

13. ročník, úloha V. S ... JFET tranzistor (5 bodů; průměr ?; řešilo 17 studentů)

Uvažujte tranzistor JFET vyrobený z polovodiče typu N ve tvaru kvádru o hranách a , b , c . Na dvou protilehlých stěnách jsou vývody S a D , na jiných dvou protilehlých je z polovodiče typu P vývod G (obě stěny jsou vodivě propojeny na jeden vývod). Předpokládejme, že šířka přechodu je dána vztahem $d = d_0 + \lambda U'$, kde U' je závěrné napětí. Předpokládejme navíc, že proud může procházet pouze oblastí polovodiče N mimo přechod. Proud tekoucí polovodičem se stanoví ze vztahu $I = S/l \cdot \sigma U$, kde U je napětí mezi svorkami na polovodiči s vodivostí σ , jejichž vzdálenost je l a proud prochází kolmo plochou S . Z tohoto jednoduchého modelu se pokuste stanovit závislost proudu tranzistorem na napětí mezi svorkami S a D , jako parametr uvažujte napětí na svorce G . Úlohu si ještě můžete zpěstit porovnáním výsledku s charakteristikou válcového tranzistoru JFET, kde je polovodič P po celém plášti válce.

Rozměry kvádru nechť jsou $a \times b \times c$. Na stěnách o rozměrech $a \times b$ jsou kontakty S a D , na stěnách o rozměrech $a \times c$ jsou kontakty G . Mezi kontakty S (-) a D (+) je elektrické napětí U . Mezi S a G je v závěrném směru napětí U_Z , které vytváří přechod o šířce úměrné závěrnému napětí. Je zřejmé, že právě u vývodu S se vytvoří nejširší přechod, proto budeme počítat, že právě tato šířka přechodu limituje proud procházející tranzistorem. Dosadíme do vztahu pro proud polovodičem

$$I = \frac{S}{l} \sigma U$$

za $S = b - 2d = b - 2(d_0 + \lambda U_Z)$ a $l = c$. Potom dostaneme vztah

$$I = \frac{b - 2(d_0 + \lambda U_Z)}{c} \sigma U.$$

Vidíme, že proud závisí lineárně na napětí na svorkách. To je dost odlišné od charakteristik ze seriálu, nicméně jako přibližné řešení to bohatě stačí.

Pro zcela přesné řešení je třeba použít integrace, následující řešení je určeno těm, kteří umí používat integrály (někteří takoví seriál řešili). Nejdříve upravíme vztah pro proud polovodičem

$$I = \frac{S}{dl} \sigma dU$$

a pro odpor platí

$$dR = \frac{dU}{I} = \frac{dl}{\sigma S}.$$

Samozřejmě závěrné napětí není stejné po celé délce tranzistoru, proto musíme psát

$$S(x) = a [b - 2d(x)] = ab - 2ad_0 - 2a\lambda U_Z + 2a\lambda \frac{l}{c} U$$

a nyní snadno dosadíme do integrálu pro odpor tranzistoru

$$R = \int_0^c dR$$

za dR ze vztahu výše. Po provedení integrace a vyjádření $I = U/Y$ obdržíme

$$I = a\sigma U \left[\ln \frac{b - 2d_0 - 2\lambda U_Z + 2\lambda U}{b - 2d_0 - 2\lambda U_Z} \right]^{-1}.$$

Taková charakteristika je skutečně podobná reálné charakteristice JFET tranzistoru.

Trochu odlišné výsledky dostaneme při uvážení tranzistoru jako válečku. Ve výpočtu je odlišnost v tom, že neplatí $S = a(b - 2d)$, ale $S = \pi(r - d)^2$, pokud poloměr válečku je právě r .

Tomáš Ostatnický