

Załącznik 2: Pomiar stosunku e/k

(skrót artykułu F.W. Inman, C.E. Miller, The Measurement of the e/k in the Introductory Physics Laboratory).

Zasada pomiaru opiera się na obserwacji, że prąd kolektora I_c większości komercyjnych tranzystorów pracujących w układzie ze wspólną bazą jest wykładniczą funkcją napięcia emiter-baza U_{EB} w szerokim zakresie prądów [1].

$$I_c = I_0 \exp(eU_{EB} / k_B T) \quad (1)$$

gdzie T jest temperatura absolutną.

Wykresem tej zależności w reprezentacji półlogarytmicznej jest linia prosta ze współczynnikiem nachylenia równym $e/k_B T$. Jeżeli znana jest temperatura T , to możliwe jest bezpośrednie wyznaczenie stosunku e/k_B .

Teoria

Zależności napięciowo-prądowe dla diod i tranzystorów są szeroko dyskutowane w literaturze [2]. W złączu $p-n$ za powstanie przewodnictwa elektrycznego odpowiedzialnych jest szereg mechanizmów. Są to: (1) zjawiska dyfuzyjne, (2) zjawiska rekombinacyjno-generacyjne zachodzące w rejonie zubożonym w nośniki, oraz (3) zjawiska powierzchniowe. Każde z tych zjawisk jest odpowiedzialne za wytworzenie prądów, z których każdy ma nieco inną zależność od napięcia na złączu. Teoria prądu dyfuzyjnego została zaproponowana przez Shockleya [3]. Przewiduje ona, że dla kierunku przewodzenia prąd dyfuzyjny jest proporcjonalny do $\exp(eV / k_B T)$. Powstawanie prądu rekombinacyjno-generacyjnego było omówione przez Saha, Noyce'a i Shockleya [4], którzy wykazali, że dla kierunku przewodzenia ten prąd jest proporcjonalny do $\exp(eV / 2k_B T)$. Wreszcie, zjawiska powierzchniowe powodują powstanie prądu proporcjonalnego do $\exp(eV / mk_B T)$, gdzie $m > 2$. Zazwyczaj w diodach występują wszystkie te prądy. W związku z tym zależność prądowo-napięciową diod przyjęto opisywać następującą zależnością empiryczną:

$$I_c = I_0 \exp(eV / mk_B T) \quad (2)$$

gdzie parametr m jest wyznaczany doświadczalnie. Jak widać dioda nie nadaje się do wyznaczania stosunku e/k_B .

W tranzystorze połączonym w układzie ze wspólną bazą, prąd kolektora powstaje w dominującym stopniu dzięki nośnikom, które dyfundują przez złącze emiter-baza do rejonu kolektora. W rezultacie prąd kolektora będzie miał taką samą zależność od napięcia emiter-baza co prąd dyfuzyjny – wzór (1).

Pomiary doświadczalne wykazały, że dla większości tranzystorów krzemowych powyższa zależność jest słuszna z dokładnością do 1% nawet dla prądów zmieniających się o wiele rzędów wielkości [1].

Literatura:

- [1] C.T. Sah, IRE Trans. Electron Devices ED (Jan. 1962).
- [2] S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, (Interscience, New York, 1969).
- [3] W. Shockley, Bell Syst. Tech. J. 28 (1949) 1.
- [4] C.T. Sah, R.N. Noyce, and W. Shockley, PRB 46 (1958) 1076.