

СТАТИЧЕСКАЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР

Г. М. АВАКЬЯНЦ, Г. С. КАРАЯН, А. А. ДЖЕРЕДЖЯН

Проведен теоретический расчет вольт-амперной характеристики (ВАХ) многослойных структур типа p - n - p -...- p - n для некоторых случаев. Показано, что при определенных условиях начальных параметров структуры ее ВАХ может иметь участок с отрицательным сопротивлением (ОС), и найдены экстремальные точки ВАХ прибора.

В работах [1—6] изучена ВАХ многослойных структур, когда число слоев равно четырем или пяти, а расчеты [7, 8] основаны на теории много-транзисторной аналогии (МТА). В статье [9] экспериментально обнаружены участки с ОС на обеих ветвях ВАХ шестислойных структур, причем на прямой ветви существуют два таких участка, которые являются продолжением друг друга.

В настоящей работе проводится расчет ряда многослойных структур на основе теории, развитой в [10] (при этом используются обозначения работ [3—6]).

§ 1. Супермногослойные структуры

а. Рассмотрим структуру со следующими начальными параметрами: $A_i = A_{i+2}$ (A_i — произвольные параметры i -базы или i -го перехода), $\beta_i = \beta_k$, $r_k \rightarrow \infty$, число слоев $(N+1) \gg 10$ четное и $m_j \gg I$.

Согласно [10] ВАХ можно представить в виде

$$V(j) = (N+1) \ln \left(\lambda - \frac{\delta}{2} \right) + \frac{N-1}{2} V_0 \ln^2 \left[1 + \varphi_0 (1 - 2\beta + 2i\beta\delta \frac{\lambda - q}{j}) \right], \quad (1)$$

где

$$\lambda = (j/i + \delta^2/4 + 1 - 2\beta)^{1/2}.$$

Из (1) имеем

$$\begin{aligned} V_{\text{кол. ср.}} &= V_0 \ln^2 \left[1 + \varphi_0 \left(1 - 2\beta + \frac{\beta\delta}{p+q} \right) \right], \\ j_{\text{кол. ср.}} &= 2ip(p+q), \\ V_{\text{кол. } \infty} &= V_0 \ln^2 [1 + \varphi_0 (1 - 2\beta)], \\ j_{\text{ср.}} &= (1 + \gamma) j_{\text{кол. ср.}}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$V_{\text{ср.}} \approx \frac{N-1}{2} V_0 \ln^2 [1 + \varphi_0 (1 - 2\beta + \beta\delta/(p+q) (1 + \gamma))],$$

где

$$\alpha = 2\beta\varphi_0 V_0 \frac{N-1}{N+1} \frac{\ln [1 + \varphi_0 (1 - 2\beta)]}{1 + \varphi_0 (1 - 2\beta)},$$

$$\begin{aligned} \gamma &= \left(p + q - \frac{\delta}{2} \right) \left[(p + q)^2 + (3p + q)\delta/2 + 2\beta p \varphi_0 V_0 \delta \zeta^{-1} \times \right. \\ &\quad \left. \times \ln \zeta (N-1)/(N+1) \right]^{-1}, \\ \zeta &= 1 + \varphi_0 [1 - 2\beta + \beta\delta/(p+q)], \quad \delta = I_{рек}/i, \\ q &= \delta/2 + (\operatorname{ch} \gamma - 2\beta)/\delta, \\ p &= [\operatorname{ch} \gamma - 1 + (\operatorname{ch} \gamma - 2\beta)^2/\delta^2]^{1/2}. \end{aligned}$$

Инверсия знака напряжения на коллекторах отсутствует в силу $2\beta < 1$ и характерным является то, что ВАХ коллекторов имеют вертикальные асимптотики при $V = V_{кол. \infty}$.

б. $A_i = A_{i+2}$, $\beta_i = \beta_k$, $I \gg mJ$; тогда

$$V_{кол.}(J) = (i_k^*)^{-1/b_k} [(1-2\beta)J + 2\beta\delta i(i-q)]^{1/b_k}, \quad (3)$$

где

$$b_k = \begin{cases} 2, & \text{если } k\text{-й переход резкий,} \\ 3, & \text{если } k\text{-й переход диффузионный.} \end{cases}$$

Из (3) следует, что участки с ОС на ВАХ невозможны.

в. $i_k = i$, $\delta_k = \delta$, $r_k = \infty$, $\beta_{k-1} + \beta_k - 1 = \beta^* > 0$; при этом для характерных параметров верны формулы

$$\begin{aligned} J_{ср.} &= (2\beta^* + 1) i \delta^2 / 4 \beta^{*2}, \quad V_{ср.} = \sum_{k=1}^{(N-1)/2} \left(\frac{i}{i_k^*} \frac{\delta^2}{4\beta^*} \right)^{b_k}, \\ J_{шв.} &= (\beta^* + 1) i \delta^2 / \beta^{*2}, \quad V_{шв.} = (N+1) \ln(\delta/\beta^*), \end{aligned} \quad (4)$$

а при $i_k^* = i$ и $b_k = b$ имеет место

$$V_{ср.} = \frac{N-1}{2} \left(\frac{i}{i^*} \frac{\delta^2}{4\beta^*} \right)^b. \quad (5)$$

Так как $|\beta^*| < 1$, то

$$J_{шв.} > J_{ср.}, \quad J_{шв.}/J_{ср.} < 4,$$

а для глубины участка с ОС можно написать неравенство

$$\frac{V_{ср.}}{V_{мин.}} > \frac{V_{ср.}}{V_{шв.}} = \frac{N-1}{2(N+1) \ln(\delta/\beta^*)} \left(\frac{i}{i^*} \frac{\delta^2}{4\beta^*} \right)^b. \quad (6)$$

Соотношение (6) показывает, что если N много больше единицы, то глубина участка ОС не зависит от N . Условие $\beta^* > 0$ можно выполнить только за счет легирования крайних баз. Это, как мы видели, приводит не только к образованию участка с ОС без лавинного умножения, но и к инверсии знака напряжения (ИЗН) коллекторов. Следовательно, нельзя пренебречь влиянием крайних баз и контактов на ВАХ несмотря на то, что падение напряжения на них пренебрежимо мало. И, как мы видели, их влияние на ВАХ не меняется, если не учитывать падение напряжения на них. ВАХ таких структур специфична тем, что у них остаточное напряжение мало (см. рис. 1).

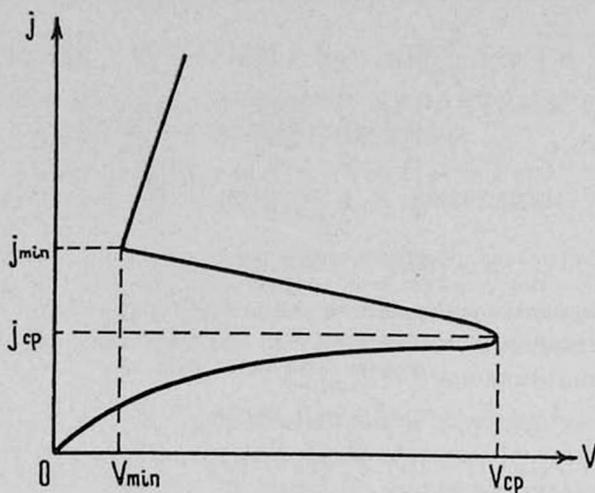


Рис. 1.

§ 2. Шестислойные структуры

Рассмотрим шестислойную структуру с $\beta_1^* = \beta_2 + \beta_3 - 1 > 0$,

$$\beta_2^* = \beta_4 + \beta_5 - 1 > 0, \quad r_{2,4} < \infty, \quad m_{2,4} = 0, \quad r_{1,3,5} \rightarrow \infty.$$

а. Не теряя общности, можно считать, что четвертый переход срывается раньше второго (для этого необходимо условие $\beta_3\beta_2^* > \beta_1^*\beta_4$). Исследуем случаи, когда коллекторные переходы резкие. Тогда

$$V_{2,4}(J) = \left[\frac{2c_{2,4}(J)}{1 + \sqrt{1 + 4kTc_{2,4}(J)/eS i_{2,4}^*}} \right]^2, \quad (7)$$

где

$$c_{2,4}(J) = [\beta_{2,5}i_{1,5}\delta_{1,5}(\lambda_{1,5} - \delta_{1,5}/2) + \beta_{3,4}i_{3,3}(\lambda_3 - q_{1,3}) - \beta_{1,2}^*J/i_{2,4}^*],$$

$$\lambda_1 = (J/i_1 + \delta_1^2/4 + 1 - \beta_2)^{1/2}, \quad \lambda_3 = (J/i_3 + \delta_3^2/4 + 1 - \beta_3 - \beta_4)^{1/2},$$

$$\lambda_5 = (J/i_5 + \delta_5^2/4 + 1 - \beta_5)^{1/2}.$$

Наличие омических утечек в коллекторах, как видно из (7), уменьшает напряжение на них по сравнению с коллекторами без утечек. Условием пренебрежения омическими утечками является неравенство

$$r_{2,4} \gg 4kTc_{2,4}(J)/eSi_{2,4}^*. \quad (8)$$

Ток срыва структуры определяется формулой

$$J_A = i_3 a_1 (a_1 - 1) \delta_3^2, \quad (9)$$

где

$$a_1 = \frac{2\beta_3(\beta_3 + \beta_1^*) + 2\alpha_0\beta_4(\beta_4 + \beta_2^*)}{\beta_1^*(3\beta_3 + \beta_1^*) + \alpha_0(\beta_2^* + 3\beta_4)\beta_2^* + \sqrt{b_0}}, \quad (10)$$

$$\alpha_0 = (i_2^*/i_1^*)^2,$$

$$b_0 = [\beta_1^*(1 - \beta_2) - \alpha_0\beta_2^*(1 - \beta_5)]^2 - 8\alpha_0(\beta_3\beta_2^* - \beta_4\beta_1^*)^2. \quad (11)$$

Из (10) видно, что в зависимости от параметров структуры b_0 может быть как положительным, так и отрицательным. Формулы (9) и (10) показывают, что при $b_0 < 0$ срыв второго перехода не приводит к образованию участка с ОС на ВАХ полной структуры.

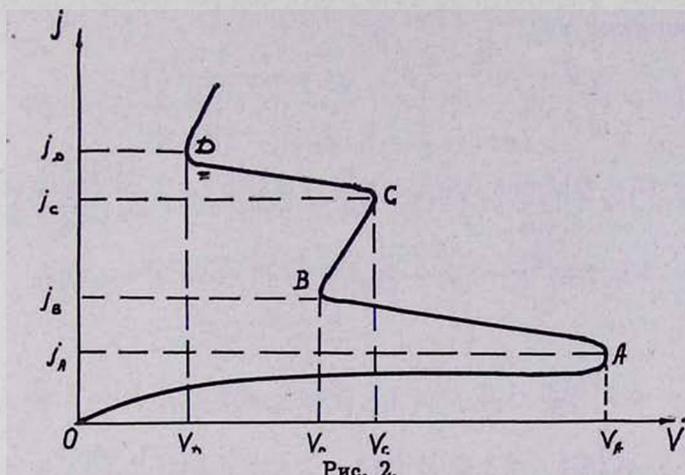


Рис. 2.

Остальные характерные точки ВАХ (см. рис. 2) определяются формулами

$$J_B = \frac{i_3}{\gamma_1 \gamma_2} \frac{1-z_1}{z_1^2} \delta_3^2, \quad J_C = \frac{i_3}{\gamma_1 \gamma_2} \frac{1-z_2}{z_2^2} \delta_3^2, \quad J_D = \frac{i_3(1-z_D)}{\gamma_1 \gamma_2 z_D^2} \delta_3^2,$$

$$J_{4 \text{ пив.}} = i_3 \beta_4 (1 - \beta_5) \delta_3^2 / \beta_2^{*2}, \quad J_{2 \text{ пив.}} = i_3 \beta_3 (1 - \beta_2) \delta_3^2 / \beta_{01}^2,$$

$$V_A = \delta_3^4 \left(\frac{i_3}{4i_2^*} \right)^2 \left[(1 - \beta_5)^4 \alpha_0 / \beta_2^{*2} + (\beta_4^2 / \beta_2^{*2} - 1) \left(\frac{2\beta_3 \beta_2}{\beta_4 + \beta_2} - \beta_1^* \right)^2 \right],$$

$$V_B = c_2^2 (J_B), \quad V_C = c_2^2 (J_C),$$

$$V(J_{4 \text{ пив.}}) = [(1 - \beta_5) (\beta_3 \beta_2^* - \beta_4 \beta_2) \delta_3^2 i_3 / i_2^{*2}]^2,$$

где $z_{1,2}$ — решения следующего уравнения:

$$1 + \frac{2}{2-z} + \frac{2 - (\alpha_5 + 1)z}{(2-z)(1-\alpha_5 z)} + \left(\delta_3^2 \frac{i_3}{i_2^*} \right)^2 \left(\beta_3 \frac{\bar{\gamma}_1}{\gamma_2} \frac{z}{2-z} - \beta_1^* - \beta_2^* \frac{\bar{\gamma}_7}{\gamma_2} \right) \times$$

$$\times \left(\beta_3 \frac{\bar{\gamma}_1}{\gamma_2} z - \beta_1^* - \frac{\bar{\gamma}_7}{\gamma_2} \beta_2^* \right) \left(\frac{1-z}{\gamma_1 \gamma_2 z^2} \right)^2 - \frac{\beta_2^* - \beta_4 \bar{\gamma}_1 z / (2-z)}{\beta_2^* - \beta_4 \bar{\gamma}_1 z} = 0,$$

$$\frac{d^2}{dJ^2} V(z_1) > 0, \quad \frac{d^2}{dJ^2} V(z_2) < 0, \quad z = \delta_3 / (\lambda_{03} + \delta_3/2),$$

$$\alpha_5 = \beta_4 \beta_5 \bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_4 / \theta_2^2 \bar{\gamma}_3, \quad \lambda_{03} = [\bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2 J / i_3 + \delta_3^2 / 4 + \bar{\gamma}_2^2]^{1/2},$$

$$\bar{\gamma}_1 = 1 - \beta_4 i_3 (1 - \beta_5) / (\theta_2 - \beta_5^2 i_5), \quad \bar{\gamma}_2 = 1 - \beta_4^2 i_3 / (\theta_2 - \beta_5^2 i_5),$$

$$\bar{\beta}_{01} = \beta_2 \bar{\gamma}_2 + \beta_3 \bar{\gamma}_1 - \bar{\gamma}_2 > 0, \quad \gamma_{1,2}^* = \bar{\gamma}_{1,2} + \gamma_{1,2} - 1.$$

Из (12) легко определить протяженность промежуточного участка с положительным дифференциальным сопротивлением (ПДС)

$$J_C - J_B = \frac{i_3 \delta_3^2}{\gamma_1 \gamma_2} \left(\frac{1-z_2}{z_2^2} - \frac{1-z_1}{z_1^2} \right). \quad (13)$$

Результаты этого пункта совпадают с качественными предсказаниями [7] и экспериментом [9].

б. $\delta_3 = 0$, $\delta_1 \neq 0$, $\delta_5 \neq 0$. Для этого случая соответствующие формулы принимают вид

$$J_A = i_5 \frac{1-z_5}{z_5} \delta_5^2, \quad J_B = \frac{i_5}{\gamma_3 \gamma_4} \frac{1-z_1}{z_1^2} \delta_5^2,$$

$$J_C \simeq J_{2 \text{ ср.}} = i_1 (\beta_2^2 / \beta_1^2 - 1) \delta_1^2 / 4,$$

$$V_A = \left(\frac{i_5}{i_2} \delta_5^2 \right)^2 [(1-\beta_3)^2 + (\beta_5 z_5 - \beta_2^*)^2 \alpha_0] \left(\frac{1-z_5}{z_5} \right)^2,$$

$$V_B = i_2^{*2} [-\beta_1 J_B + \beta_2 i_1 \delta_1 (V \sqrt{J_B / i_1 + \delta_1^2 / 4} - \delta_1 / 2)]^2,$$

$$V_C = \left(\frac{i_1}{i_2} \frac{\beta_2 - \beta_1}{4 \beta_1} \delta_1 \right)^2,$$

$$J_{4 \text{ пив.}} = i_5 \beta_5 (1-\beta_4) \delta_5^2 / \beta_2^{*2},$$

где

$$z_5 = \left\{ \beta_2^{*2} + 3 \beta_5 \beta_2^* + \left[\beta_2^{*2} (1-\beta_4)^2 - 4 \beta_5 \left(\frac{1-\beta_3}{\alpha_0} \right)^2 \times \right. \right. \\ \left. \left. \times (\beta_2 + \beta_2^*) \right]^{1/2} \right\} [2 \beta_5 + \beta_2^*]^{-1},$$

z_1 определяется из следующего уравнения:

$$\Phi(z) = 7 - 2z + 2 \left(\frac{i_5}{i_2} \frac{1-z}{\gamma_3 \gamma_4 z^2} \right)^2 \left(1 - \beta_3 - \frac{\gamma_8 \beta_2^*}{\beta_5} + \frac{\gamma_8}{\gamma_4} \frac{z}{1-z} \right) (1 - \beta_3) - \\ - \frac{\gamma_8 \beta_2^*}{\beta_5} + \gamma_3 \gamma_8 z \left(2 - z \right) + \frac{1-z}{1-\alpha_3 z} - \frac{2 \beta_2^* - (\beta_5 \gamma_3 + \beta_2^*) z}{\beta_2^* - \beta_5 \gamma_3 z + \theta_2^* \gamma_3 \gamma_4 z^2 / (1-z)} = 0,$$

где

$$\alpha_3 = \beta_4 \gamma_3 \gamma_2 i_3 \beta_5 / \theta_2^* \gamma_1, \quad \gamma_8 = \beta_3 \beta_4 \beta_5 i_3 / \theta_2^*,$$

$$0 < z_1 < \beta_2^* / \beta_5 \gamma_3, \quad \frac{d}{dz} \Phi(z_1) < 0, \quad \beta_1 = \beta_1^* + \gamma_8 \beta_2^* / \beta_5.$$

При

$$\beta_2 = 0,9, \quad \beta_3 = 0,2, \quad \beta_4 = 0,7, \quad \beta_5 = 0,9, \quad \delta_5 = 0, \quad \delta_3 = 40, \quad i_1 = 100 i_5, \\ \text{ch } \gamma_4 = \text{ch } \gamma_3 = 10/9$$

имеем $J_C / J_{4 \text{ пив.}} \approx 4,3 \cdot 10^2$, что дает возможность использовать шести-слойные структуры как приборы с тремя устойчивыми состояниями.

$$в. \beta_1^* > 0, \quad \beta_2^* < 0, \quad \delta_3 \neq 0, \quad \delta_{1,5} = 0, \quad m_{2,4} J \ll I_{2,4}.$$

В предыдущих случаях для обоих коллекторов было выполнено условие ИЗН и срыва без ЛУ. Теперь для четвертого мы нарушили это условие. Учитывая взаимодействие несоседних переходов, легко видеть, что четвертый переход может сорваться без ЛУ и далее иметь ИЗН, если вместо обычно принятого (по МТА) условия $\beta_2^* > 0$ пользоваться таким

$$\beta_2^* + \frac{\beta_3 \beta_4 i_3}{\theta_2^*} \beta_1^* > 0. \quad (14)$$

При выполнении (14) характерные точки определяются формулами

$$\begin{aligned}
 J_A &= i_3 \left(\frac{\beta_3^2}{\beta_1^2} - 1 \right) \frac{\delta_3^2}{4}, \quad J_B = i_3 (t^2 - 1) \frac{\delta_3^2}{4}, \\
 J_C &= \frac{i_3}{\gamma_1 \gamma_2} \left(\frac{\beta_1^2}{\beta_4^2} - 1 \right) \frac{\delta_3^2}{4}; \\
 V_A &= \left(i_3 \frac{\delta_3^2}{4} \frac{1 - \beta_2}{\beta_1^*} \right)^2 \left\{ \left(\frac{1 - \beta_2}{i_2^*} \right)^2 + \left[2\beta_4 + |\beta_2^*| \left(\frac{\beta_3}{\beta_1} + 1 \right) \right]^2 \right\}, \\
 V_B &= \left(\frac{i_3}{i_2^*} \right)^2 \frac{\delta_3^4}{16} (t-1)^2 \left\{ [2\beta_3 - \beta_1^* (t+1)]^2 + \alpha_0 [|\beta_2^*| (t+1) + 2\beta_4]^2 \right\}, \\
 V_C &= \left[\left(\frac{i_3}{i_4^*} \right) \bar{\beta}_4 \frac{\delta_3^2}{4} \left(\frac{\beta_4}{\beta_2} - 1 \right) \right]^2,
 \end{aligned}$$

где

$$\bar{\beta}_2^* = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \left(\beta_4 + \beta_5 + \frac{\beta_3 \beta_4 \beta_1^*}{\theta_2} - 1 \right), \quad \alpha_1 = \beta_3 / \beta_1^*, \quad \alpha_2 = \beta_4 / |\beta_2^*|,$$

$$t = \alpha_1 + \{ \alpha_1 - 1 - \alpha_0 (2\alpha_1 + 1 + 3\alpha_2) + [(\alpha_1 - 1 - \alpha_0 (2\alpha_1 + 1 + 3\alpha_2))^2 - 4\alpha_0 (\alpha_0 + 1) (\alpha_1 + 1 + 2\alpha_2)]^{1/2} \} [2(\alpha_0 + 1)]^{-1}.$$

Такие структуры имеют малое остаточное напряжение и легче реализуются, чем рассмотренные в пунктах а и б.

2. Для шестислойной структуры в двухколлекторном включении при условиях

$$\beta_2 + \beta_3 < 1, \quad \beta_4 + \beta_5 < 1, \quad J_{2 \text{ ср.}} < J_{4 \text{ ср.}}, \quad m_{2,4} J > I_{2,4},$$

$$\delta_3 = 0, \quad \delta_{1,5} \neq 0, \quad \delta_5 > \delta_1$$

полная ВАХ имеет следующие экстремальные точки:

$$J_A \approx J_{2 \text{ ср.}} = 2 i_1 p_1 (p_1 + q_1), \quad J_B = i_1 \frac{1 - z \delta_1^2}{z^2} \frac{\delta_1^2}{4}, \quad J_C \approx J_{4 \text{ ср.}} = 2 i_5 p_5 (p_5 + q_5),$$

$$J_D = i_5 (1 - y_D) \delta_5^2 / y_D^2,$$

$$\begin{aligned}
 V_A &= V_{02} \ln^2 \left[1 + \varphi_{02} \left(1 - \beta_2 - \beta_3 + \frac{\beta_2 \delta_1}{2(p_1 + q_1)} \right) \right] + \\
 &+ V_{04} \ln^2 \left\{ 1 + \varphi_{04} \left[1 - \beta_4 - \beta_5 + \frac{\beta_5 i_5 \delta_5}{J_{2 \text{ ср.}}} \left(\lambda_5 - \frac{\delta_5}{2} \right) - (\theta_2^* - \beta_3 \beta_4 i_3) / J_{2 \text{ ср.}} \right] \right\},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_B &= V_{02} \ln^2 \{ 1 + \varphi_{02} [1 - \beta_2 - \beta_3 + \beta_2 i_1 \delta_1 (\lambda_1 - \delta_1 / 2) / J_B - (\theta_1^* - \beta_3 \beta_4 i_3) / J_B] \} + \\
 &+ V_{04} \ln^2 \{ 1 + \varphi_{04} [1 - \beta_4 - \beta_5 + \beta_5 i_5 \delta_5 (\lambda_5 - \delta_5 / 2) / J_B - (\theta_2^* - \beta_3 \beta_4 i_3) / J_B] \},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_C &= V_{02} \ln^2 \{ 1 + \varphi_{02} [1 - \beta_2 - \beta_3 + \beta_2 i_1 \delta_1 (\lambda_1 - \delta_1 / 2) / J_C - (\theta_1^* - \beta_3 \beta_4 i_3) / J_C] \} + \\
 &+ V_{04} \ln^2 \{ 1 + \varphi_{04} [1 - \beta_4 - \beta_5 + \beta_5 \delta_5 / 2 (p_5 + q_5)] \},
 \end{aligned}$$

$$V_D = V_{02} \ln^2 [1 + \varphi_{02} \varphi_2 (J_D)] + V_{04} \ln^2 [1 + \varphi_4 (J_D)],$$

где

$$q_1 = \frac{\delta_1}{2} + \frac{1}{\delta_1} \left(\frac{\theta_1 - \beta_3^2 i_3 - \beta_3 \beta_4 i_3}{\beta_2 i_1} - \beta_2 \right), \quad p_1 = \left[q_1^2 - \frac{\delta_1^2}{4} + \beta_2 - 1 \right]^{1/2},$$

$$q_5 = \frac{\delta_5}{2} + \frac{1}{\delta_5} \left(\frac{\theta_2 + \beta_5^2 i_5 - \beta_3 \beta_4 i_3}{\beta_5 i_5} - \beta_5 \right), \quad p_5 = \left[q_5^2 - \frac{\delta_5^2}{4} - 1 + \beta_5 \right]^{1/2},$$

 z определяется из уравнения

$$4 + z - \frac{a_4 z^2}{1 - z^2} \frac{i_5}{i_1} \frac{4}{\delta_1^2} - \frac{a_2(z)}{1 + z} z(1 - z) = 0,$$

если решение z удовлетворяет условию

$$\frac{d^2}{dj^2} V(Jc) > 0,$$

 y_D — решение следующего алгебраического уравнения:

$$F(y) = 3 + y - \frac{y(1-y)}{1+y} a_1(y) - \frac{a_2 \delta_2}{\delta_5} \frac{2y}{\sqrt{1-y^2}} \sqrt{\frac{i_1}{i_5}} = 0,$$

$$a_2 = \beta_2 V_{02} \varphi_{02} \frac{\ln [1 + \varphi_{02} (1 - \beta_2 - \beta_3)]}{1 + \varphi_{02} (1 - \beta_2 - \beta_3)},$$

$$a_1(y) = 2 \beta_5 V_{01} \varphi_{01} \frac{\ln [1 + \varphi_{01} (1 - \beta_4 - \beta_5 + \beta_5 y / (1 + y))]}{1 + \varphi_{01} [1 - \beta_4 - \beta_5 + \beta_5 y / (1 + y)]},$$

$$\left. \frac{d}{dy} F(y) \right|_{y=y_D} > 0.$$

Институт радиопизики и электроники
АН АрмССР

Поступила 30.VIII.1973

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Кузьмин, К. Я. Сенаторов. Четырехслойные полупроводниковые приборы. Изд. Энергия, М., 1967.
2. Е. В. Лазарев. Кандидатская диссертация, Ереван, 1969.
3. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 7, 44 (1972).
4. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 7, 435 (1972).
5. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 8, 54 (1973).
6. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 8, 205 (1973).
7. А. А. Лебедев. Сб. Физика электронно-дырочных переходов и полупроводниковых приборов, Изд. Наука, Л., 1969, стр. 291.
8. В. И. Стафеев. ФТП, 5, 408 (1971).
9. Г. М. Грегов, В. Б. Шуман. Сб. Физика электронно-дырочных переходов и полупроводниковых приборов, Изд. Наука, Л., 1969, стр. 202.
10. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 9, 402 (1974).

ԲԱԶՄԱՇԵՐՏ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍՏԱՏԻԿ
ՎՈՒՏ-ԱՄՊԵՐԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻԾԸ

Գ. Մ. ԱՎԱԳՅԱՆՑ, Հ. Ս. ԿԱՐԱՅԱՆ, Հ. Հ. ԶԵՐԵԶՅԱՆ

Մի քանի դեպքում կատարված է $p-n-p \dots$ տիպի բազմաշերտ (ԲՇ) կառուցվածքների վոլտ-ամպերային բնութագրերի (ՎԱԲ) տեսական հաշվարկ: Գտնված է, որ կառուցվածքի պարամետրերի որոշակի պայմաններում նրա ՎԱԲ-ը կարող է ունենալ բացասական դիմադրություն (ԲԴ) օժտված տեղամաս: Այդ դեպքում գտնված են սարքի ՎԱԲ-ի էքստրեմալ կետերը: Որպես բազմաշերտ կառուցվածքի մասնավոր օրինակ դիտարկվում է $p-n-p-n-p-n$ տիպի վեցաշերտ կառուցվածքը երկու կոլեկտորային անցումներով, որոնց վրա գոյություն ունեն օժմական արտահոսքեր: Ցույց է տրված, որ այդպիսի կառուցվածքը կարող է ունենալ ՎԱԲ երկու ԲԴ տեղամասերով, որոնք բաժանված են դրական դիֆերենցիալ դիմադրությամբ օժտված տեղամասով:

STATIC VOLTAGE-CURRENT CHARACTERISTIC
OF MULTILAYER STRUCTURE

G. M. AVAKYANTS, H. S. KARAYAN, H. H. DZHEREDZHIAN

The voltage-current characteristic (VCC) of the multilayer (ML) structures of $p-n-p \dots$ type was theoretically calculated for some cases. It is found, that under certain conditions on the initial parameters of the structure its VCC can have a section of negative differential resistance (NR). The extreme points of the VCC are found. As a particular case of the ML structure we consider the sixlayer $p-n-p-n-p-n$ -type structure having two collector $p-n$ -junctions with ohmic leakage. It is shown, that this structure can have VCC with two NR sections separated by the section of positive differential resistance.