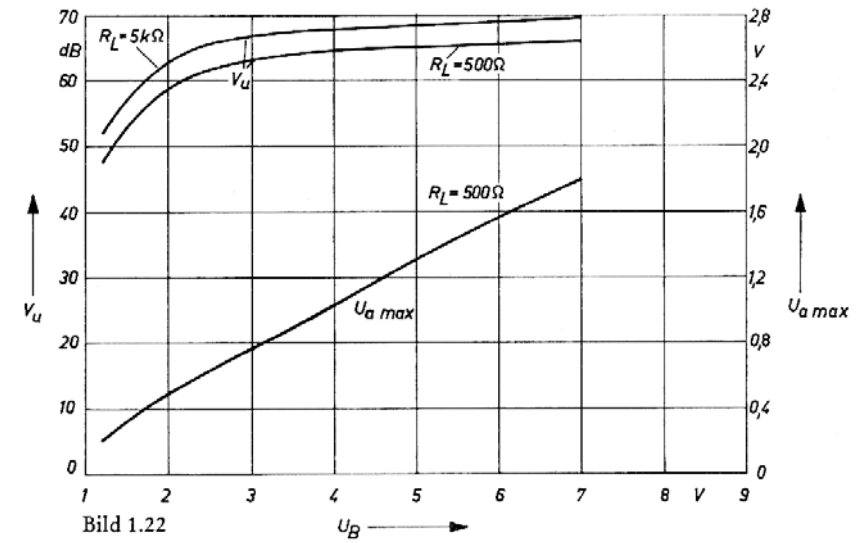


Bild 1.22