

ЯВЛЕНИЕ ИНВЕРСИИ В ПЯТИСЛОЙНЫХ СТРУКТУРАХ

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

Найдена вольт-амперная характеристика (ВАХ) р-р-р-р-структуры при $\beta_2 + \beta_3 > 1$ и исследовано условие образования участков с отрицательным сопротивлением (ОС) на ВАХ. Показано наличие инверсии знака смещения напряжения на центральном коллекторном переходе. Получены формулы для экстремальных точек функции $V(J)$ и показано существование промежуточного интервала с положительным дифференциальным сопротивлением (ПДС). Предложен новый механизм образования ОС на ВАХ четвертого перехода.

В работе [1] экспериментально была установлена возможность существования двух участков ОС на ВАХ пятислойной структуры. Статьи [2—6] посвящены теоретическому изучению многоколлекторных структур, но в них явления инверсии не рассматривались. Такое рассмотрение проводится в настоящей работе.

Для нахождения ВАХ структуры будем пользоваться системой уравнений (15)—(18), приведенной в работе [5]. Легко доказать, что при отсутствии лавинного умножения в четвертом переходе его ВАХ не может иметь падающего участка. Поэтому верны соотношения (обозначения см. в [5])

$$\xi_4 \ll 1, \quad R_2 = \frac{g_1 + R_1}{c_1}. \quad (1)$$

В силу (1) первые три уравнения системы (15)—(18) работы [5] составляют замкнутую систему уравнений относительно неизвестных $V_1(J)$, $V_2(J)$ и $V_3(J)$.

Рассмотрим случай, когда $\beta^* > 0$, $m_1 = 0$, $I_4 = 0$, $r_{1,2,3,4}^{-1} = 0$. Тогда из системы (15)—(18) работы [5] имеем

$$J = i_1(\xi_1 - 1) + \beta_2 i_1(1 - \xi_2) + i_1 \delta_1 \xi_1^{1/2}, \quad (2)$$

$$J = \beta_2 i_1(\xi_1 - 1) + \beta_3 i_3(\xi_3 - 1) + \theta_1(1 - \xi_2) + I_2(V_2), \quad (3)$$

$$J = i_3(\xi_3 - 1) + \beta_3 i_3(1 - \xi_2) + \beta_4 i_3 + i_3 \delta_3 \xi_3^{1/2}, \quad (4)$$

$$J = [\beta_4 i_3(\xi_3 - 1) + \theta_2]/(1 - m_2). \quad (5)$$

Когда ток срыва четвертого перехода больше, чем минимальный ток напряжения $V_0(J) = V_1 + V_2 + V_3$, из (2)—(5) получаем

$$J_{cp} = i\delta^2(2\beta^* + 1)/4\beta^{*2}, \quad \text{когда } \delta_3 = \delta_1 = \delta, \quad i_1 = i_3 = i, \quad \lambda_1 = \lambda_3,$$

$$J_{cp} = i_3 \delta_3^2 \left(\frac{\beta_3^2}{\beta^{*2}} - 1 \right) / 4, \quad \text{когда } \delta_1 = 0, \quad (6)$$

$$J_{cp} = i_1 \delta_1^2 \left(\frac{\beta_2^2}{\beta^{*2}} - 1 \right) / 4, \quad \text{когда } \delta_3 = 0.$$

Формулы (6) качественно совпадают с соответствующими формулами работы [7], в которой исследуется одноколлекторная р-п-р-п-структура

При напряжениях $V_{2,4} \gg 1$ ВАХ коллекторов имеют вид

$$V_2(J) = i_{\text{рез}}^{-2} \left[\beta_2 i_1 \delta_1 \left(\lambda_1 - \frac{\delta_1}{2} \right) + \beta_3 i_3 \delta_3 \left(\lambda_3 - \frac{\delta_3}{2} \right) - \beta^* J - \theta_1^* \right]^2, \quad (7)$$

$$V_4(J) = V_{04} \ln^2 \{ 1 + \varphi_{04} [1 - \beta_4 + \beta_4 i_3 \delta_3 (\lambda_3 - q_2) / J] \}, \quad (8)$$

где

$$i_{\text{рез.}} = G_2 S_2 \sqrt{ekT}, \quad i_{\text{лиф}} = G_2 [3ekT (N_{g1}^{-1/2} + N_{a2}^{-1/2})^2 / 4\pi]^{1/3},$$

$$\theta_1^* = \theta_1 - \beta_2^2 i_1 - \beta_3 i_3 (\beta_3 + \beta_4), \quad q_2 = \delta_3 / 2 + \theta_2^* / (\beta_4 i_3 \delta_3), \quad \theta_2^* = \theta_2 - \beta_4 i_3 (\beta_3 + \beta_4).$$

В формулах (7) и (8) учтено, что переходы резкие, и во втором переходе идет процесс тепловой генерации, а в четвертом переходе — процесс лавинного размножения. Для диффузионных переходов формула (7) принимает вид, где вместо $i_{\text{рез.}}^2$ стоит величина $i_{\text{лиф}}^3$, а выражение в квадратных скобках должно быть возведено в куб.

Из формул (6)–(8) найдем напряжение на структуре при $J = J_{cp}$

$$V_{cp} = i_{\text{рез.}}^{-2} (i \delta^2 / 4\beta^* - \theta_1^*)^2 + V_{04} \ln^2 \left\{ 1 + \varphi_{04} \left[1 - \beta_4 + \frac{2\beta^* \beta_4}{\delta} \frac{(\beta^* + 1)\delta - 2\beta}{2\beta^* + 1} \right] \right\} \quad \text{при } \delta_1 = \delta_3 = \delta, \quad i_1 = i_3 = i,$$

$$V_{cp} = i_{\text{рез.}}^{-2} [i_3 \delta_3^2 (1 - \beta_2)^2 / 4\beta^* - \theta_1^*]^2 + V_{04} \ln^2 \left[1 + \varphi_{04} \left(1 - \beta_4 + \frac{2\beta^* \beta_4}{\delta_3} \frac{\beta_3 \delta_3 - 2\beta^* q_2}{\beta_3^2 - \beta^{*2}} \right) \right] \quad \text{при } \delta_1 = 0, \quad (9)$$

$$V_{cp} = i_{\text{рез.}}^{-2} [i_1 \delta_1^2 (1 - \beta_3)^2 / 4\beta^* - \theta_1^*]^2 + V_{04} \ln^2 \{ 1 + \varphi_{04} (1 - \beta_4 - 4\beta^{*2} \theta_2^* [i_1 \delta_1^2 (\beta_2^2 - \beta^{*2})]^{-1}) \} \quad \text{при } \delta_3 = 0.$$

Из (9) видно, что V_{cp} растет с ростом δ_1 , δ_3 или δ , причем оно принимает наибольшее значение в том случае, когда одновременно в обоих эмиттерах имеются рекомбинационные утечки.

Подставляя $\xi_2 = 1$ в систему уравнений (2)–(5), найдем ток инверсии знака напряжения на втором переходе

$$J_{\text{инв.}} = (1 + \beta^*) (1 + \sqrt{1 + 4\beta^{*2} / \delta^2}) i \delta^2 / 2\beta^{*2}$$

в случае $\delta_1 = \delta_3 = \delta$,

$$J_{\text{инв.}} = \frac{\beta_3 i_3}{\beta^*} \left[\frac{1 - \beta_2}{\beta^*} \frac{\delta_3^2}{2} + \beta_4 + \delta_3 \sqrt{1 + \frac{\beta_4 (1 - \beta_2)}{\beta^*} + \frac{(1 - \beta_2)^2 \delta_3^2}{4\beta^{*2}}} \right] \quad (10)$$

при $\delta_1 = 0$, $\delta_3 \neq 0$,

$$J_{\text{инв.}} = \frac{\beta_2 i_1}{\beta^*} \left[\frac{\beta_3 \beta_4 i_3}{\beta_2 i_1} + \frac{1 - \beta_3}{\beta^*} \cdot \frac{\delta_1^2}{2} + \delta_1 \sqrt{1 + \frac{\beta_3 \beta_4 i_3}{\beta^* i_1} + \frac{(1 - \beta_3)^2 \delta_1^2}{4 \beta^{*2}}} \right],$$

если $\delta_1 \neq 0$, $\delta_3 = 0$.

Формулы (10) в частном случае совпадают с соответствующими формулами работы [7].

Напряжение на структуре при $J = J_{\text{инв.}}$ имеет вид

$$V(J_{\text{инв.}}) \simeq V_{04} \ln^2 \left[1 + \varphi_{04} \left(1 - \frac{\beta_4 (1 - \beta_2)}{\beta_3} - \theta_2 / J_{\text{инв.}} \right) \right] \quad \text{при } \delta_1 = 0, \quad (11)$$

$$V(J_{\text{инв.}}) \simeq V_{04} \ln^2 [1 + \varphi_{04} (1 - \beta_4 - \theta_2^* / J_{\text{инв.}})] \quad \text{при } \delta_3 = 0.$$

При $J > J_{\text{инв.}}$ рассмотрим случай, когда $\delta_1 = 0$. Из уравнений (2)–(4) получим

$$V_3(J) = 2 \ln [(\lambda_{03} - \delta_3/2) / \gamma_2],$$

где

$$\lambda_{03} = [\gamma_1 \gamma_2 / i_3 + \delta_3^2 / 4 + \gamma_2 (\gamma_2 - \beta_4)]^{1/2},$$

$$\gamma_1 = 1 - \beta_3 i_3 (1 - \beta_2) (\theta_1 - \beta_2^2 i_1)^{-1}, \quad \gamma_2 = 1 - \beta_2^2 i_3 (\theta_1 - \beta_2^2 i_1)^{-1}. \quad (12)$$

Далее, используя (12), находим

$$V_1(J) = \ln \left\{ 1 + \frac{\beta_2 (\gamma_1 - \gamma_2)}{\beta^* \gamma_2^2} \left[\left(\lambda_{03} - \frac{\delta_3}{2} \right)^2 - \gamma_2^2 \right] + \frac{\theta_1 - \beta_2 i_1}{\theta_1 - \beta_2^2 i_1} \frac{J}{i_1} \right\}, \quad (13)$$

$$V_2(J) = - \ln \left\{ 1 - \beta_4 \frac{1 - \gamma_2}{\beta_3 \gamma_2} + \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\beta_3 \gamma_2} \left[\frac{J}{i_3} - \frac{\beta_3 \delta_3}{\beta^* \gamma_2} \left(\lambda_{03} - \frac{\delta_3}{2} \right) \right] \right\}, \quad (14)$$

$$V_4(J) = V_{04} \ln^2 \left\{ 1 + \varphi_{04} \left[1 - \beta_4 \frac{\gamma_1}{\gamma_2} + \frac{\beta_4 i_3 \delta_3}{\gamma_2^2 J} (\lambda_{03} - q_3) \right] \right\}, \quad (15)$$

где

$$q_3 = \delta_3/2 + (\theta_2 / \beta_4 i_3 - \beta_4) \gamma_2^2 / \delta_3.$$

Итак, при малых V_2 формулы (12)–(15) описывают ВАХ всех переходов, следовательно и структуры.

При $J / \max(\text{ch } \eta_2, \text{ch } \eta_3) \gg \max(i_1, i_3)$

решение уравнения $R = 0$ имеет вид

$$\begin{aligned} J_B &= \alpha_3 (\alpha_3 - 1) i_3 \delta_3^2 / \gamma_1 \gamma_2 & \text{при } \delta_1 = 0, \\ J_B &= \alpha_1 (\alpha_1 - 1) i_1 \delta_1^2 / \gamma_3 \gamma_4 & \text{при } \delta_3 = 0, \end{aligned} \quad (16)$$

где

$$b_3 = (1 - \beta_2) \gamma_2 / \beta^*, \quad b_4 = [1 + \beta_2 \beta_3 i_1 \gamma_1 / \gamma_2 (\theta_1 - \beta_2 i_1)]^{-1},$$

$$4\alpha_1 = 4 + 3\gamma_4 (1 - \beta_3) / \beta^* - b_1 + \left[b_1^2 + 10\gamma_4 b_1 (1 - \beta_3) / \beta^* + 9(1 - \beta_3)^2 \left(\frac{\gamma_4}{\beta^*} \right)^2 \right]^{1/2},$$

$$4a_3 = 4 + 3\gamma_1\beta_3/\beta^* - b_4 + [b_4^2 + 9(\beta_3\gamma_1/\beta^* - 1)^2 + 10b_4(\beta_3\gamma_1/\beta^* - 1)]^{1/2},$$

$$\gamma_3 = 1 - \beta_2 i_1 (1 - \beta_3)(\theta_1 - \beta_3^2 i_3)^{-1}, \quad \gamma_4 = 1 - \beta_2^2 i_1 (\theta_1 - \beta_3^2 i_3)^{-1},$$

$$\gamma_5 = \beta_2 \beta_3 \beta_4 i_3 (\theta_1 - \beta_3^2 i_3)^{-1}, \quad b_1 = \beta_4 \gamma_4 (\beta_4 \gamma_4 + \gamma_3 \gamma_5),$$

а соответствующие напряжения будут

$$V_B \approx \begin{cases} V_{04} \ln^2 \left\{ 1 + \varphi_{04} \left[1 - \frac{\beta_4 \gamma_1}{\gamma_2} \left(1 - \frac{1}{a_1} \right) \right] \right\} & \text{при } \delta_1 = 0, \\ V_{04} \ln^2 \left[1 + \varphi_{04} \left(1 - \beta_4 - \frac{\beta^* \gamma_5}{\beta_2 \gamma_4} + \frac{\beta^* \gamma_3 \gamma_5}{a_3 \gamma_4} \right) \right] & \text{при } \delta_3 = 0. \end{cases} \quad (17)$$

Легко проверить, что для (16) $\frac{dR_0(J_B)}{dJ} > 0$, т. е. J_B действительно является точкой минимума ВАХ $V_0(J)$. Таким образом, с ростом коэффициентов рекомбинационных утечек ВАХ $V_0(J)$ вместе со своими характерными точками поднимается вверх пропорционально квадрату коэффициента рекомбинации.

Из формулы (15) получаем

$$J_c = 2i_3 p_3 (p_3 + q_3) / \gamma_1 \gamma_2, \quad (18)$$

если

$$\delta_1 = 0, \quad p_3 = (q_3^2 + \beta_4 \gamma_2 - \gamma_2^2 - \delta_3^2 / 4)^{1/2},$$

$$J_c = 2i_1 p_1 (p_1 + q_1) / \gamma_3 \gamma_4, \quad (19)$$

если

$$\delta_3 = 0, \quad p_1 = (q_1^2 - \delta_1^2 / 4 - \gamma_4^2 + \gamma_4 \gamma_5)^{1/2},$$

$$q_1 = \frac{\delta_1}{2} + \frac{\gamma_4^2}{\delta_1} \left[\frac{\theta_2 (\theta_1 - \beta_3^2 i_3) - \beta_4^2 i_3 \theta_1}{\beta_2 \beta_3 \beta_4 i_1 i_3} - \frac{\gamma_5}{\gamma_4} \right].$$

Очевидно, что при $J = J_c$ $\frac{dR_4}{dJ} < 0$ как в случае (18), так и в случае (19). Это означает, что ОС на ВАХ четвертого коллектора существует как при $\delta_1 = 0$, так и при $\delta_3 = 0$.

Получили, что наличие рекомбинационной утечки в первом эмиттерном переходе является достаточным для формирования ОС на ВАХ четвертого перехода, если на втором переходе напряжение мало (т. е. $\beta^* < 0$), а в четвертом переходе имеет место процесс лавинного размножения носителей.

С учетом (18), (19) и (14) напряжение V_c будет

$$V_c = \begin{cases} V_{04} \ln^2 \left[1 + \varphi_{04} \left(1 - \beta_4 \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \frac{p_3}{p_3 + q_3} \right) \right] & \text{при } \delta_1 = 0, \\ V_{04} \ln^2 \left\{ 1 + \varphi_{04} \left[1 - \beta_4 - \frac{\beta^* \gamma_5}{\beta_2 \gamma_4} + \frac{\gamma_3 \gamma_5 \beta^* \delta_1}{2 \gamma_4 (p_1 + q_1)} \right] \right\} & \text{при } \delta_3 = 0. \end{cases} \quad (20)$$

Заметим, что функция $V_4(J)$ имеет вертикальную асимптотику, которую можно определить из формулы (15) при $J \rightarrow \infty$. Легко найти, что

$$V_4(\infty) = V_{04} \ln^2 \left[1 + \varphi_{04} \left(1 - \frac{\beta_4 \gamma_1}{\gamma_2} \right) \right], \quad \text{если } \delta_1 = 0, \quad (21)$$

$$V_4(\infty) = V_{04} \ln^2 \left[1 + \varphi_{04} \left(1 - \beta_4 - \frac{\beta_4^* \gamma_5}{\beta_2 \gamma_4} \right) \right], \quad \text{если } \delta_3 = 0. \quad (22)$$

Посчитаем теперь остаточный ток и остаточное напряжение на структуре. При $\delta_1 = 0$ из системы уравнений (12)–(15) составим сумму $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$. Однако $R = 0$ точно решить невозможно и мы рассмотрим частные случаи. При $J > J_{cr}$ практически всегда выполняются неравенства

$$J \gg \max(i_1 \operatorname{ch} \eta_2, i_3 \operatorname{ch} \eta_3), \quad \delta_3^2 \gg 2\gamma_2^2 (\theta_2/\beta_4 i_3 - \beta_4). \quad (23)$$

Приближенное решение $R = 0$ имеет вид

$$J_D \simeq i_3 \delta_3^2 a_4 (a_4 - 1) / \gamma_1 \gamma_2, \quad (24)$$

где

$$4a_4 = A_3 + 3b_3 + 2 + [8b_3(1-b_3) + (A_3 - b_3 - 2)^2]^{1/2},$$

$$A_3 = 2V_{04} \varphi_{04} \frac{\beta_4 \gamma_1}{\gamma_2} \frac{\ln [1 + \varphi_{04} (1 - \beta_4 \gamma_1 / \gamma_2)]}{1 + \varphi_{04} (1 - \beta_4 \gamma_1 / \gamma_2)} \gg 1,$$

а остаточное напряжение на структуре будет

$$V_D \simeq V_{04} \ln^2 \left\{ 1 + \varphi_{04} \left[1 - \beta_4 \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left(1 - \frac{1}{a_4} \right) \right] \right\}. \quad (25)$$

Формула (24) показывает, что с ростом коэффициента рекомбинации остаточный ток растет пропорционально квадрату этого коэффициента, а напряжение не зависит от него. Последнее означает, что четвертый коллектор работает в режиме „лавинного диода“.

Если $\delta_3 = 0$, $\delta_1 \neq 0$, то вместо (24) получим

$$J_D \simeq i_1 \delta_1 a_2 (a_2 - 1) / \gamma_3 \gamma_4, \quad (26)$$

где

$$A_1 = 2V_{04} \varphi_{04} \frac{\ln [1 + \varphi_{04} (1 - \beta_4 - \beta_4^* \gamma_5 / \beta_2 \gamma_4)]}{1 + \varphi_{04} (1 - \beta_4 - \beta_4^* \gamma_5 / \beta_2 \gamma_4)} \ll 1,$$

$$4a_2 = A_1 + 3(1 + b_1) + [8(1 + b_1)^2 + (A_1 - b_1 - 1)^2]^{1/2}.$$

А из формул (15) и (26) легко найти V_D

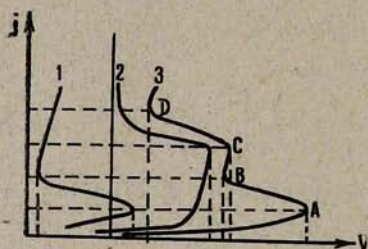
$$V_D \simeq V_{04} \ln^2 \left[1 + \varphi_{04} \left(1 - \beta_4 - \frac{\beta_4^* \gamma_5}{\beta_2 \gamma_4} + \frac{\gamma_3 \gamma_5}{a_2 \gamma_4} \right) \right]. \quad (27)$$

Свойства формул (26) и (27) идентичны свойствам формул (24) и (19) соответственно.

Следует сказать, что в работе [1] экспериментально исследована ВАХ р-п-р-п-р-структуры и показано, что она может иметь два подаю-

щих участка. В настоящей работе рассчитаны параметры этих участков для разных частных случаев. С этой точки зрения она является продолжением работы [6].

Вкратце интерпретируем механизм образования ОС на ВАХ четвертого перехода в случае $\delta_3=0$. Чтобы на ВАХ коллектора иметь падающий участок, необходимо наличие обратной связи, которая обеспечивается утечками (омической или рекомбинационной) в соседних прямосмещенных переходах. В работах [4—6] показано, что если в крайнем коллекторном переходе происходит лавинное умножение, то для существования ОС на его ВАХ необходимо наличие утечки на соседнем эмиттере. У нас при $\delta_3=0$ в четвертом переходе происходит процесс лавинного умножения, но в третьем переходе отсутствует утечка. Следовательно, третий переход не обеспечивает обратной связи четвертому переходу. Но если во втором переходе возможно состояние с малым остаточным напряжением V_2 (в силу условия $\beta_2+\beta_3>1$) то первый эмиттерный переход от крайнего коллектора разделяется тремя низкоомными базами и двумя р-п-переходами также с малыми сопротивлениями (второй переход после инверсии знака напряжения обладает малым сопротивлением). Поэтому при рассмотрении влияния первого эмиттера на последний коллектор структура, состоящая из



Кривые 1, 2, 3—соответственно ВАХ $V_0(j)$, $V_4(j)$ и $V(j)$ при $J_{4cp} > J_1$. А, В, С, D—экстремальные точки ВАХ структуры.

второй, третьей и четвертой базы вместе со вторым и третьим переходами, эквивалентна некоторой „эффективной“ базе с сопротивлением, равным сопротивлению этой структуры. Это означает, что утечка в первом эмиттерном переходе может обеспечить обратную связь крайнего коллектора, на ВАХ которого может образоваться падающий участок. Так как этот эффект обнаруживается при малых значениях V_2 , то он не зависит от механизма ОС на ВАХ первых трех переходов.

Рассмотренная здесь ВАХ изображена на рисунке. Кривая 1 соответствует функции $V_0(j)$, которая по своим свойствам похожа на ВАХ однокolleкторной четырехслойной структуры. Кривая 2 представляет собой график функции $V_4(j)$, а кривая 3—полную ВАХ структуры. Точки А и С на ВАХ обусловлены срывами второго и четвертого переходов соответственно, а точки В и D—уменьшением скоростей изменения функции $V_2(j)$ после инверсии и функции $V_4(j)$ вблизи

вертикальной асимптотики. Наличие участка ПДС обусловлено тем, что четвертый переход еще не перешел в режим „лавинного диода“, а первая р-п-р-структура уже находится в открытом состоянии. Необходимым условием для этого является выполнение неравенств

$$2p_3(p_3+q_3) > a_3(a_3-1)\delta_3^2 \quad \text{при } \delta_1=0,$$

$$2p_1(p_1+q_1) > a_1(a_1-1)\delta_1^2 \quad \text{при } \delta_3=0.$$

Если они не выполняются, то точки С и В совпадают.

Механизм образования ОС на ВАХ $V_0(J)$ и $V_4(J)$ рассмотрен в [4—7]. Но в них существование ОС на ВАХ четвертого перехода обусловлено утечкой на соседнем эмиттерном переходе. В нашей структуре требование $\delta_3=0$ не является необходимым.

В заключение заметим, что в зависимости от механизма образования ОС на ВАХ второго перехода изменяются только параметры точки А на рисунке. Если ОС на ВАХ второго перехода обусловлено лавинным умножением в нем, то ток и напряжения срыва этого перехода будут иметь аналогичный формулам (6) и (7) работы [6] вид.

Институт радиофизики и электроники
АН АрмССР

Поступила 5. V. 1972.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. И. В. Грехов и др. Сб. Физика р-п-переходов, Рига, 1966, стр. 540.
2. А. А. Лебедев. Сб. Физика р-п-переходов, Изд. Наука, Л., 1969, стр. 211.
3. И. В. Стафеев. ФТП, 5, 3 (1971).
4. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 7, 44 (1972).
5. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 7, 435 (1972).
6. Г. М. Авакьянц, Г. С. Караян, А. А. Джереджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 7, 267 (1972).
7. Г. М. Авакьянц, Е. В. Лазарев. Изв. АН АрмССР, Физика, 3, 330 (1968).

ԻՆՎԵՐՍԻԱՅԻ ԵՐԵՎՈՒՅԹԸ ՀԵԳԱՇԵՐՏ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ

Գ. Մ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Հ. Ս. ՂԱՐԱՅԱՆ, Հ. Հ. ԶԵՐԵԶՅԱՆ

Ստացված է բանաձև ռ-ն-ր-ն- կառուցվածքի վոլտ-ամպերային բնութագրի (ՎԱԲ) համար $\beta_2 + \beta_3 > 1$ դեպքում, հետադրույթ է ՎԱԲ-ի վրա բացասական դիֆերենցիալ դիմադրությամբ (R^d) տիրույթի առաջացման պայմանը, ծուլց է տրված երկրորդ անցման վրա ընկած լարման նշանի ինվերսիայի գոյությունը, Ստացված են բանաձևեր $V(J)$ լարման Լքտրոնայ կետերի համար և ցույց է տրված ՎԱԲ-ի վրա միջանկյալ դրական դիֆերենցիալ դիմադրության տիրույթի գոյությունը, Առաջարկված է շրրրորդ անցման ՎԱԲ-ի վրա R^d առաջացման նոր մեխանիզմ:

INVERSION PHENOMENON IN FIVE-LAYER STRUCTURE

G. M. AVAKIANTS, H. S. KARAIAN, H. H. JEREJIAN

The voltage-current characteristic (VCC) of p-n-p-n-p-structure at $\beta_2 + \beta_3 > 1$ has been calculated, the formation conditions of regions with negative differential resistance (NR) on the VCC being investigated. The inversion of the voltage sign is shown to take place on the second junction. The formulae for the extreme points of the voltage $V(J)$ are obtained and existence of the intermediate interval with positive differential resistance on the VCC is shown. The new mechanism of NR formation on the VCC of fourth junction is proposed.