

Krajowa produkcja odbiorników telewizyjnych, odbiorników o modulacji częstotliwości, linii radiowych znacznie się opóźniła w stosunku do terminów przewidzianych na początku planu 6-letniego. Polska łączność stoi przed koniecznością szybkiego rozwoju tej produkcji.

W r. 1955 z Pałacu Kultury i Nauki rozpocznie swą pracę nowy nadajnik telewizyjny o mocy 6,5 kW i bezpośrednim zasięgu do 85 km.

Telekomunikacja stoi obecnie również przed zadaniem bardziej wszechstronnego stosowania półprzewodników, zwłaszcza tranzystorów. Stosowanie ich w telefonii, w odbiornikach należy również przyspieszyć.

W bieżącym roku Instytut Łączności wykona nowe układy elektryczne z wykorzystaniem tranzystorów. Zostaną także oddane do użytku nowe stacje radionadawcze dla programu krajowego, jak i radiostacje o modulacji częstotliwości. Rozwój naszej sieci telefonicznej wymaga wprowadzenia automatyzacji telefonicznego ruchu międzymiastowego. W resorcie łączności rok bieżący charakteryzuje się pogłębieniem realizacji uchwał III Plenum KC PZPR.

Główne zadanie dla naszych inżynierów — to podniesienie jakości usług telekomunikacyjnych, zmniejszenie awaryjności, wykonanie zaplanowanej obniżki kosztów własnych, podnoszenie kwalifikacji zawodowych.

Działalność nowoorganizowanego Departamentu Techniki w Ministerstwie Łączności wspólnie z Radą Naukowo-Techniczną zmierzać będzie do pogłębienia postępu technicznego. Również utworzenie dwóch odrębnych centralnych zarządów w Ministerstwie Przemysłu Motoryzacyjnego, jak Centralny Zarząd Przemysłu Teletechnicznego i Centralny Zarząd Przemysłu Lampowego, powinno wpłynąć na przyspieszenie krajowej produkcji elementów, podzespołów i urządzeń telekomunikacyjnych.

Wspaniałe perspektywy rozwoju naszej łączności nie zrealizują się same. Wymaga to dalszego wysiłku naszej kadry naukowej i inżynierskiej oraz stosowania coraz lepszych metod pracy. O dalszy i pomyślny rozwój naszej łączności, o umocnienie naszej gospodarki narodowej, o wzmocnienie obronności naszego kraju, o utrzymanie pokoju, manifestować będą 22 lipca pracownicy polskiej łączności.

J. G.

Mgr inż. WITOLD ROSIŃSKI

Zakład Elektroniki

Instytut Podst. Probl. Techniki PAN

621.389

Doświadczalne tranzystory ostrzowe Zakładu Elektroniki IPPT-PAN

Streszczenie

Zanalizowano pokrótce warunki, jakim musi odpowiadać rozrzut parametrów tranzystora, aby zapewnić wymiennność tranzystorów w układach elektrycznych.

Następnie omówiono zagadnienie trwałości tranzystora i opisano wyniki uzyskane przy produkcji serii prototypowej tranzystorów ostrzowych typów TP 1 i TP 2 ze szczególnym uwzględnieniem stosowanych przy tym procesów technologicznych.

1. Wstęp

Wstępne prace nad tranzystorami rozpoczęte w zakładzie Elektroniki Instytutu Podstawowych Problemów Techniki w marcu 1953 roku doprowadziły do wykonania w grudniu tegoż roku pierwszego prototypu tranzystora ostrzowego typu TP 1 (rys. 1).

W ciągu następnych kilku miesięcy wykonano około 250 sztuk doświadczalnych tranzystorów tego typu. Ta seria prototypowa miała na celu zebranie materiałów odnośnie technologii płytki, sprężyn stykowych, sposobu utrwalania styku i hermetycznego zamknięcia tranzystora. Doświadczenia tej serii zostały uwzględnione w serii 300 sztuk tranzystorów wykonanych dla Instytutu Łączności i 200 sztuk wykonanych przez Zakład Radiotechniki dla uczelni i instytutów.

Podstawowym zagadnieniem w produkcji tranzystorów jest utrzymanie możliwie małego rozrzutu parametrów elektrycznych, a w szczególności współczynnika wzmocnienia prądowego (w stanie zwarcia) α oraz

zapewnienie dużej trwałości przez zastosowanie odpowiednich procesów technologicznych.

2. Rozrzut parametrów tranzystora

Analiza wyrażeń na oporność wejściową R_{wej} , wyjściową R_{wyj} i wzmocnienie mocy k_p dla układu o wspólnej bazie, pozwala lepiej zorientować się, w jakim stopniu poszczególne parametry wpływają na te wielkości.

Wyrażenia na te wielkości zostały przekształcone w ten sposób, aby uzyskać wartości względne.

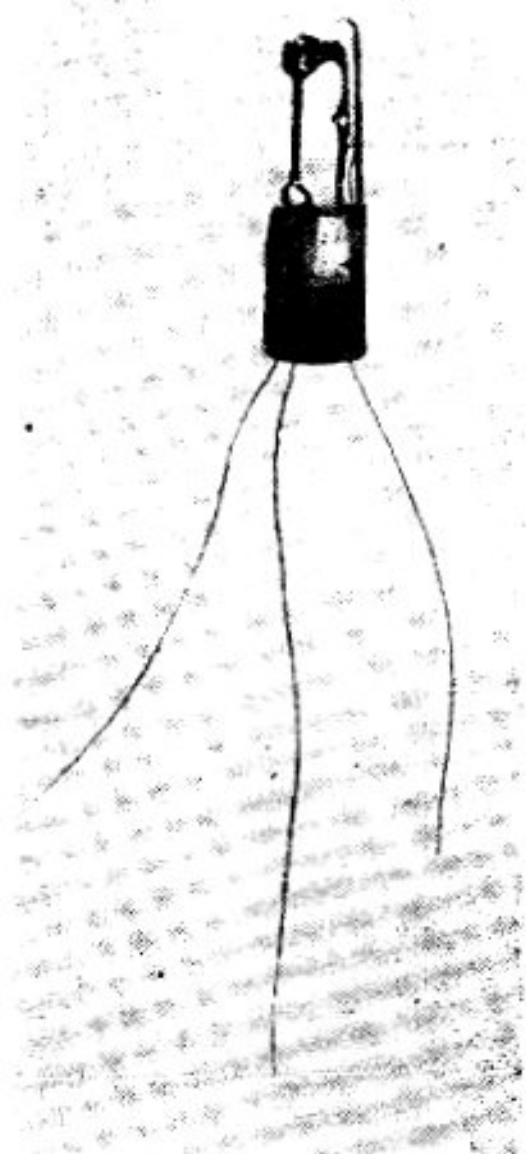
$$r_{wej} = \frac{R_{wej}}{r_e + r_b} = 1 - \frac{\alpha}{1 + \frac{r_2}{r_k}} \cdot \frac{r_b}{r_e + r_b} \quad (1)$$

$$r_{wyj} = \frac{R_{wyj}}{r_k} = 1 - \frac{\alpha}{\frac{r_e + r_b}{r_b} + \frac{r_g}{r_b}} \quad (2)$$

$$k_p \cong \alpha^2 \frac{r_k}{r_e + r_b} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r_2}{r_k}} \quad (3)$$

$$\left(1 + \frac{r_k}{r_2} \right) \left[\frac{r_b}{r_e + r_b} \left(1 - \alpha + \frac{r_2}{r_k} \right) + \frac{r_e}{r_e + r_b} \left(1 + \frac{r_2}{r_k} \right) \right]$$

gdzie r_e , r_b , r_k , r_2 i r_g są opornościami emitera, bazy, kolektora obciążenia i generatora.

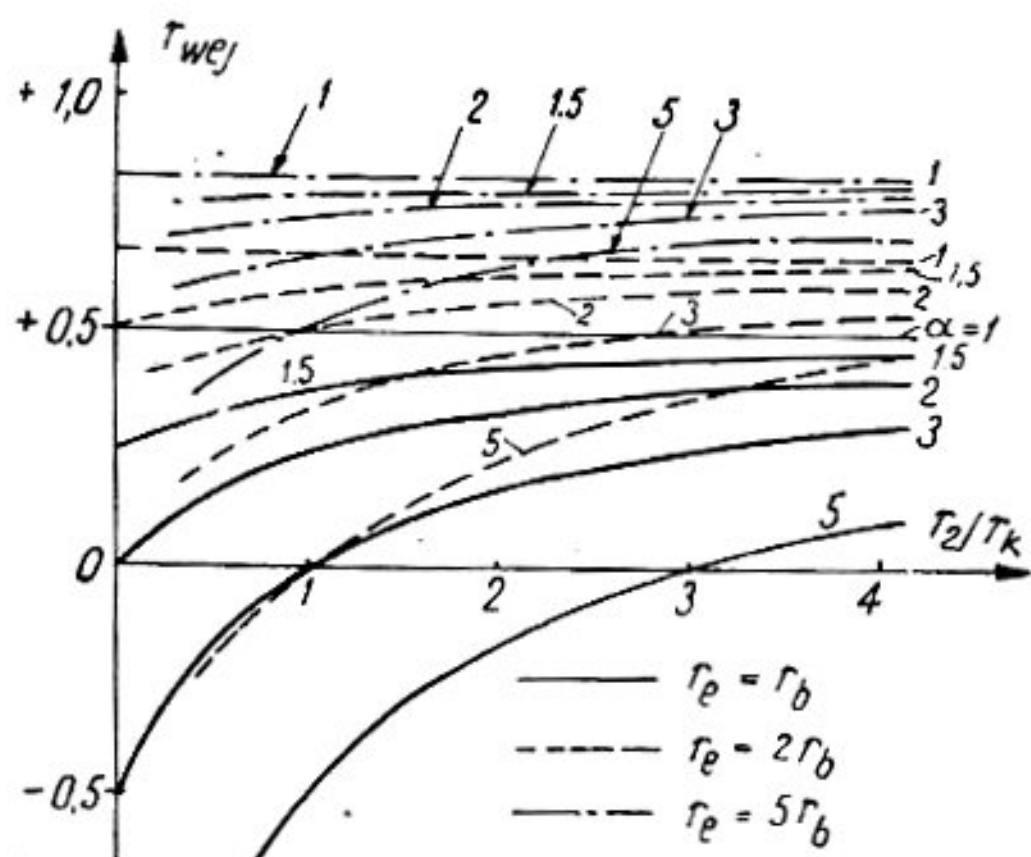


Rys. 1 Tranzystor punktowy TP 1.

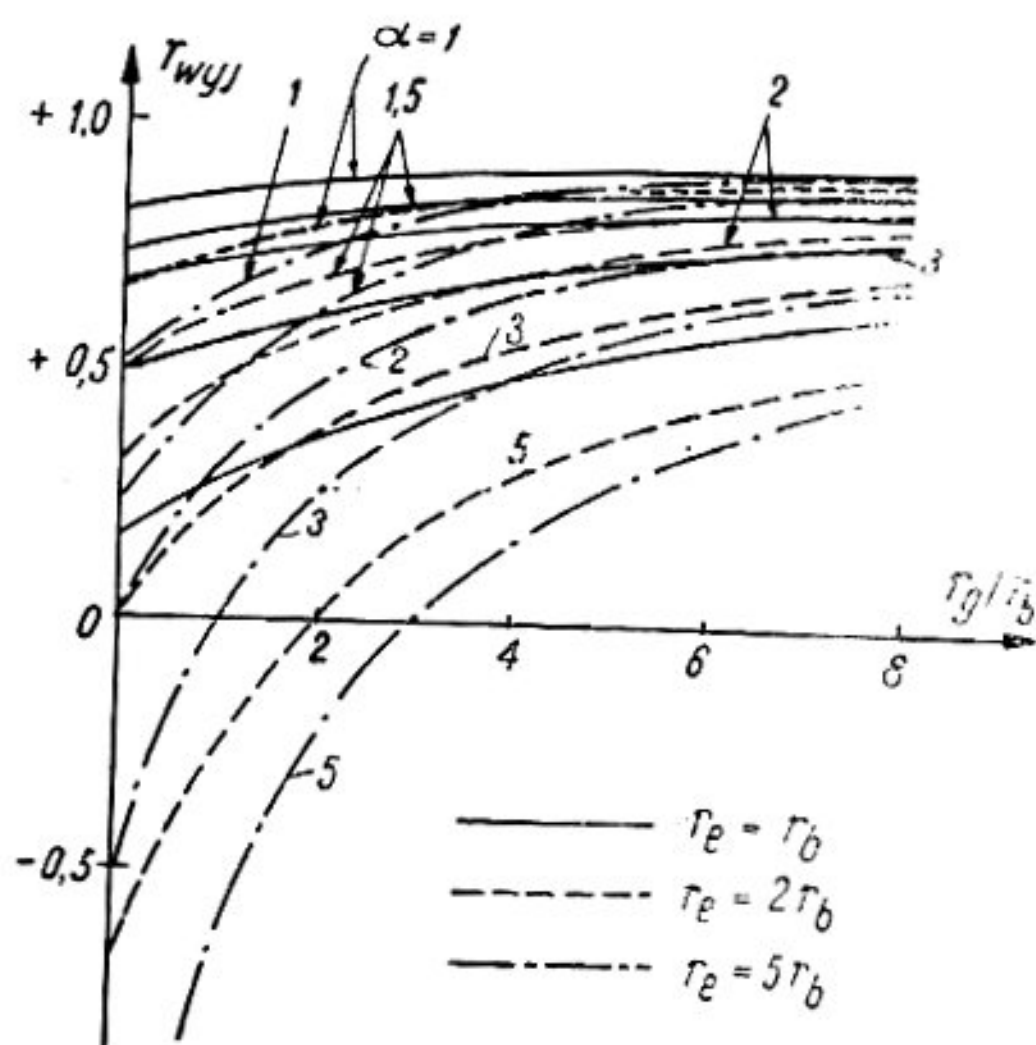
Wykresy na rys. 2, 3 i 4 ilustrują zależności r_{wej} , r_{wyj} i k_p w funkcji $\frac{r_2}{r_h}$ i $\frac{r_g}{r_b}$ dla różnych wartości parametrów α i $\frac{r_b}{r_e}$.

Wykresy te pozwalają ocenić wpływ rozrzutu parametrów α i r_b na wielkości r_{wej} , r_{wyj} i k_p .

Analiza tych wykresów wskazuje na konieczność utrzymania małych wartości oporności bazy r_b i niedużego rozrzutu współczynnika α . Zmianę wzmacnienia przy zmianie współczynnika α ilustruje wykres przedstawiony na rys. 5.



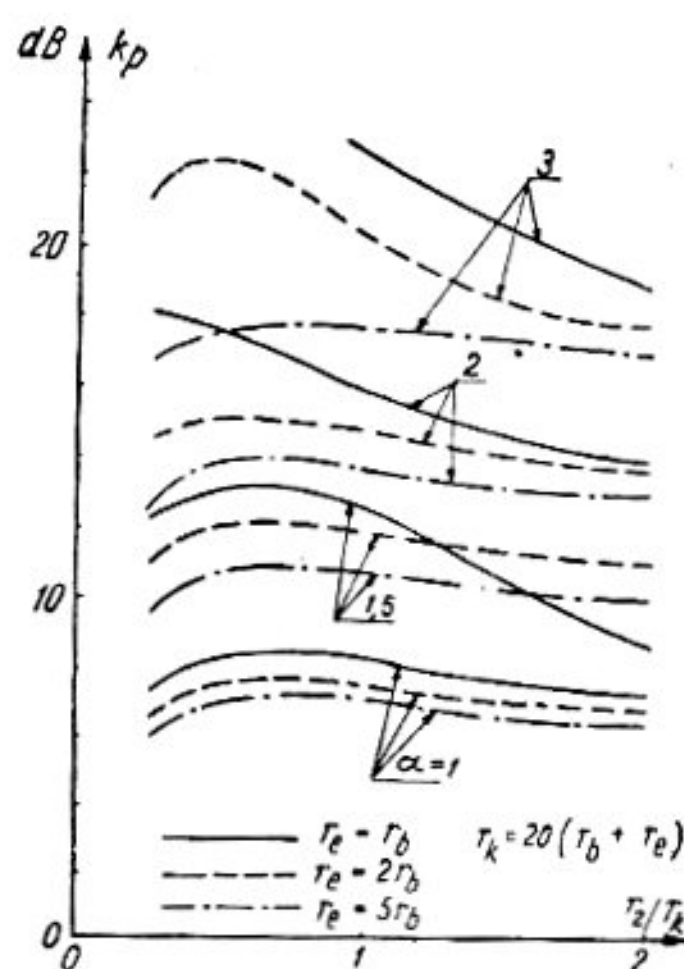
Rys. 2 Zależność r_{wej} od stosunku $\frac{T_2}{T_k}$ przy różnych wartościach $\frac{r_e}{r_b}$ i α .



Rys. 3 Zależność r_{wyj} od stosunku $\frac{r_g}{r_b}$ dla różnych wartości parametrów $\frac{r_e}{r_b}$ i α .

Przy odpowiednim wyborze stosunku $\frac{r_2}{r_h}$ i $\frac{r_g}{r_b}$ znaczne zmiany w warunkach dopasowania wpływają nieznacznie na wzmacnienie mocy i oporności wejściowe i wyjściowe.

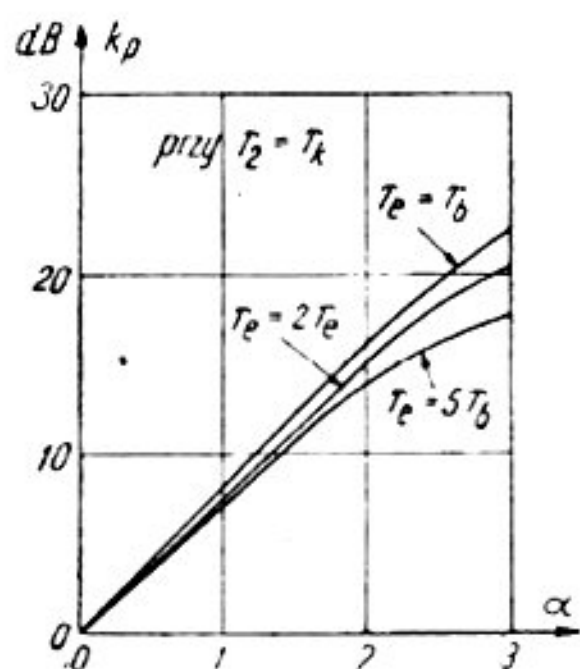
Z rozważań powyższych wynika, że największy wpływ przy małym r_b na wielkości charakterystyczne układu tranzystorowego wywiera rozrzut parametru α . Na-



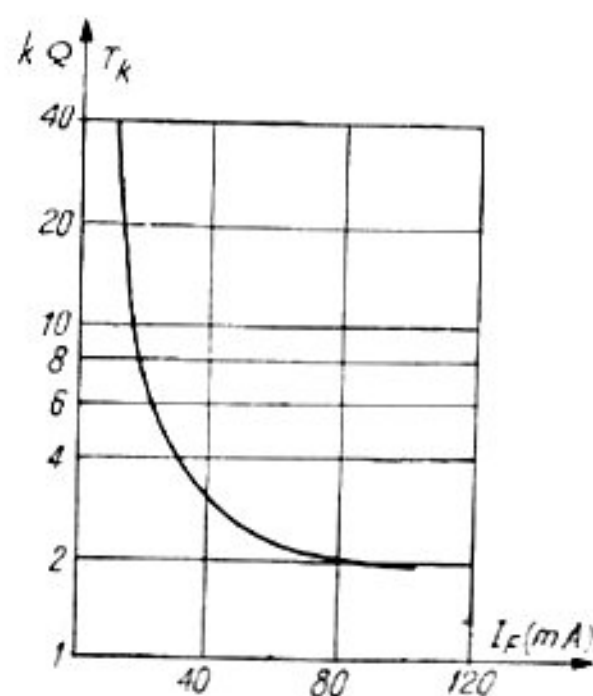
Rys. 4 Zależność wzmacnienia mocy k_p w dB od stosunku $\frac{r_2}{r_h}$ przy różnych wartościach parametru $\frac{r_e}{r_b}$ i α .

rzuca to więc konstruktorowi tranzystora konieczność stosowania takich procesów technologicznych, które umożliwiają utrzymanie możliwie małego rozrzutu tego parametru oraz takiego utrwalania i zabezpieczania styku, które eliminuje zmiany tegoż parametru w czasie.

Pierwsze zagadnienie rozwiązuje w dostatecznym stopniu zastosowanie monokrystalicznego germanu,



Rys. 5 Zależność wzmocnienia mocy k_p w dB od współczynnika α przy różnych wartościach stosunku r_e/r_b



Rys. 6 Wykres oporności kolektora r_k w funkcji prądu formowania I_F .

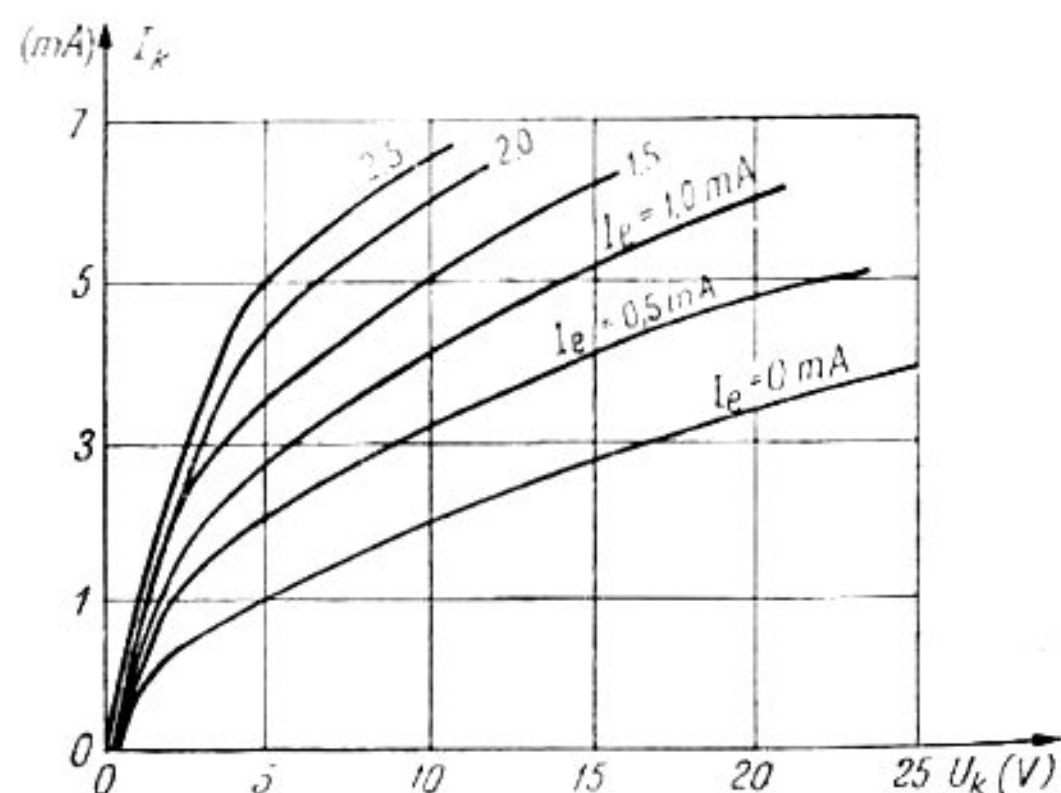
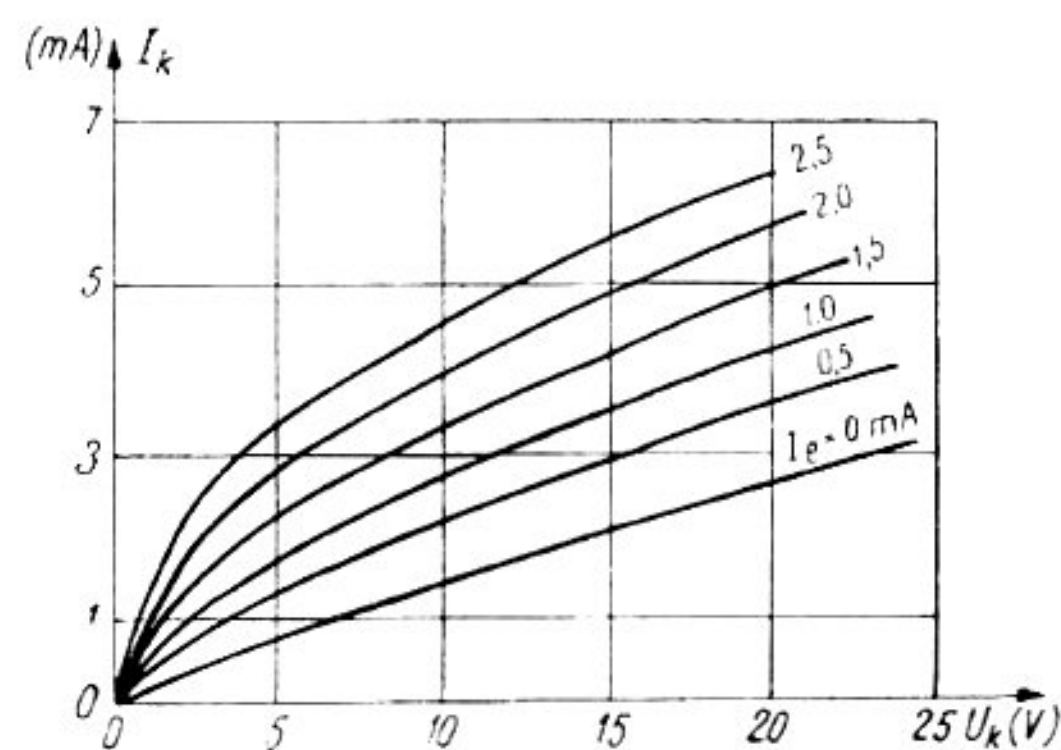
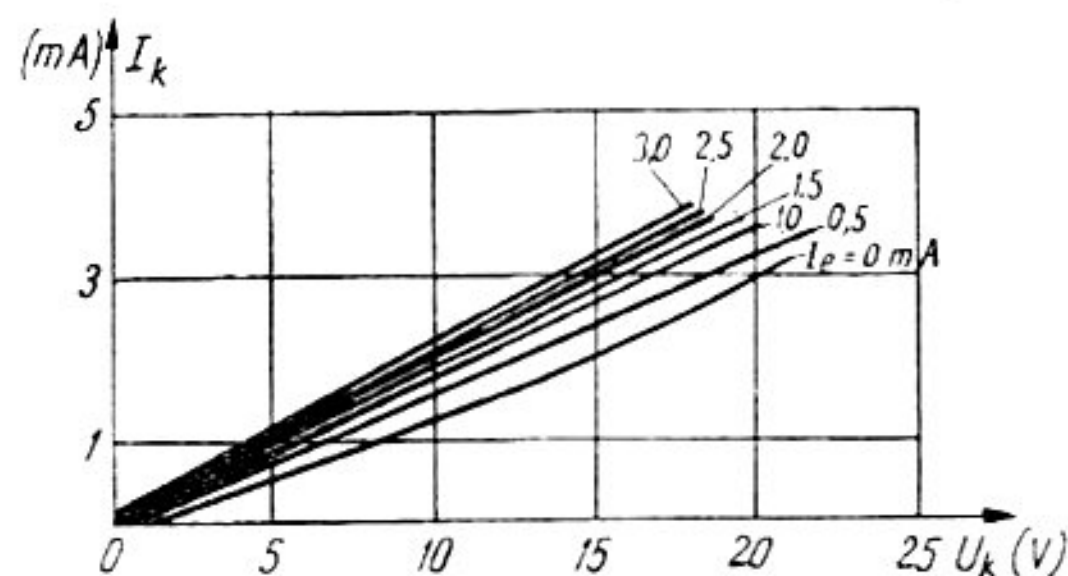
odpowiedniej konstrukcji sprężyn stykowych i przede wszystkim opracowanie metody elektrycznego formowania styków.

Wykres oporności kolektora r_k w zależności od prądu formowania I_F (rys. 6) oraz szereg zdjęć rodziny charakterystyk $U_k = f(I_k)$ (rys. 7) przy $I_e = \text{const}$ dla różnych prądów formowania podkreśla wpływ tego procesu na takie parametry elektryczne tranzystora, jak oporność r_k i współczynnik α .

Ponadto proces formowania decydująco wpływa na wartość częstotliwości granicznej f_g tranzystora (tj. takiej częstotliwości, przy której współczynnik α maleje o 3 dB w stosunku do wartości, którą mierzy się na częstotliwościach bardzo małych — np. 5 kHz (rys. 8), a więc i na częstotliwość graniczną układu tranzystorowego oraz poziom szumu wytwarzany przez tranzystor. Formowanie obniża poziom szumu o około 20 dB, zwiększając równocześnie stabilność i trwałość styku, dzięki przyspawaniu do germanu ostrza z brązu fosforowego.

3. Trwałość tranzystorów

Zagadnienie trwałości ma pierwszorzędne znaczenie dla użytkownika tranzystorów. Na trwałość tranzystora wpływają błędy mechanicznego wykonania tranzystora oraz zmiany chemiczne w materiale półprzewodnika i na jego powierzchni w bezpośrednim otoczeniu punktu styku. Szczególnie szkodliwa jest para wodna, która łatwo przenika przez szczeliny między masą zalewną

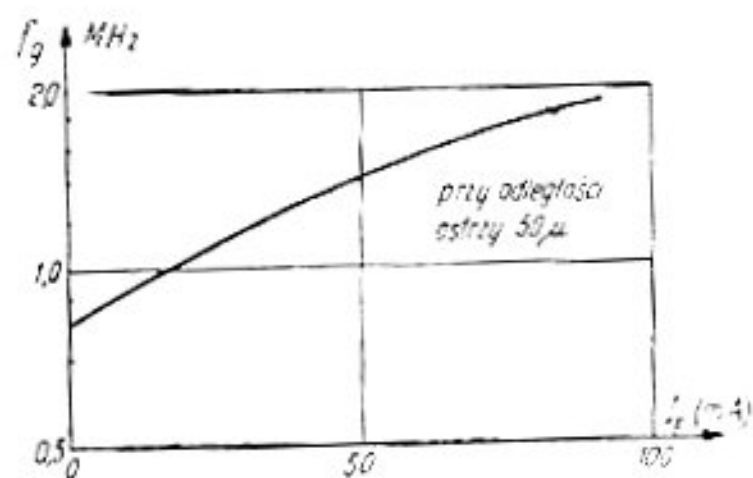


Rys. 7 Zależność charakterystyk $U_k = f(I_k)$ od prądu formowania I_F .

a) charakterystyki tranzystora przed formowaniem,
b) " " " " formowanego prądem 80 mA,
c) " " " " po uformowaniu — prąd 100 mA.

i przewodami prowadzącymi do styków. Przenikając tu, para wodna zwiększa przewodność powierzchniową, prowadząc wreszcie do zwarcia między stykami.

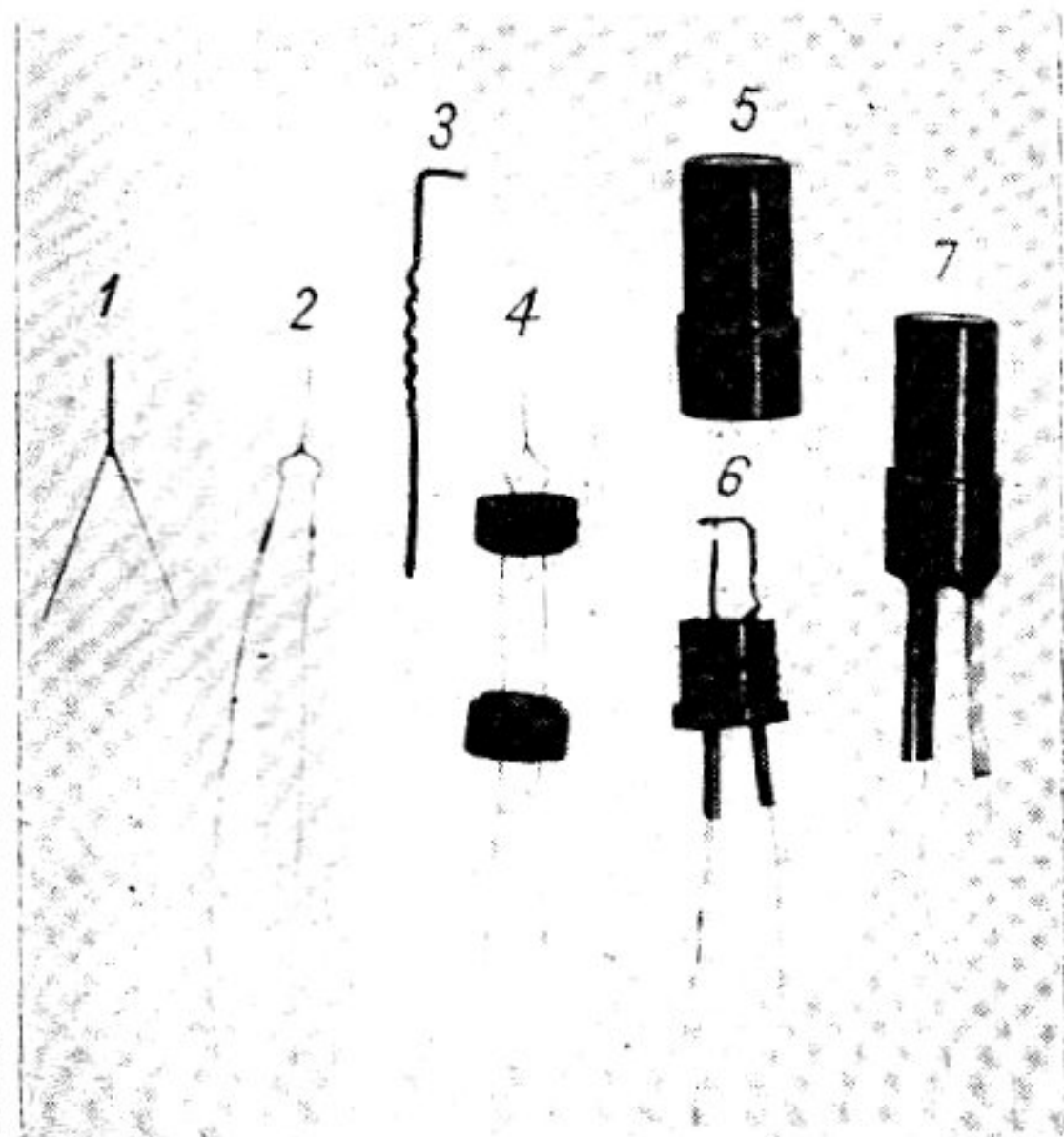
Niedoskonałościom mechanicznego wykonania, przyjmującym zwykle formę pewnych naprężeń, ulegających stopniowej zmianie w czasie, towarzyszą zmiany



Rys. 8 Zależność częstotliwości granicznej f_g od prądu formowania I_F .

kształtu charakterystyk $U_k = f(I_k)$, a przede wszystkim współczynnika wzmocnienia prądowego α . Zmianie naprężeń towarzyszy często przerwa w jednym ze styków.

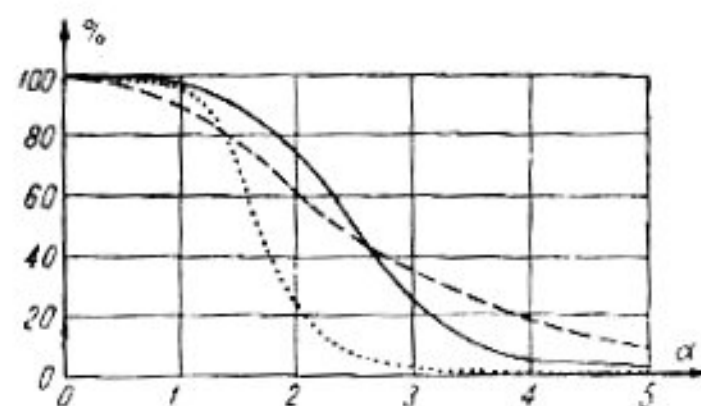
Zastosowanie odpowiednich mas impregnujących zapobiegających przedostawaniu się pary wodnej do wnętrza tranzystora przy prawidłowej konstrukcji me-



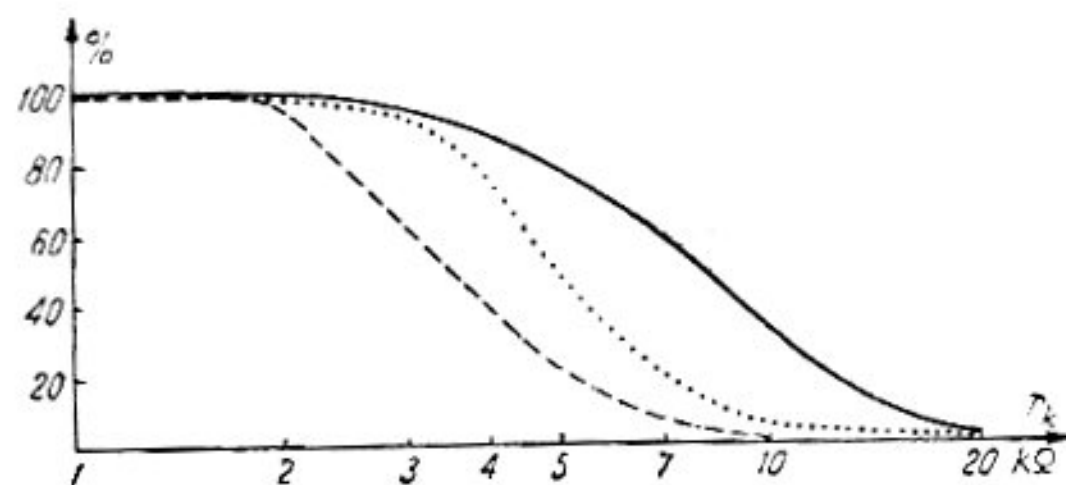
Rys. 9 Tranzystor TP 2 i TP 3.

chanicznej zapewnia trwałość, przekraczającą kilkadziesiąt tysięcy godzin. Proces starzenia tranzystorów zwiększa bardzo znacznie ich trwałość prawdopodobnie dzięki usuwaniu mechanicznych naprężeń.

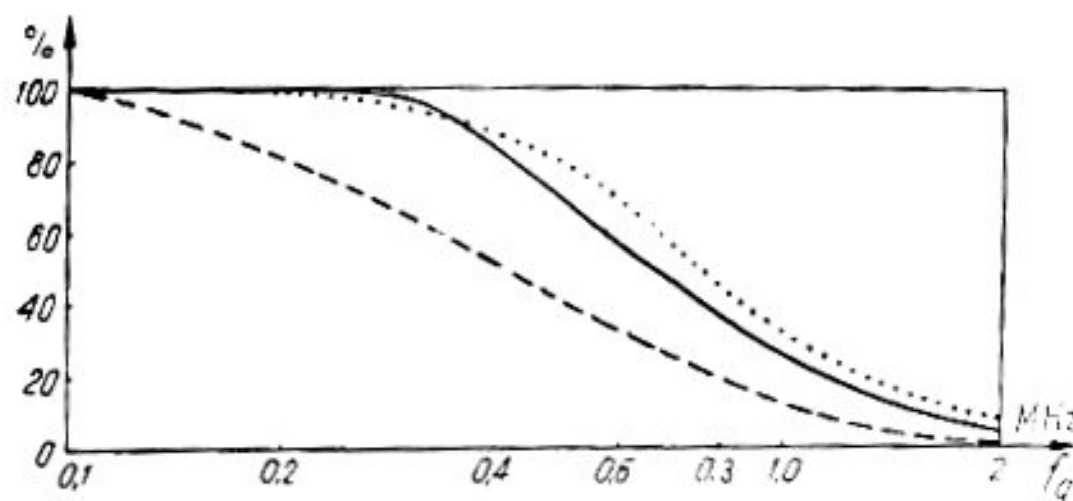
Doświadczenia zebrane przy wykonywaniu serii prototypowej tranzystorów TP 1 zostały wykorzystane przy produkcji tranzystorów typów TP 2 i TP 3. Kon-



Rys. 10 Procentowa ilość tranzystorów o danej wartości współczynnika wzmocnienia prądowego.



Rys. 11 Procentowa ilość tranzystorów o danej wartości oporności kolektora r_k .

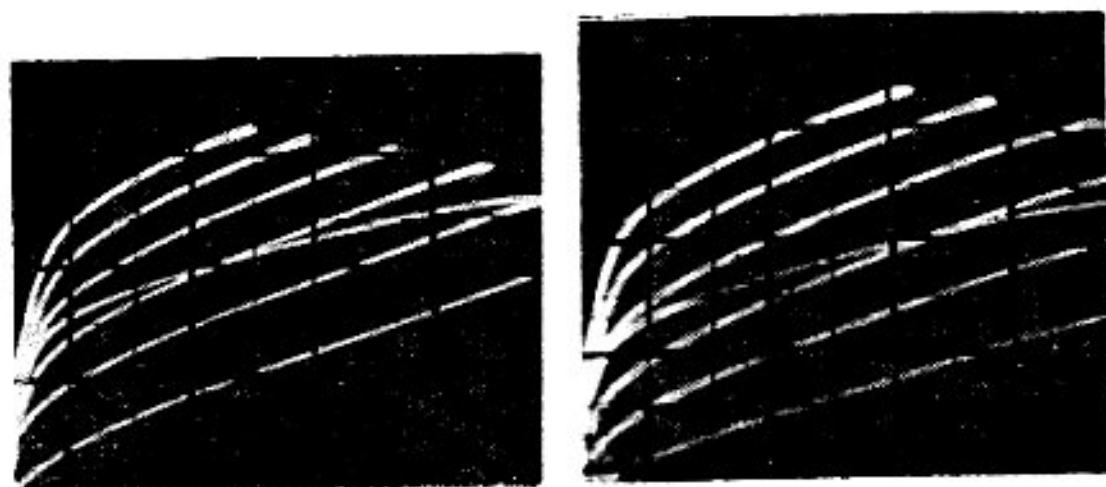


Rys. 12 Procentowa ilość tranzystorów o danej wartości częstotliwości granicznej f_g .

strukcję tranzystora TP 2 i TP 3 ilustruje rys. 9. Cechą szczególną tranzystorów ostrzowych opracowanych przez Zakład Elektroniki jest sposób wykonania elektrod wg patentu*) zapewniający stałość wzajemnej odległości elektrod, co znakomicie ułatwia montaż tranzystora i stwarza niezbędne warunki dla produkcji tranzystorów o małym rozrzucie parametrów elektrycznych.

Udoskonalenie procesów technologicznych, a zwłaszcza procesu formowania elektrycznego, pozwoliło na znaczne zmniejszenie rozrzutu parametrów α i f_g . Zwłaszcza ta ostatnia wartość uległa znacznemu przesunięciu w górę. Na rysunkach 10, 11 i 12 porównano rozrzut parametrów α , r_k i f_g dla serii prototypowej TP 1 i serii prototypowej TP 2 i TP 3. Badanie poszczególnych partii w miarę wprowadzania coraz bardziej udoskonalonych metod produkcyjnych wykazało stałe malenie rozrzutu parametrów, a w szczególności parametru α . Na rys. 10 wykreślono rozrzut parametru α dla 250 tranzystorów TP 1 oraz dwóch kolejnych partii tranzystorów TP 2, liczących po 150 sztuk. Krzywe wskazują na stałe malenie rozrzutu parametru α . W celu

*) J. Groszkowski — Patent PRL nr 37802.



Rys. 13 Fotografie charakterystyk $U_k = f(I_k)$ dla dwóch różnych tranzystorów TP 2.

lepszego zilustrowania osiągniętych wyników na rys. 13 pokazano dwie fotografie charakterystyk $U_k = f(I_k)$ dla dwóch dowolnie wybranych tranzystorów z partii 20-stu. Zdjęcia charakterystyk wykonane dla dwóch następnych tranzystorów tej partii były niemal identyczne z przedstawionymi na rys. 13.

Trwałość tranzystorów serii prototypowej TP 1 była bardzo mała. Około 30 procent wykazywało w ciągu pierwszych dwóch tygodni duże obniżenie wartości współczynnika α , a ok. 25% przerwę w styku kolektor

ra lub emitera. Następne 15% zakończyło swój żywot po okresie ok. 2 miesięcy, a 10 procent przetrwało okres sześciu miesięcy. Losy pozostałych 20 procent przekazanych w maju 1954 różnym instytucjom są nieznane ze względu na brak jakichkolwiek danych.

Zastosowanie odpowiedniej masy zalewnej oraz opracowanie procesu utrwalania styku zapewniło zmniejszenie odpadu przy produkcji tranzystorów TP 2 i TP 3. Zmniejszył się przede wszystkim odpad wskutek przerw styków kolektora lub emitera. Odpad z tych przyczyn wynosi mniej niż 10 procent; co prawda zaobserwowano po pewnym czasie zmniejszenie współczynnika w około 20 procentach wyprodukowanych 400 szt. tranzystorów TP 2 i TP 3, jednakże było ono na ogół niewielkie i ograniczało się w większości przypadków do około 20-procentowej zmiany. Tylko trzykrotnie zanotowano wartości współczynnika α poniżej jedności. Należy spodziewać się, że przeprowadzenie impregnacji w próżni (około $10^{-2} \div 10^{-3}$ Tr) pozwoli na dalsze zwiększenie trwałości. W celu porównania parametrów wykonywanych u nas tranzystorów ostrzowych z parametrami tranzystorów zagranicznych zestawiono w tablicy 1 dane elektryczne tranzystorów TP 2 i TP 3 i tranzystorów ostrzowych produkowanych za granicą.

Tablica 1

Typ tranzystora	I_{ko} mA	I_{eo} mA	α	f_g MHz	P_{max} mW	r_k hQ	Zastosowanie	Producent	Rozmiary
GET 1	-2	0,5	2,5	—	100	20	wzmacniacz	GEC	$\varnothing 5 \times 21$
3x101N	-4	1	2 ÷ 5	2	150	20	..	S. Tg. C	
1NC-021	-4	2	1,7	3	120	10	..	NRD	
TS 13	-4	1,5	1,5	1	120	7	..	Siemens	$\varnothing 5,5 \times 19$
TS 33	-6	2	1,5	—	120	10	przerzutnik	..	
PT-2A	-7	3	1,85	—	100	—	wzmacniacz	Hytron	
2A	-2	—	2,0	—	—	—	..	Texas Inst.	
CK 716	—	—	1,2	—	100	—	..	Raytheon	
2 N 30	—	—	2,0	—	100	—	..	General Electric	
2 N 31	—	—	2,0	—	100	—	przerzutnik	General Electric	
2 N 32	—	—	2,2	2,7	100	—	..	RCA	
2 N 33	—	—	2,2	50	100	—	generator	..	
TP 2	-3	0,5	1,5 ÷ 3,0	1,0	50	7	wzmacniacz	Zakł. Elektroniki	$\varnothing 9 \times 23$
TP 3	-3	0,5	3 ÷ 4	1,0	50	5	generator	..	

UWAGA PRENUMERATORZY

Zawiadamiamy, że uległo zmianie konto, na które wpłaca się należności za prenumeratę ulgową i normalną naszego czasopisma.

Brzmi ono obecnie: „Ruch” Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, Warszawa, Srebrna 12.

Konto: PKO 1-6-100.020.