

PRZYRZĄDY PÓŁPRZEWODNIKOWE	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-88 3375-61
	Diody półprzewodnikowe mikrofalowe mieszające Pomiar wyjściowej liczby szumowej N_r i znormalizowanego współczynnika szumów F_{os}	
		Grupa katalogowa 1929

BN-88/3375-61 (eqv CT CЭB 3997-83)

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są metody pomiaru wyjściowej liczby szumowej N_r oraz znormalizowanego współczynnika szumów F_{os} półprzewodnikowych mikrofalowych diod mieszających w zakresie częstotliwości od 0,3 GHz do 78,3 GHz.

1.2. Wymagania wstępne

1.2.1. Błąd pomiaru mocy b.w.cz. w zakresie od 0,1 mW do 10 mW nie powinien przekraczać wartości: $\pm 7\%$ dla zakresu częstotliwości od 0,3 GHz do 37,5 GHz, $\pm 5\%$ dla zakresu częstotliwości od 37,5 GHz do 78,3 GHz, a poza ww. wartościami mocy nie powinien być większy niż 15%.

1.2.2. Zachodzące w czasie pomiaru zmiany poziomu mocy b.w.cz. oraz parametrów zastosowanych przyrządów pomiarowych powinny mieć pomijalny wpływ na wynik pomiaru.

1.2.3. Jeśli jest określona wartość temperatury otoczenia, należy ją kontrolować na korpusie głowicy pomiarowej w warunkach ustalonych.

1.2.4. Błąd pomiaru parametrów N_r i F_{os} nie powinien być większy niż $\pm 20\%$ w zakresie częstotliwości od 0,3 GHz do 37,5 GHz.

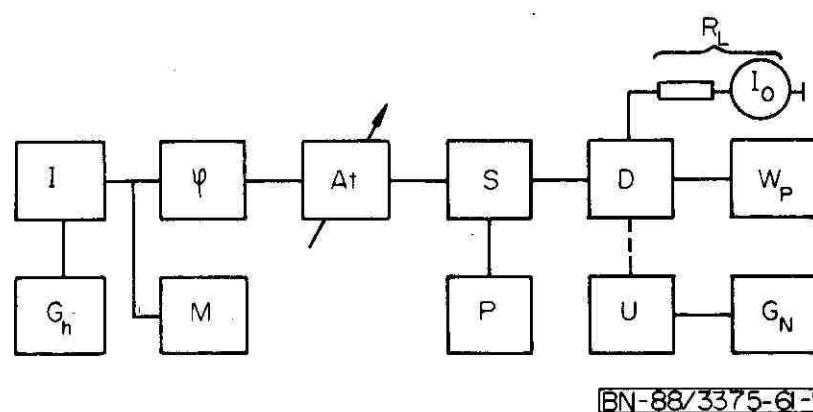
1.3. Warunki pomiaru. Normy przedmiotowe powinny określać wartości:

- poziomu mocy b.w.cz. — P_o lub prądu stałego obciążenia I_o mierzonej diody,
- częstotliwości sygnału f_s ,

- częstotliwości oscylatora lokalnego (heterodyny) f_h ,
- częstotliwości pośredniej f_p ,
- rezystancji obciążenia diody dla prądu stałego — R_L ,
- dopuszczalnego błędu pomiarów parametrów N_r i F_{os} w zakresie częstotliwości 37,5 GHz ÷ 78,3 GHz,
- parametrów głowicy pomiarowej,
- temperatury otoczenia mierzonej diody z określoną dokładnością.

2. POMIAR WYJŚCIOWEJ LICZBY SZUMOWEJ N_r

2.1. Układ pomiarowy — wg rys. 1.



Rys. 1

G_h — generator mocy b.w.cz. (oscylator lokalny), M — miernik częstotliwości, I — izolator, φ — filtr selektywny b.w.cz., At — tłumik b.w.cz., S — sprzęgacz kierunkowy, P — miernik mocy b.w.cz., D — głowica pomiarowa, W_p — wzmacniacz pośredniej częstotliwości z miernikiem mocy wyjściowej, U — układ sprzęgający generator szumów z głowicą pomiarową, G_N — generator szumów

Zgłoszona przez Fabrykę Półprzewodników TEWA
Ustanowiona przez Dyrektora Naukowo-Produkcyjnego Centrum Półprzewodników dnia 29 marca 1988 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1988 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 10/1988, poz. 26)

2.2. Wymagania dotyczące układu pomiarowego

a) filtr selektywny φ powinien mieć następujące parametry:

- częstotliwość środkową równą częstotliwości f_h ,
- pasmo spełniające wymagania:

$$2\Delta f_{25\text{dB}} \leq 2f_p \quad (1)$$

$$2\Delta f_{0,5\text{dB}} \leq \frac{2f_p}{2,5} \quad (2)$$

b) miernik mocy p oraz współpracujący z nim sprzęgacz kierunkowy S powinny zapewnić dokładny pomiar poziomu mocy b.w.cz. dostarczanej do diody,

c) wzmacniacz pośredniej częstotliwości powinien mieć następujące parametry:

- częstotliwość środkową równą wymaganej częstotliwości pośredniej f_p ,
- pasmo pomiarowe (3-decybelowe) nie większe niż $0,1 f_p$,

— rezystancję wejściową R_I przy częstotliwości f_p spełniającą nierówność

$$R_I \geq 20 \cdot R_{if\text{max}} \quad (3)$$

w której $R_{if\text{max}}$ — największa wartość rezystancji wyjściowej diody,

— równoważną rezystancję wejściową szumów R_{IN} spełniającą warunek

$$R_{IN} \leq 600 \Omega \quad (4)$$

— współczynnik wzmocnienia nie mniejszy niż 50 dB z zakresem płynnej regulacji nie mniejszej niż 6 dB,

— regulowany obwód wejściowy umożliwiający dostrojenie do reaktancji wyjściowej diody przy częstotliwości pośredniej f_p ,

— miernik przebiegu wyjściowego zapewniający wskazanie proporcjonalne do mocy mierzonego sygnału, tj. z detektorem o kwadratowej charakterystyce amplitudy z odchyłkami nie większymi niż 2%,

d) układ pomiarowy należy cechować za pomocą rezystorów wzorcowych lub za pomocą generatora szumów.

Za pomocą rezystorów wzorcowych wyznacza się charakterystykę

$$P = f(R) = f(R_n) \quad (5)$$

w której:

P — wskazanie miernika sygnału wyjściowego wzmacniacza W_p ,

R — wartość rezystancji rezystora wzorcowego,

R_n — wartość równoważnej rezystancji szumów.

Charakterystykę $P = f(R_n)$ należy wyznaczyć w zakresie

$$\Delta R_n = N_{r\text{max}} \cdot R_{if\text{max}} - N_{r\text{min}} \cdot R_{if\text{min}} \quad (6)$$

Rezystory wzorcowe powinny mieć następujące parametry:

- tolerancję rezystancji nie większą niż 2%,
- pasożytniczą reaktancję indukcyjną szeregową na częstotliwości pośredniej f_p nie większą niż $0,01 R$,
- wymiary umożliwiające ich umieszczenie w głowicy pomiarowej.

Zastosowany do cechowania generator szumów G_N powinien mieć widmo częstotliwości zawierające częstotliwość pośrednią f_p , a układ sprzęgający U powinien zapewnić transformację rezystancji wyjściowej genera-

tora szumów R_G na wartość R_{if} widzianą od strony wejścia wzmacniacza W_p .

2.3. Wykonanie pomiaru

a) Przy pomiarze z cechowaniem układu za pomocą rezystorów wzorcowych należy:

— przy wyłączonym sygnale generatora G_h do zacisków diody w głowicy pomiarowej D włączyć rezystor wzorcowy R_1 , dostroić wejście wzmacniacza W_p (na częstotliwości f_p) i odczytać na mierniku wzmacniacza wartość wskazywanej mocy P_1 .

— włączając kolejno rezystory wzorcowe $R_2, R_3 \dots R_k$ odczytać i zanotować wskazania $P_2, P_3 \dots P_k$ oraz odpowiadające im wartości rezystancji R ,

— sporządzić wykres zależności $P = f(R_n)$,

— do głowicy pomiarowej włączyć mierzoną diodę, włączyć generator G_h i ustawić wymagane warunki pomiaru, tj. parametry: rezystancję obciążenia R_L oraz moc b.w.cz. — P_o lub taką jej wartość, przy której uzyskuje się wymagany prąd obciążenia przy częstotliwości f_h ,

— dostroić wejście wzmacniacza W_p i odczytać na mierniku wartość wskazywanej mocy P_d ,

— z wykresu $P = f(R_n)$ na podstawie wskazania P_d odczytać wartość zmierzonej równoważnej rezystancji szumów R_N

— obliczyć wyjściową liczbę szumową

$$N_r = \frac{R_N}{R_{if}} \quad (7)$$

b) Przy pomiarze z cechowaniem układu za pomocą generatora szumów należy:

— do głowicy pomiarowej włączyć mierzoną diodę i ustawić wymagane warunki pomiaru zgodnie z 2.3a),

— dostroić obwód wejściowy wzmacniacza W_p i odczytać na mierniku wzmacniacza wskazanie P_d ,

— wyjąć z głowicy mierzoną diodę, wyłączyć generator G_h i po włączeniu sygnału wyjściowego generatora szumów G_N dostroić obwód wejściowy wzmacniacza W_p ,

— regulując poziom wyjściowy generatora szumów uzyskać na mierniku wzmacniacza wskazanie P_g spełniające warunek

$$P_g \geq a \cdot P_d \quad (\text{zazwyczaj } a = 4, \text{ tj. } P_g = 4P_d)$$

— obliczyć wyjściową liczbę szumową na podstawie wzorów (8) ÷ (10), w zależności od tego w jakich wielkościach został wyskalowany generator szumów:

$$N_r = \frac{4P_d}{P_g} (F_{(kT_o)} + 1) - 1 \quad (8)$$

$$N_r = \frac{4P_d}{P_g} \left(\frac{T_n - T_o}{T_o} + 1 \right) - 1 \quad (9)$$

$$N_r = \frac{4P_d}{P_g} \left(\frac{G_n - kT_o}{kT_o} + 1 \right) - 1 \quad (10)$$

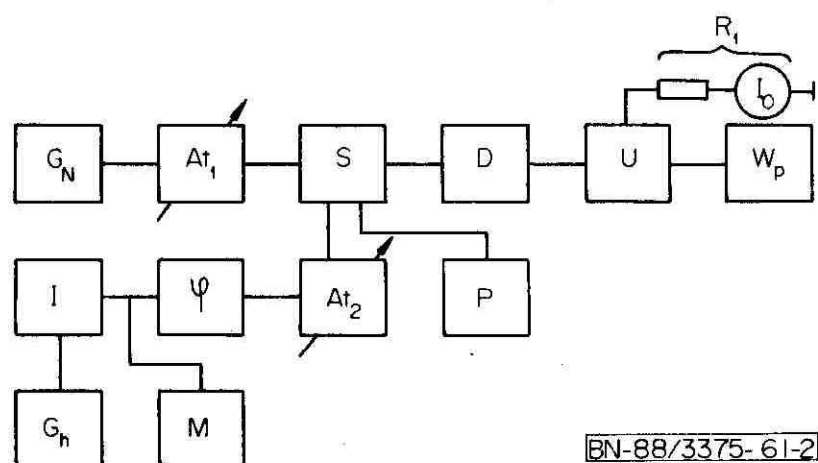
w której:

$F_{(kT_o)}$ — współczynnik szumów odczytany ze skali generatora szumów (w kT_o),

- T_n — temperatura szumowa generatora szumów, w kelwinach,
 T_o — temperatura standardowa (najczęściej 293 K),
 G_n — widmowa gęstość mocy generatora szumów (W/Hz),
 k — stała Boltzmanna ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

3. POMIAR ZNORMALIZOWANEGO WSPÓLCZYNNIKA SZUMÓW F_{os}

3.1. Układ pomiarowy — wg rys. 2.



Rys. 2

G_h — generator mocy b.w.cz. (oscylator lokalny), M — miernik częstotliwości, I — izolator, φ — filtr selektywny b.w.cz., At_1, At_2 — tłumiki, G_N — generator szumów, S — sprzęgacz kierunkowy, P — miernik mocy b.w.cz., D — głowica pomiarowa, U — układ sprzęgający wzmacniacz z głowicą pomiarową, W_p — wzmacniacz pośredniej częstotliwości z miernikiem mocy wyjściowej

3.2. Wymagania dotyczące układu pomiarowego

a) Filtr φ powinien spełniać wymagania wg 2.2a), a miernik mocy P wg 2.2b),

b) Tłumik mocy powinien mieć następujące parametry w zakresie częstotliwości od 0,3 GHz do 37,5 GHz:
 — współczynnik fali stojącej dla wejścia i wyjścia nie większy niż 1,2,
 — maksymalną tłumienność nie mniejszą niż 30 dB,
 — błąd określenia tłumienia nie większy od wartości $0,01 + 0,005d$, gdzie d — ustawione tłumienie,
 — w zakresie częstotliwości od 37,5 GHz do 78,3 GHz błąd określenia tłumienia i inne parametry tłumika powinny być określone w normach przedmiotowych.

Dopuszcza się pominięcie tłumika At_1 w warunkach, gdy poziom sygnału wyjściowego generatora szumów jest niski, a tłumienie minimalne tłumika uniemożliwia ustawienie wymaganej mocy szumów na diodzie.

c) Generator szumów powinien mieć następujące parametry:

- zakres częstotliwości nie większy niż $f_d = f_h - f_p$ do $f_g = f_h + f_p$,
- rozrzut widmowej gęstości mocy szumów nie większy niż $\pm 0,1$ dB.

d) Układ U sprzęgający wzmacniacz częstotliwości pośredniej W_p z głowicą pomiarową powinien umożliwić dopasowanie między impedancją wyjściową Z_{if} mierzonej diody, a impedancją wejściową wzmacniacza.

e) Wzmacniacz częstotliwości pośredniej W_p powinien mieć następujące parametry:

- umożliwić dostrojenie wzmacniacza do reaktancji wyjściowej diody przy częstotliwości f_p ,
- częstotliwość środkowa pasma przenoszenia wzmacniacza powinna być równa wymaganej częstotliwości pośredniej $f_o = f_p$,
- pasmo pomiarowe powinno spełniać wymaganie $2\Delta f_{3\text{ dB}} \leq 0,1 f_p$,
- współczynnik wzmocnienia nie mniejszy niż 50 dB, z zakresem płynnej regulacji wzmocnienia nie mniejszym niż 6 dB,
- miernik sygnału wyjściowego powinien zapewnić wskazania proporcjonalne do mocy mierzonego sygnału, tj. z detektorem o kwadratowej charakterystyce amplitudy z odchyłkami nie przekraczającymi 2%,
- współczynnik szumów wzmacniacza przy częstotliwości f_p powinien wynosić 1,5 dB z rozbieżnością nie większą niż $\pm 0,3$ dB.

f) Sprzęgacz kierunkowy s powinien mieć następujące parametry:

- kierunkowość nie gorszą niż 20 dB,
- taką wartość tłumienia, aby na mierzoną diodę przedostawał się wymagany poziom mocy b.w.cz. ze źródeł G_h i G_N .

g) Należy wyznaczyć wartości tłumienia mocy d_s i d_z dla toru od generatora szumów G_N do głowicy pomiarowej:

- d_s przy częstotliwości pomiarowej f_s ,
- d_z przy częstotliwości zwierciadlanej.

Tłumienia te należy wyznaczyć z błędem nie przekraczającym 0,2 dB. W czasie tych pomiarów na tłumiku At_1 powinno być ustawione tłumienie minimalne.

3.3. Wykonanie pomiaru

a) Do głowicy pomiarowej włączyć mierzoną diodę i ustawić wymagane warunki pomiaru, tj. parametry: rezystancję obciążenia R_L , moc P_o lub taką jej wartość, przy której uzyskuje się wymagany prąd obciążenia I_o , przy częstotliwości f_h .

b) Włączyć sygnał generatora szumów i za pomocą układu sprzęgającego U oraz strojenia wejścia wzmacniacza uzyskać maksymalne wskazanie na mierniku wzmacniacza.

c) Przy wyłączonym sygnale generatora szumów, regulując wzmocnienie wzmacniacza uzyskać wygodną do odczytu wartość mocy P_d na mierniku wzmacniacza.

d) Włączyć sygnał generatora szumów i ustawić taki jego poziom (lub gdy sygnał wyjściowy nie jest regulowany — ustawić takie tłumienie d tłumika At_1), aby wskazanie mocy P_g miernika wzmacniacza wzrosło kilkakrotnie w stosunku do mocy ustawionej wg 3.3c), tj. $P_g = a \cdot P_d$, ($a > 1$).

Największą dokładność pomiaru F_{os} uzyskuje się, gdy spełnione są warunki:

- stosunek wskazań mocy wynosi 2, tj. $p_g = 2P_g$, $a = 2$,
- odczyt wartości obu mocy wykonuje się dla tego samego wychylenia detektora.

Realizację drugiego wymagania można uzyskać przez dokładne obniżenie wzmocnienia mocy wzmacniacza o połowę, tj. o -3 dB, w czasie drugiego etapu pomiaru.

e) Wartość znormalizowanego współczynnika szumów F_{os} — obliczyć wg wzorów (11) ÷ (14), w zależności od tego, w jakich wielkościach został wyskalowany generator szumów:

$$F_{os} = \frac{p}{d} \cdot \frac{F_{(kT_o)}}{a-1} \quad (11)$$

$$F_{os} = \frac{p}{d} \cdot \frac{\text{colog} \left(\frac{F_{(dB)}}{10} \right)}{a-1} \quad (12)$$

$$F_{os} = \frac{p}{d} \cdot \frac{T_n - T_o}{T_o \cdot (a-1)} \quad (13)$$

$$F_{os} = \frac{p}{d} \cdot \frac{G_n - kT_o}{kT_o \cdot (a-1)} \quad (14)$$

w którym:

d — tłumienie (mocy) tłumika At_1 (jeśli tłumik został pominięty $d = 1$),

$$p = \left(1 + \frac{d_z}{d_s} \right) \frac{1}{d_z}$$

pozostałe oznaczenia zgodnie z 2.3.

Dla wyrażenia znormalizowanego współczynnika szumów, w decybelach, obowiązuje zależność

$$F_{os(dB)} = 10 \lg F_{os} \quad (15)$$

Dopuszcza się zastosowanie wzmacniacza pośredniej częstotliwości, którego współczynnik szumów różni się od wymaganej wartości: 1,5 dB. Wówczas pomiar wykonuje się również wg opisanej wcześniej procedury, uzyskując współczynnik szumów F_o , a wartość F_{os} należy wyznaczyć wg wzoru

$$F_{os} = F_o - (F_p - 1,41) \cdot L_c \quad (16)$$

w którym:

F_p — współczynnik szumów wzmacniacza pośredniej częstotliwości,

L_c — straty przemiany.

Jeśli w układzie pomiarowym zastosowano kompensację szumów wzmacniacza W_p , wówczas $F_p = 1$ i w wyniku pomiaru uzyskuje się współczynnik szumów samego mieszacza F_c , a wartość F_{os} należy obliczyć wg wzoru

$$F_{os} = F_c + 0,41 L_c \quad (17)$$

4. WYZNACZENIE F_{os} NA PODSTAWIE PARAMETRÓW L_c I N_r

4.1. Dopuszcza się wyznaczenie znormalizowanego współczynnika szumów F_{os} na podstawie parametrów L_c i N_r z wzoru (18). Wyjściową liczbę szumową należy zmierzyć zgodnie z metodą opisaną w rozdz. 2 niniejszej normy.

$$F_{os} = L_c \cdot (N_r + 0,41) \quad (18)$$

4.2. Błąd określenia wartości F_{os} tą metodą nie powinien przekraczać wartości 25%.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Naukowo-Produkcyjne Centrum Półprzewodników, Fabryka Półprzewodników TEWA, Warszawa, ul. Komarowa 5.

2. Normy międzynarodowe
RWPG СТ СЭВ 3997-83 Диоды полупроводниковые сверхвысокочастотные смесительные. Методы измерения шумового

отношения и нормированного коэффициента шума — норма равнозначна.

3. Autor projektu normy — inż. Adam Wojtarowicz, Naukowo-Produkcyjne Centrum Półprzewodników, Fabryka Półprzewodników TEWA, Warszawa.