

TECHNOLOGIA TRANZYSTORÓW OSTRZOWYCH

(Dokończenie)

Technologia płytki półprzewodnikowej

Materiał półprzewodnikowy używany na tranzystory ostrzowe powinien być monokrystaliczny i o określonej oporności, co zapewnia powtarzalność charakterystyk i parametrów poszczególnych sztuk dzięki powtarzalności procesu formowania.

Płytki używane w tranzystorach ostrzowych mają wymiary w przybliżeniu 1×1 mm lub 1×2 mm — jak w przypadku tranzystora osiowego (rys. 3). Otrzymuje się je tnąc monokrystaliczną bryłkę prostopadłe do osi wzrostu monokryształu na krążki grubości $200 \div 250$ μ , które po jednostronnym wypolerowaniu (w przypadku konstrukcji uwidocznionej na rys. 2) zostają wytrawione w mieszance trawiącej, a następnie połupane na płytki. Oczywiście, łupanie można zastąpić cięciem, przy czym przecinać można kilka krążków jednocześnie. Cięcia bryłki monokrystalicznej na płytki dokonywać można za pomocą tarczy o średnicy $6 \div 8$ cm, wykonanej ze stali używanej do wyrobu nożyków do golenia lub folii molibdenowej grubości 0,1 mm. Prędkość obrotowa tarczy wynosi $3000 \div 5000$ obr/min. Odpad germanu przy dobrze wykonanej tarczy wynosi $0,2 \div 0,3$ mm na każdy ucięty krążek, czyli ok. 50%.

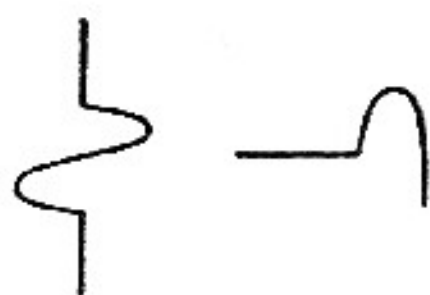
Powierzchnie płytek poleruje się ze względu na lepszą powtarzalność procesu formowania. Wykonuje się polerowanie tylko tych powierzchni, na których ustawia się ostrza. Płytki przeznaczone na tranzystor osiowy powinny mieć grubość ok. 300 μ , jeśli wykonuje się wgłębienia do ustawienia w nich ostrzy. Głębokość wgłębień powinna wynosić ok $50 \div 70$ μ ; powinny być one współosiowe. Po wykonaniu wgłębień sposobem chemicznym lub mechanicznym wytrawia się płytkę do grubości ok. 200 μ . Płytki bez zagłębień powinny mieć grubość $50 \div 100$ μ , w zależności od wymaganej częstotliwości granicznej.

Tak przygotowane płytki po ostatecznym wytrawieniu w mieszance trawiącej i zbadaniu, czy są wolne od jakichkolwiek nalotów przylutowuje się w próżni do metalowej stopki stanowiącej połączenie bazy. Lutuje się za pomocą stopu cyny z ołowiem w temperaturze 300°C utrzymywanej w ciągu 1 min. Z kolei powierzchnie płytek poddaje się trawieniu, a następnie magazynuje w naczyniu szklanym pod ciśnieniem kilku torów lub poniżej 1 Tr. Trawienie płytek daje najlepsze wyniki wówczas, gdy wykonuje się je w przepływającym strumieniu mieszanki, a następnie płucze w strumieniu wody destylowanej.

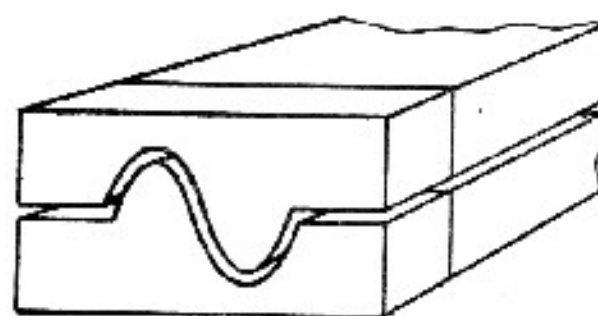
Montaż płytek tranzystorowych powinien odbywać się w pomieszczeniach o kontrolowanej wilgotności oraz wolnych od kurzu i pyłu.

Technologia ostrzy

Ostrza stosowane w tranzystorach wykonuje się z drutu z brązu fosforowego o średnicy $0,1\div 0,18$ mm bądź wolframowego o średnicy $0,10$ mm. Ostrze stanowi zakończenie sprężynki, która może mieć kształt różnorodny (rys. 11). Kształt nadaje się sprężynce za pomocą odpowiednich szczypiec (rys. 12). Ostrze otrzymuje się stosując elektrolityczne



Rys. 11. Przykłady różnego rodzaju sprężynek



Rys. 12. Narzędzie do formowania sprężynek

trawienie za pomocą 10-procentowego roztworu kwasu azotowego (w przypadku ostrzy z brązu fosforowego) i 50-procentowego roztworu ługu potasowego (w przypadku ostrzy wolframowych). Średnica ostrzy wynosi $5\div 20\ \mu$.

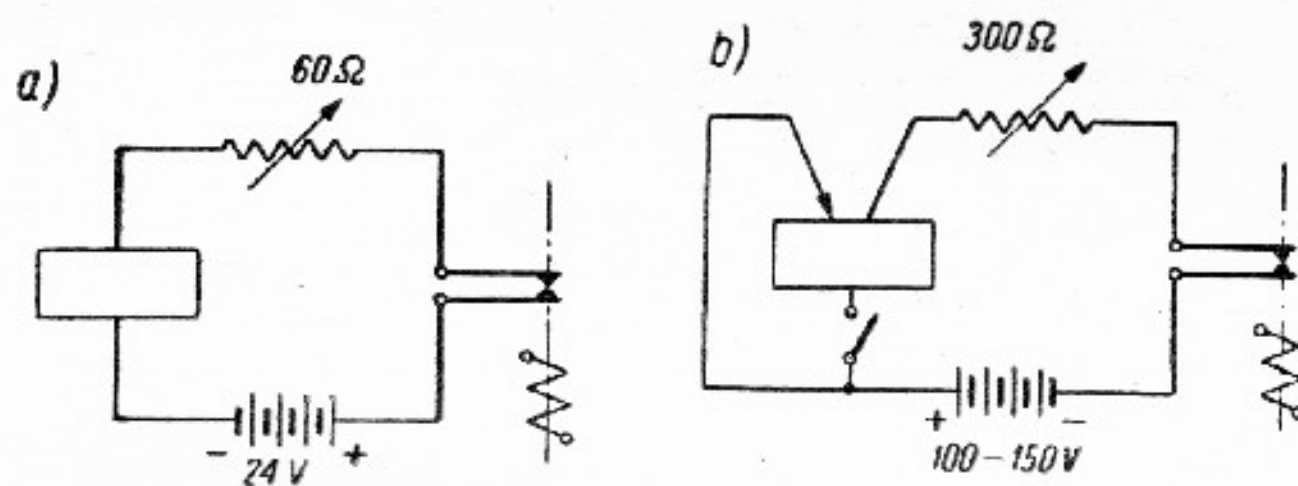
W celu ułatwienia lutowania sprężynki wolframowe pokrywa się miedzią i pobiera w części, która ma być przylutowana do słupka. Końce ostrzy wolframowych pokrywa się często złotem lub rodem w celu zmniejszenia szumów oraz oporności styku.

W sprężynkach klejonych wykonanych z taśmy ostrze uzyskuje się przez odpowiednie przycięcie na gilotynie.

Elektryczne formowanie styków

Proces elektrycznego formowania styków ma decydujące znaczenie, jeśli chodzi o stabilność mechaniczną, poziom szumów tranzystora oraz wartość liczbową jego parametrów α , r_k i f_{ga} .

Formowanie elektryczne może być przeprowadzone w dwojaki sposób. Pierwszy z nich polega na przepuszczeniu impulsów prądowych w kierunku łatwego przewodzenia prądu w układzie uwidocznionym na rys. 13 przy zastosowaniu ostrza wolframowego. Prądy stosowane przy formowaniu wynoszą $0,75 \div 1,2$ A, a oporność — powyżej $100 \text{ k}\Omega$. Charakterystyka $U_k = f(I_k)$ staje się podobna do charakterystyki tranzystora warstwowego. Przy bardzo starannym doborze warunków formowania wartości współczynnika α przekraczają 0,8.

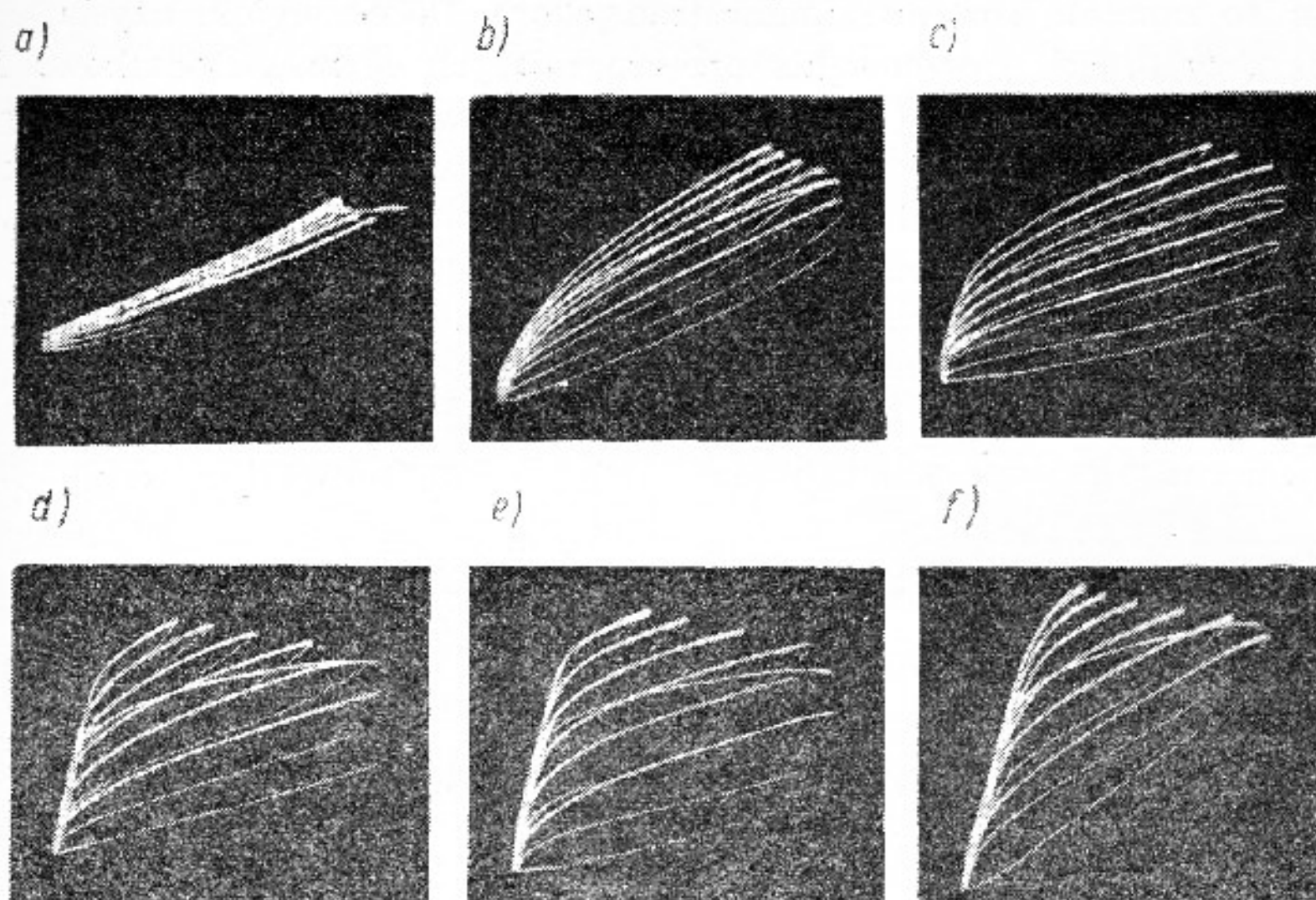


Rys. 13. Elektryczny układ formowania styku kolektora: a) w kierunku przewodzenia; b) w kierunku wstecznym między ostrzami

Drugi sposób formowania polega na przepuszczeniu impulsów prądowych w kierunku wstecznym przez kolektor z brązu fosforowego. Wartość prądu formowania dobiera się odpowiednio do wymaganych wartości parametrów tranzystora; wynosi ona $50 \div 120$ mA. Formowanie wywołuje rozszczepienie charakterystyk $U_k = f(I_k)$ dla różnych prądów I_e w sposób przedstawiony na rys. 14. Nachylenie charakterystyk i stopień ich rozszczepienia zależy od wartości prądu formowania. Pożądany kształt charakterystyki (rys. 14) osiąga się przez formowanie za pomocą szeregu kolejnych impulsów o stale rosnącej amplitudzie.

Źródło prądu formowania powinno mieć dużą wydajność i małą oporność wewnętrzną.

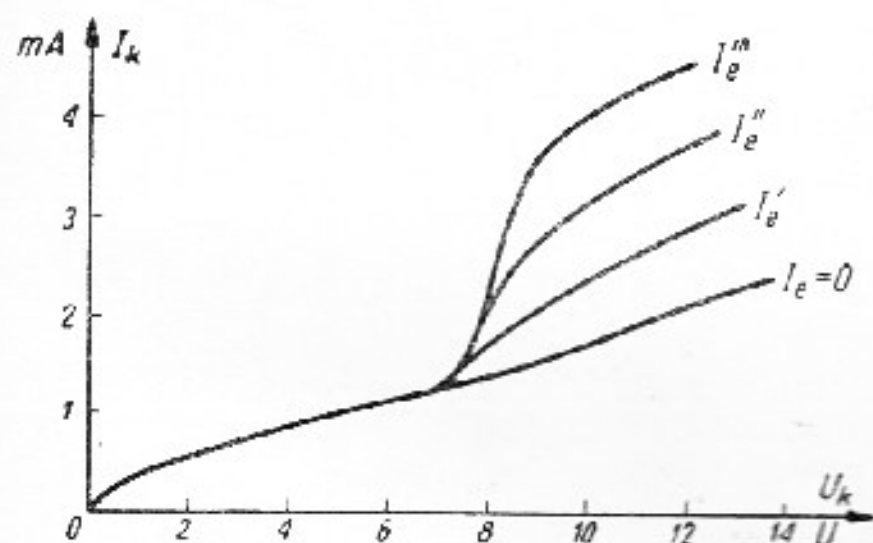
Optymalne prądy formowania wynoszą $80 \div 120$ mA. Zbyt duże prądy formowania wywołują bądź znaczne zwiększenie wartości prądu kolektora (rys. 14 f), bądź też przesunięcie punktu rozszczepienia charaktery-



Rys. 14. Wpływ prądu formowania na kształt charakterystyk $I_k = f(U_k)$: a) przed formowaniem; b), c) prądy formowania 30 i 60 mA; d), e) optymalne charakterystyki przy prądach 80 i 120 mA; f) zbyt duży prąd formowania

styk do wartości $U_k > 7 \div 8$ V i prądów $I_k > 1,5$ mA (rys. 15). Oba zjawiska wywołują duże zmniejszenie sprawności energetycznej oraz duże zniekształcenia i obniżenie wzmocnienia.

Powtarzalność procesu formowania osiąga się przez używanie monokrystalicznego germanu, dokładne polerowanie powierzchni płytek oraz utrzymywanie jednakowej siły nacisku ostrzy. Sposób formowania, a przede wszystkim czas trwania impulsu formującego, ma zasadniczy



Rys. 15. Charakterystyki otrzymywane przy zbyt dużych prądach formowania

wpływ na wartość częstotliwości f_{ga} .

Krótkie impulsy o czasie trwania mniejszym niż 10 ms pozwalają osiągać dużo większe częstotliwości graniczne niż impulsy długie (rys. 15).

Najlepsze wyniki pod tym względem uzyskuje się stosując formowanie między emitorem a kolektorem (rys. 6 b).

Formowanie obniża również

bardzo znacznie poziom szumów tranzystora. Dobre wyniki uzyskuje się już przy prądach formowania przekraczających 40 mA. Dodatkowe formowanie prądem o tej wartości daje dobre wyniki w przypadku tranzystorów, których poziom szumów po starzeniu wzrósł wskutek np. mechanicznego przesunięcia ostrzy. Nie wpływa ono na wartość r_k , α i f_{ga} .

Formowanie w kierunku wstecznym ma tę wadę, że obniża wartość oporności r_k i zwiększa wartość oporności r_b . Ze względu na charakter zmiany wartości r_k w funkcji prądu formowania jest wskazane stosowanie tranzystorów, których poziom szumów po starzeniu wzrósł wskutek np. mechanicznego przesunięcia ostrzy. Nie wpływa ono na wartości r_k , α i f .

Starzenie tranzystorów ostrzowych

Bardzo istotnym dla stabilizacji właściwości tranzystora jest proces starzenia, polegający na obciążeniu tranzystora w kilka dni po zakończeniu cyklu produkcyjnego prądami o największej wartości przewidzianej dla danego typu tranzystora, na okres 3 do 4 dni. Przed wykonaniem tej próby tranzystor w stanie bezprądowym należy poddać kilkukrotnemu cyklowi cieplnemu w zakresie temperatur od -20 do 50°C , przeprowadzonemu w termostacie. Tak przeprowadzone dwie próby powinny w zasadzie eliminować wszystkie niepewne pod względem mechanicznym tranzystory.

WYKAZ LITERATURY

1. Fahnestock J.: Production Techniques in Transistor Manufacture. — Electronics 1953 October.
2. Hunter F., Slade B.: High Frequency Operation of P-type Point Contact Transistors. — RCA Rev. 1954 March.
3. Majewski Z., Klamka J.: Lokalne trawienie elektrolityczne germanu. — Archiwum elektrotechniki t. IV 1955 z. 2.
4. Pułtorak J., Rosiński W.: Wpływ formowania na współczynnik α i oporność r_k w tranzystorze punktowym. — Archiwum elektrotechniki t. IV 1955 z. 2.
5. Ryder R., Sittner W.: Transistor Reliability Studies. — PIRE 1954 Nr 2.
6. Rosiński W., Pułtorak J.: Wpływ formowania na częstotliwość graniczną tranzystora. — Archiwum elektrotechniki t. IV 1955 z. 2.
7. Slade B.: A High Performance Transistors with Wide Spacing between Contacts. — RCA Rev. 1950 Nr 4.
8. Slade B.: The Control of Frequency Response and Stability of Point-Contact Transistors. — PIRE 1952 Nr 11.
9. Slade B.: Factors in the Design of Point-Contact Transistors. — RCA Rev. 1953 Nr 1.
10. Torrey W., Whitmer C.: Crystal Rectifiers. New York 1948 Mc Graw-Hill.
11. Valdes L.: Effect of Electrode Spacing on the Equivalent Base Resistance of Point-Contact Transistors. — PIRE 1952 Nr 11.
12. Valdes L.: Transistor Forming Effects in n-Type Germanium. — PIRE 1952 Nr 9.