

ТЕМПЕРАТУРНА СТАБИЛНОСТ НА МАГНИТОТРАНЗИСТОРНИ
ТОКОЧУВСТВИТЕЛНИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛНИ СЪПАЛА

доц.к.т.н.инж. Петко Жечев Тодоров,
ст.ас.инж. Анатолий Трифонов Александров-
ВМЕИ-Габрово,1993

Магнитотранзисторът 2Т1МП1, производство на "Институт по приложна физика" - гр. Пловдив представлява биполярен двуколекторен силициев NPN транзистор. Последният обикновено се включва по схема ОЕ в диференциално съпало с несиметричен вход и симетричен изход. Този тип галваномангнитни елементи се използват за създаване на първични преобразуватели, чувствителни към действието на магнитно поле[1,2].

Основен параметър на двуколекторния магнитотранзистор, като токов елемент е неговата токова магниточувствителност K_I .

За двуколекторен магнитотранзистор K_I има вида:

$$K_I = \frac{d(I_{c1} - I_{c2})}{dB} \quad (1)$$

От литература [1] токовете I_{c1} и I_{c2} се представят със следните изрази:

$$I_{c1} = A I_B \frac{E}{W_0} \cdot \frac{1 - \mu_{np} \frac{B W_0}{L}}{(1 + E \mu_{np} \frac{B a}{2 \varphi_T}) (1 - 0,5 \mu_{np}^2 \frac{B^2}{L^2})} \quad (2)$$

$$I_{c2} = A I_B \frac{E}{W_0} (1 + \mu_{np} \frac{B a}{2 \varphi_T}) (1 - 0,5 \mu_{np}^2 \frac{B^2}{L^2}) (1 + \mu_{np} \frac{B W_0}{L}) \quad (3)$$

където: I_B - базов ток на магнитотранзистора;

A - константа, която зависи от геометричните размери и електрофизичните параметри на материала;

W_0 - дължина на траекторията на движение на електроните при $B=0$;

μ_{np} - Холова подвижност на електроните;

L - част от колектора, през която преминава основния ток в отсъствие на магнитно поле;

a - полуразстояние между колекторите;

След диференциране спрямо магнитната индукция B на разликата между двата колекторни тока и пренебрегване на изразите в които фигурира μ_{np}^3 и по-висока степен за токовата магниточувствителност се получава израза:

$$K_I \approx A I_B \frac{E}{W_0} \mu_{np} \left[\frac{W_0}{L} + \frac{aE}{2\varphi_T} + \mu_{np} \left(\frac{W_0}{L} - \frac{aE}{\varphi_T} \mu_{np} - 1 \right) B + \right. \\ \left. + \frac{\frac{W_0}{L} + \frac{aE}{2\varphi_T} - \mu_{np} B}{1 + \frac{aE}{\varphi_T} \mu_{np} B + \mu_{np}^2 \left(\frac{aE}{4\varphi_T^2} - 1 \right) B^2} \right] \quad (4)$$

За определяне на влиянието на температурата върху токовата магниточувствителност при отчитане, че $\varphi_T = kT/q$ и $\mu_{np} = D_{np}q/kT$ се диференцира формула (4) спрямо температурата T :

$$\frac{dK_I}{I dT} \approx -A I_B \frac{E}{W_0} \mu_{np} \frac{1}{T} \left[\frac{W_0}{L} + aE \left(1 + 3 \frac{W_0}{L} B \mu_{np} \right) \frac{1}{\varphi_T} + \right. \\ \left. + \frac{\frac{W_0}{L} + aE \left(1 - \frac{W_0}{L} B \mu_{np} \right) \frac{1}{\varphi_T} - \frac{a^3}{4} E^3 B^2 \mu_{np}^2 \frac{1}{\varphi_T^3}}{0,5 + aEB\mu_{np} \frac{1}{\varphi_T} + 3a^2 E^2 B^2 \mu_{np}^2 \frac{1}{\varphi_T^2} + a^3 E^3 B^3 \mu_{np}^3 \frac{1}{\varphi_T^3}} \right] \quad (5)$$

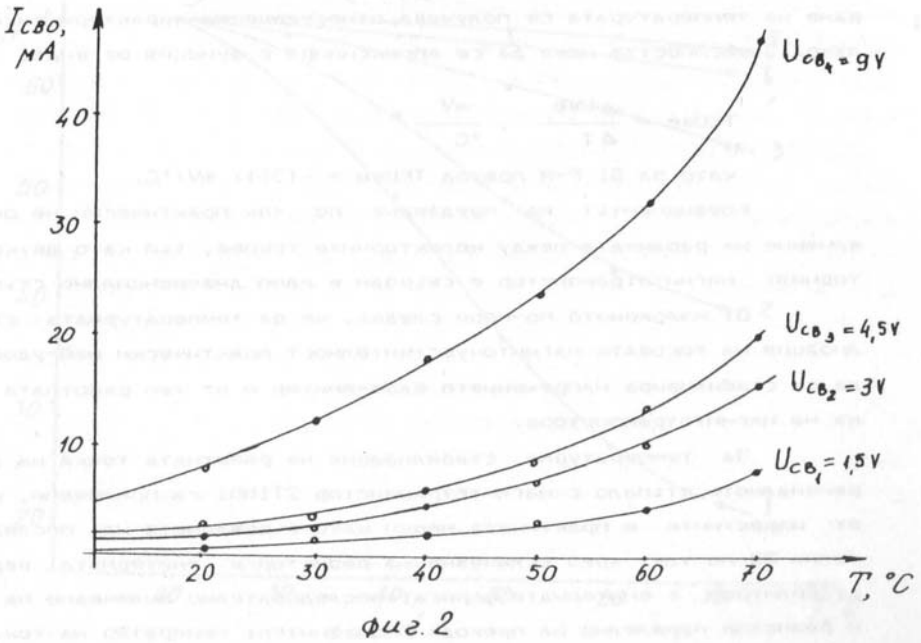
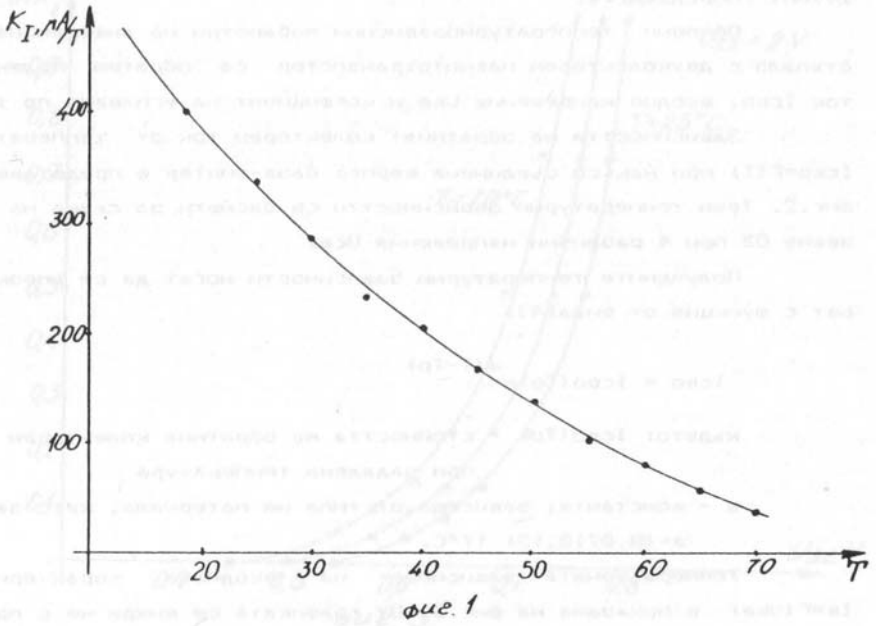
Температурният коефициент на токовата магниточувствителност е отрицателен. Той се определя от температурната зависимост на холовата подвижност μ_{np} и температурният потенциал φ_T . Холовата подвижност на електроните μ_{np} се дава с формулата [3]:

$$\mu_{np} = \gamma_n \mu_n \quad (6)$$

където: γ_n - Фактор на Хол.

Факторът на Хол зависи от температурата, от нивото на легиране, магнитното поле и други фактори. Подвижността на електроните μ_n намалява с увеличаване на температурата приблизително по линеен закон, докато γ_n расте по нелинеен закон с увеличаване на температурата, като за Si при $T=70^\circ\text{C}$ се получава насищане на характеристиката.

В първо приближение температурната зависимост на токовата магниточувствителност е хиперболична функция от типа $1/T$, което се



потвърждава от експериментални изследвания на магнитотранзистора 2Т1МП1 според фиг.1.

Основни температурнозависими параметри на диференциалното стъпало с двуколекторен магнитотранзистор са обратен колекторен ток $I_{сво}$, входно напрежение $U_{ве}$ и коефициент на усилване по ток β .

Зависимостта на обратният колекторен ток от температурата $I_{сво}=F(T)$ при нахъсо съединена верига база-емитер е представена на фиг.2. Тези температурни зависимости са заснети за схема на свързване ОВ при 4 различни напрежения $U_{св}$.

Получените температурни зависимости могат да се апроксимират с функция от вида[4]:

$$I_{сво} = I_{сво}(T_0)e^{a(T-T_0)} \quad (7)$$

където: $I_{сво}(T_0)$ – стойността на обратния колекторен ток при зададена температура

a – константа, зависеща от типа на материала, като за Si $a=(0,07 \pm 0,13) 1/^\circ\text{C}$.

Температурната зависимост на входната характеристика $I_{в}=F(U_{ве})$ е показана на фиг.3. От графиката се вижда че с повишаване на температурата се получава отнемстване на характеристиката в ляво. Зависимостта може да се апроксимира с функция от вида:

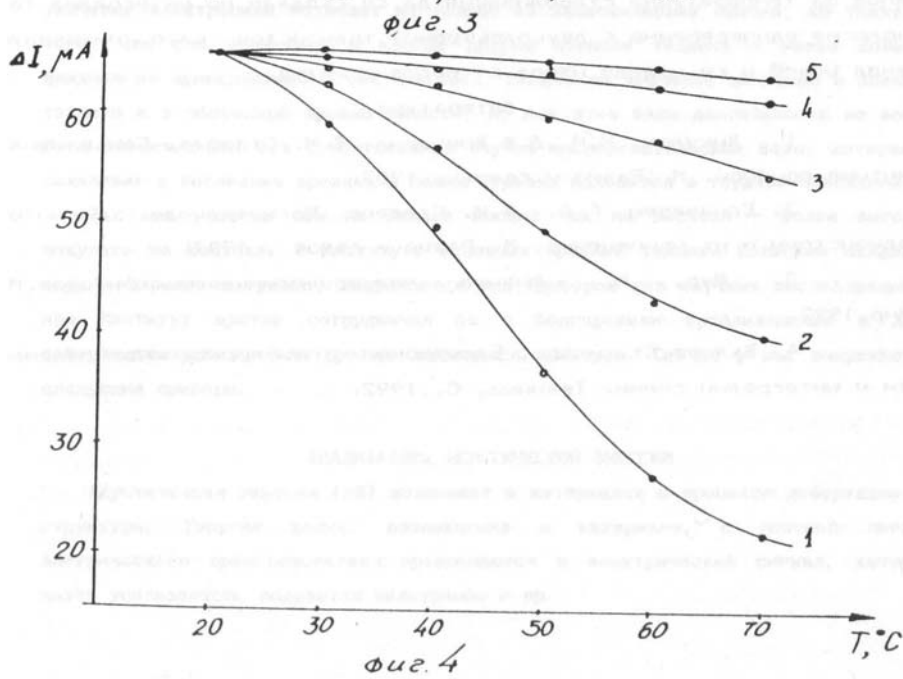
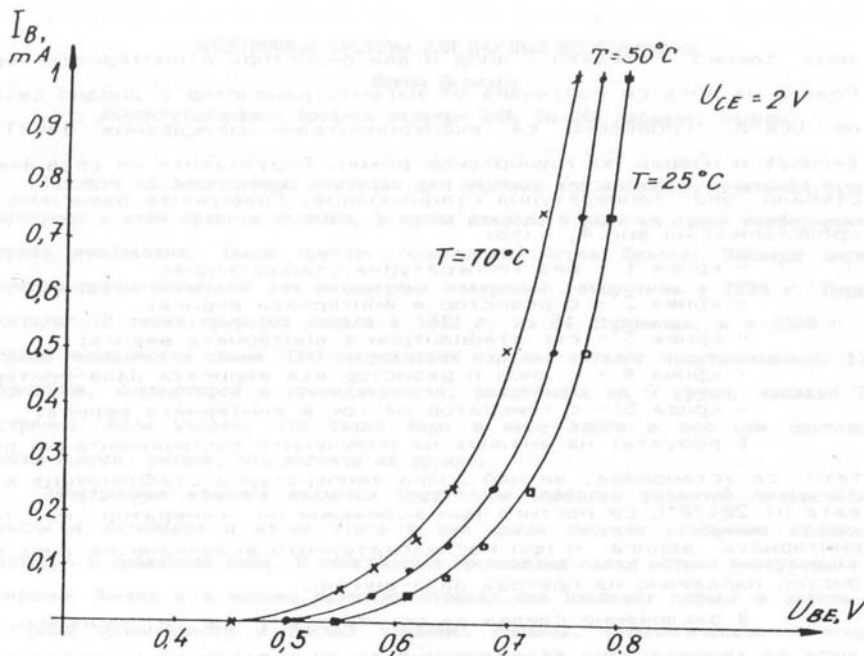
$$TKU_{ве} = \frac{\Delta U_{ве}}{\Delta T}, \quad \frac{mV}{^\circ\text{C}} \quad (8)$$

като за Si F-N преход $TKU_{ве} = -(3 \pm 1) mV/^\circ\text{C}$.

Коефициентът на предаване по ток практически не оказва влияние на разликата между колекторните токове, тъй като двуколекторният магнитотранзистор е свързан в едно диференциално стъпало.

От изложеното по-горе следва, че за температурната стабилизация на токовата магниточувствителност практически най-удобно е да се стабилизира напрежението база-емитер и от там работната точка на магнитотранзистора.

За температурна стабилизация на работната точка на диференциалното стъпало с магнитотранзистор 2Т1МП1 са приложени, някои от известните в практиката мерки като въвеждането на: последователна ОВ по ток, чрез включване на резистор в емитерната верига; стабилизатор в емитерната верига; последователно включване на диод и резистор паралелно на прехода база-емитер; генератор на ток, от



типа токово огледало с диод и два резистора в емитерната верига. Ролята на диод се изпълнява от нагнитотранзистор с диодно свързване $U_{св}=0$. Проведени са експериментални изследвания $I=F(T)$ при $V=const$ и избран постояннотоков режим. Резултатите са сравнени със стъпало без температурна стабилизация. Графичните зависимости са представени на фиг. 4, като:

- крива 1 - без температурна стабилизация;
- крива 2 - с резистор в емитерната верига;
- крива 3 - със стабилизатор в емитерната верига;
- крива 4 - с диод и резистор във веригата база-емитер;
- крива 5 - с генератор на ток в емитерната верига.

В резултат на анализа на получените експериментални резултати се установява, че най-добра температурна стабилизация в обхвата от $20\div 70^{\circ}C$ се постига при включване на генератор на ток в емитерната верига и при последователното включване на диод и резистор паралелно на прехода база-емитер.

В заключение следва да се отбележи, че е възможно този диод за температурна стабилизация да се създаде по интегрална технология едновременно с двуколекторния транзистор като интегрален диод $U_{св}=0$ и се изведе извод от неговия катод.

Литература

1. Викулин, И.М., Л.Ф. Викулина, В.И. Стафеев, Гальваноманнитные приборы. М., Радио и связь, 1983.
2. Егназарян, Г.А., В.И. Стафеев. Магнитодиоды, нагнитотранзисторы и их применение. М., Радио и связь, 1987.
3. Шур, М., Физика полупроводниковых приборов. М., Мир, 1992.
4. Вълков, Ст. и др., Електронни и полупроводникови елементи и интегрални схеми. Техника, С., 1992.