

Модели расчета биполярных транзисторов VBIС, HICUM, MEХTRAM

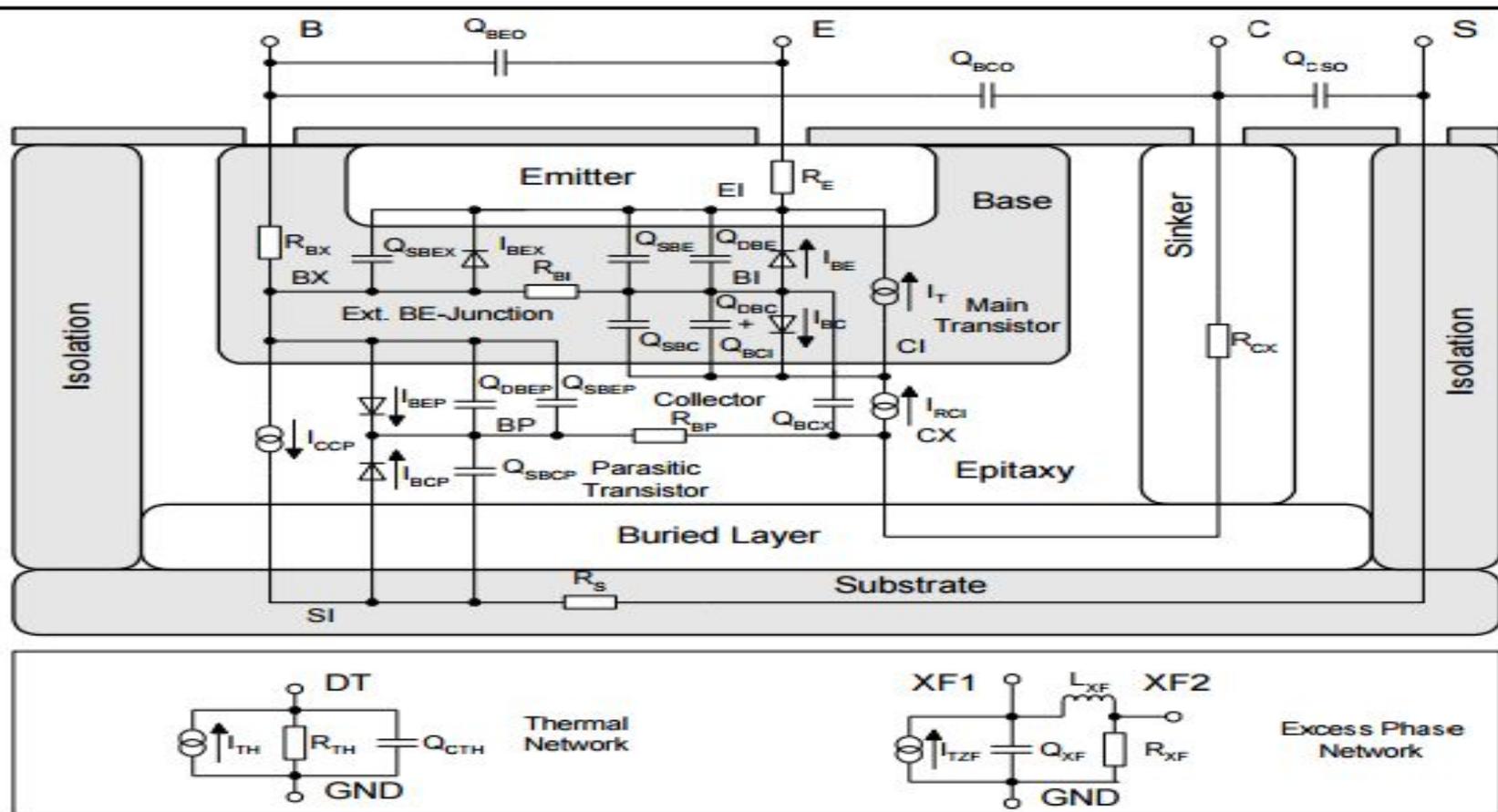
Выполнил: ст. гр. ЭЭМО-02-16

Савельев Д.В.

Эквивалентная схема VBIC при большом сигнале

VBIC

Vertical Bipolar Intercompany Model

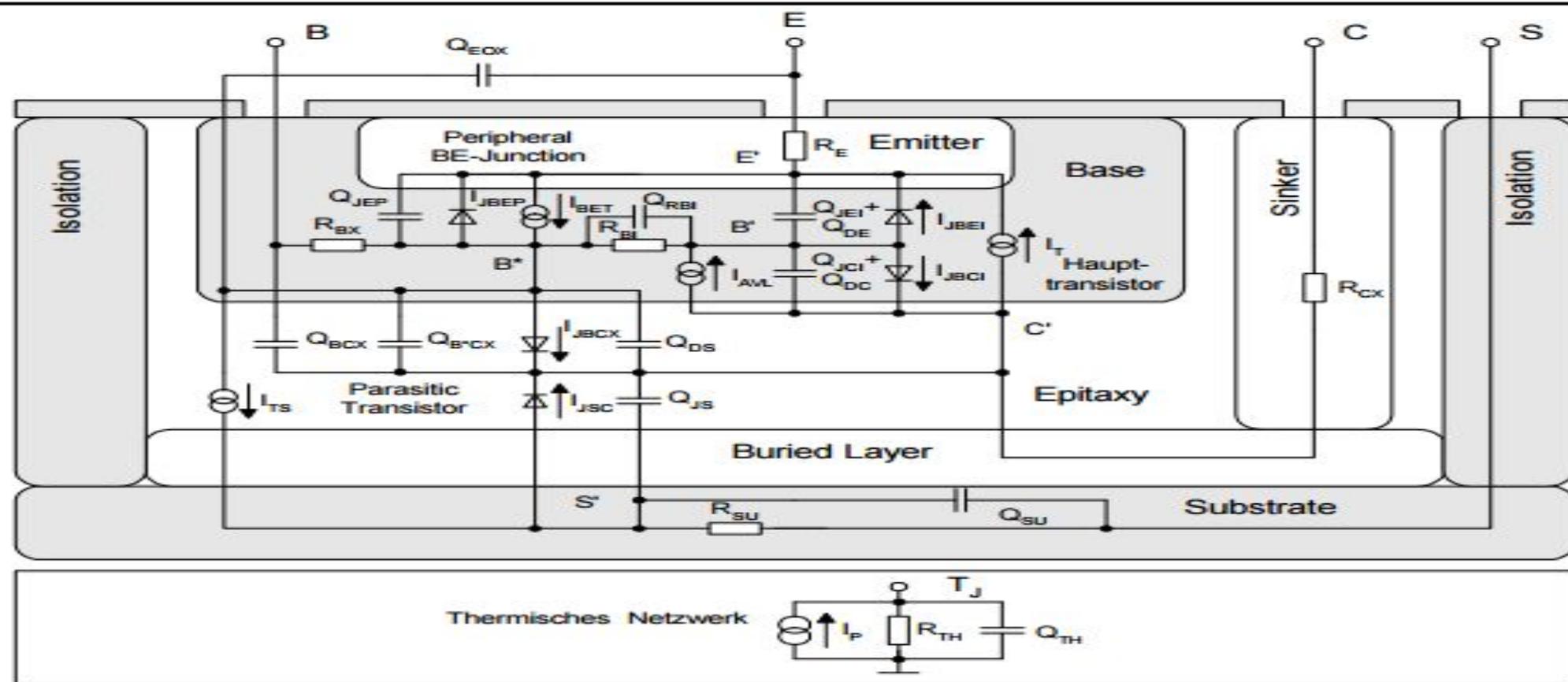


- Improved Early effect modeling
- Quasi-saturation modeling
- Parasitic substrate transistor modeling
- Parasitic fixed (oxide) capacitance modeling
- Includes an avalanche multiplication model
- Improved temperature modeling
- Base current is decoupled from collector current
- Electrothermal modeling
- Smooth, continuous model

Эквивалентная схема HICUM при большом сигнале

HICUM

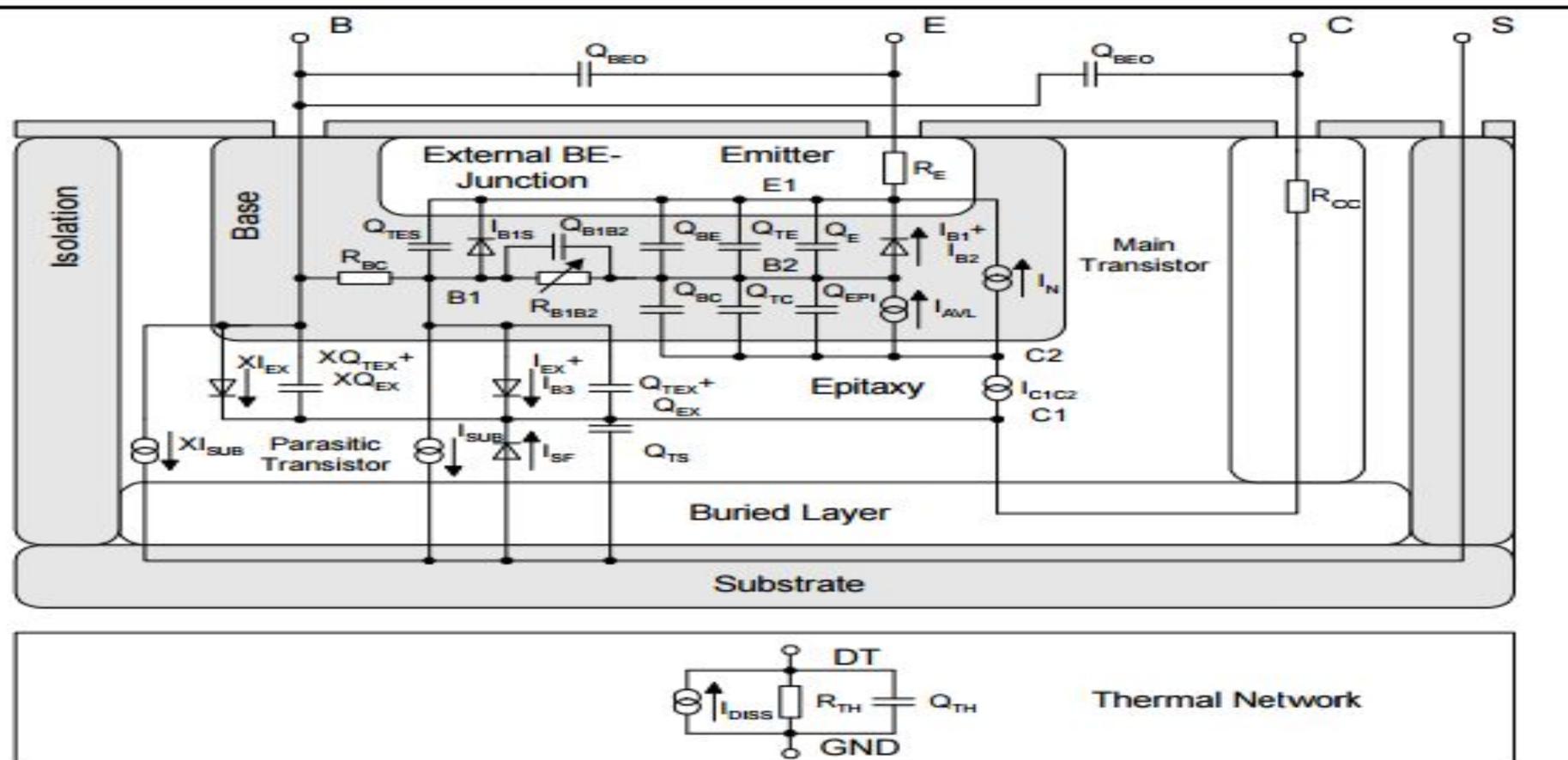
High Current Model



Эквивалентная схема МЕХТРАМ при большом сигнале

МЕХТРАМ

Most EXquisite TRAnsistor Model



	VBIC	HICUM	MEXTRAM
External BE base current	I_{BEX}	I_{JBEP}	I_{B1S}
BE tunnel current	part of I_{BE}	I_{BET}	-
Split base resistance	R_{BX}, R_{BI}	R_{BX}, R_{BI}	R_{BC}, R_{B1B2}
Charge parallel to R_{BI} for AC current crowding	-	Q_{RBI}	Q_{B1B2}
Collector current source	I_{RCI}	-	I_{C1C2}
External BC junction	I_{BEP}	I_{JBCX}	I_{EX}, X_{IEX}
BC avalanche current	part of I_{BC}	I_{AVL}	I_{AVL}
Base resistance for pnp	R_{BP}	-	-
Substrate transfer current for pnp	I_{CCP}	I_{TS}	I_{SUB}, X_{ISUB}
Substrate-collector diode	I_{BCP}, Q_{SBCP}	I_{JSC}, Q_{JS}	I_{SF}, Q_{TS}
Substrate model	R_S	R_{SU}, Q_{SU}	-
Thermal components	I_{TH}, R_{TH}, Q_{CTH}	I_P, R_{TH}, Q_{TH}	I_{DISS}, R_{TH}, Q_{TH}
Additional phase network	$I_{TZF}, Q_{XF}, L_{XF}, R_{XF}$	-	-

Прямой и обратный токи

Model	Equation for Fwd Transfer Current	Equation for Reverse Transfer Current	Equation for Transfer Current
VBIC	$I_{TF} = IS \cdot \left(\exp \frac{U_{BE1}}{NF \cdot U_T} - 1 \right)$	$I_{TR} = IS \cdot ISRR \left(\exp \frac{U_{BC1}}{NR \cdot U_T} - 1 \right)$	$I_T = \frac{I_{TF} - I_{TR}}{q_B}$
HICUM	$I_{TF} = \frac{c1}{Q_{PT}} \exp \left(\frac{U_{B'E'}}{U_T} \right)$	$I_{TR} = \frac{C10}{Q_{PT}} \exp \left(\frac{U_{B'C'}}{U_T} \right)$	$I_T = I_{TF} + I_{TR}$
MEX-TRAM	$I_F = IS \cdot \exp \left(\frac{U_{B2E1}}{U_T} \right)$	$I_R = IS \cdot \exp \left(\frac{U_{B2C2^*}}{U_T} \right)$	$I_N = \frac{I_F - I_R}{q_B}$

HICUM использует значение модуля заряда базы Q_{pt} . VBIC, MEXTRAM используют нормированный заряд.

Заряд базы

▶ VBIC

Нормированный заряд (отношение полного заряда основных НЗ в базе к встроенному заряду НЗ в базе, состоит из $q1$, учитывающего эффект Эрли, и $q2$, учитывающего большую инжекцию. $q1$ нормированный заряд $qjbe$ и $qjbc$. Также используется параметр NKF для лучшей симуляции отрицательного наклона коэффициента усиления по току.

▶ HICUM

Используется абсолютное значение заряда Qpt , компоненты времени переноса заряда Tft . В него входят компонента зависящая от напряжения $Tf0$, позволяющая учитывать эффект Эрли, и компонента зависящая от тока, позволяющая учитывать эффект насыщения скорости дрейфа НЗ в ОПЗ.

▶ MEXTRAM

Используется нормированное значение заряда. $Q2$ рассчитывается с помощью концентрации электронов, нормированной на ток в точке перегиба ВАХ.

Использование вместо напряжений на р-п переходах выражения для нормированного заряда обедненной области коллекторного перехода, нелинейно зависящие от напряжений на переходах позволяют учесть эффект Эрли наиболее точно.

Ток базы

▶ VBIC

Используется разделение тока базы на внутренний и внешний, как и в других моделях. Эти компоненты рассчитываются с помощью введения параметра WBE. Компоненты туннельного тока имеют экспоненциальную зависимость.

Внутренний ток кб определяется в основном при транзисторе, а внешний определяется как ток базы паразитного pnp транзистора.

▶ HICUM

Внутренние и внешние компоненты содержат неидеальности.

▶ MEXTRAM

Используется коэффициент усиления по току. Для расчета идеальной составляющей тока используется разделяющий параметр I_{b1} , для расчета неидеальной составляющей I_{b2} не используется.

Для расчета тока кб используются идеальные компоненты I_{ex} , XI_{Ex} , определяемые узлами B и B1. Неидеальная компонента, определяемая B1 и неразделенная.

Сопротивление базы

► VBIC

Сопротивление активной базы модулируется только нормированным зарядом. Сопротивление базы на схеме представлено двумя резисторами: постоянный резистор R_{Bx} представляет сумму сопротивлений контакта к базе и пассивной базы, а переменный резистор R_{Bi} - переменное сопротивление активной базы. Таким образом косвенно учитывается эффект оттеснения тока.

► HICUM

переменное сопротивление базы представлено на эквивалентной схеме двумя отдельными резисторами: r_{Bx} и r_{Bi} . r_{Bx} - суммарное сопротивление пассивной базы и контакта к базе, а r_{Bi} - сопротивление активной базы, зависящее от концентрации носителей заряда в базе, поверхностного сопротивления и геометрических размеров активной базы, эффекта оттеснения тока в переходе эмиттер-база. Модель предоставляет наибольшее количество параметров для описания эффекта модуляции ширины базы, что позволяет точнее подогнать характеристики под эксперимент.

► MEXTRAM

Включается так же параметр модели - сопротивление активной базы при нулевых напряжениях на переходах. Сопротивление постоянного и переменного тока вычисляются одновременно.

Паразитные эффекты

- ▶ VBIC

Введены дополнительные емкости QVCP и QVEP, которые учитывают только паразитные емкости перекрытия поликремниевых слоев.

- ▶ HICUM

включены как внутренние, так и внешние паразитные емкости. Однако, в эквивалентной схеме внутренний QVCx и внешний QVC'x составляющие паразитных емкостей представлены отдельными конденсаторами.

- ▶ MEXTRAM

в эквивалентную схему входят дополнительные элементы QVE0 и QVC0, включающие в себя сумму внутренних и внешних паразитных емкостей транзисторной структуры.