

共振隧穿晶体管的反相器统一模型*

郭维廉^{1,2} 牛萍娟¹ 苗长云¹ 于欣¹ 王伟^{1,†} 梁惠来² 张世林²
李建恒² 宋瑞良² 胡留长² 齐海涛² 毛陆虹²

(1 天津工业大学信息与通讯学院, 天津 300160)
(2 天津大学电子信息工程学院, 天津 300072)

摘要: 综合分析了各种不同结构的共振隧穿晶体管(RTT),将其等效为一反相器电路,建立了一个统一的 RTT 模型.在此模型中,按照处理反相器的方法来分析 RTT 的 $I-V$ 特性,对各种不同类型的 $I-V$ 特性给出了统一的解释.该模型所导出的结果与相应的电路模拟和电路模拟实验结果相一致.此 RTT 反相器统一模型可成为分析和设计各种 RTT 器件的有力工具.

关键词: 共振隧穿晶体管; 反相器统一模型; RTT 器件结构; RTT $I-V$ 特性
EEACC: 2560J

中图分类号: TN313.2 文献标识码: A 文章编号: 0253-4177(2007)01-0084-08

1 引言

共振隧穿晶体管(RTT)既有共振隧穿二极管(RTD)高频、高速、双稳、自锁和可节省器件数目的优点,又可通过其控制极调制器件的 $I-V$ 特性和参数,故在毫米波振荡和数字电路以及高速混合信号电路中有广阔的应用前景.

按照器件结构,RTT 可以分成栅控型 RTT (GRTT)和复合型 RTT.栅控型 RTT 又可分为 p-n 结型栅^[1]和肖特基型栅^[2].复合型 RTT 是由 RTD 和另一个三端高速器件(如 MESFET, HEMT, HBT 等)相结合构成的.例如由双势垒结构(DBS)位于 MESFET 的源区内构成的 RTT^[3],由 DBS 位于 HBT 发射区内构成的 RTT(也称为 RTBT)^[4],由 DBS 位于热电子晶体管(hot electron transistor)发射区内构成的 RTT(也称 RHET)^[5],DBS 位于 HEMT 源区的 RTT^[6]和 DBS 位于 HEMT 漏区内的 RTT(也称为 HRT-FET)^[7]等.这些不同结构的 RTT 显示出不同类型和多种形状的 $I-V$ 负阻特性,如“N”型^[3],” Δ ”型^[7],近“ Δ ”型^[6],近“N”型等.不同结构的 RTT 和各式各样的 $I-V$ 特性是在近 20 年内不同时期的文献上陆续发表的,其中多数内容是独立的、无关联的,未能形成统一的理论模型和对各种类型的 $I-V$ 特性作出统一的解释,这对 RTT 的进一步研究、设计和研制造成一种障碍.为了解决此问题,本文建立了一种 RTT 反相器统一模型,不仅

可将各种不同的器件结构统一于此模型中,而且可对各种类型的 $I-V$ 特性给予统一的解释.故此反相器统一模型可成为分析和设计 RTT 的有力工具.

2 共振隧穿晶体管 $I-V$ 特性的分类

不同结构的 RTT 或同一结构的 RTT,在不同偏置或不同测试条件下,会出现不同的 $I-V$ 特性. RTT 的 $I-V$ 特性可以归纳为以下四种类型:

2.1 “N”型负阻 $I-V$ 特性^[3]

图 1 所示的“N”型 $I-V$ 特性是 RTT 中常见的 $I-V$ 特性,虽然该曲线取自 DBS 位于 MESFET 源区内 RTT,但是其他类型的 RTT 也经常会出现

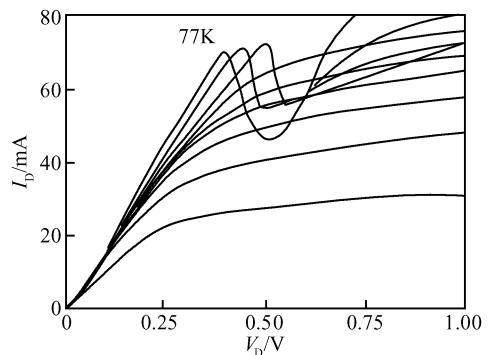


图 1 RTT 的“N”型 $I-V$ 特性
Fig.1 “N” type $I-V$ characteristics of RTT

* 超高速专用集成电路重点实验室基金(批准号:51432010204Jw1401)和国家自然科学基金(批准号:60536030)资助项目

† 通信作者. Email: wangweiw33@yahoo.com.cn

2006-06-12 收到,2006-08-10 定稿

这种类型的 $I-V$ 特性,该类型的 $I-V$ 特性的特点是:栅电压较低时 $I-V$ 特性的形状类似于一般 FET 的输出特性;当栅电压超过一定的阈值后, $I-V$ 特性变成一种谷值电流较大的“N”型负阻特性曲线,而且栅电压对 $I-V$ 特性的调制作用明显.

2.2 “ Δ ”型负阻 $I-V$ 特性^[7]

图 2 所示的“ Δ ”型 $I-V$ 特性是取自 DBS 位于 HEMT 漏区类型的 RTT(HRT-FET).这种 $I-V$ 特性在 RTT 中并不常见,其特征是负阻特性较“尖锐”,负阻区近于垂直线,谷值电流很小 $I_v \approx 0$.

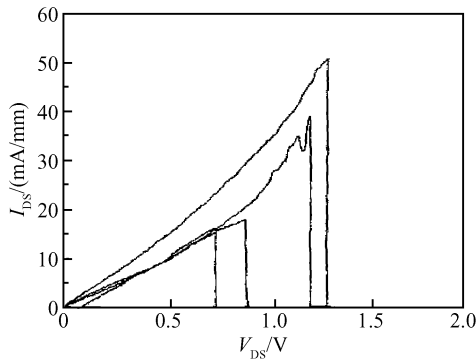


图 2 RTT 的“ Δ ”型 $I-V$ 特性
Fig.2 “ Δ ” type $I-V$ characteristics of RTT

2.3 近“ Δ ”型负阻 $I-V$ 特性

图 3 所示的近“ Δ ”型负阻 $I-V$ 特性来自 DBS 位于 HEMT 源区的 RTT. $I-V$ 特性的特征为:(1)负阻特性较“尖锐”,负阻区近于垂直线类似于“ Δ ”型负阻 $I-V$ 特性;(2) I_v 比“ Δ ”型的大,谷值区近似为一平坦的水平线;(3)栅压大于阈值栅压时才显示出负阻特性.

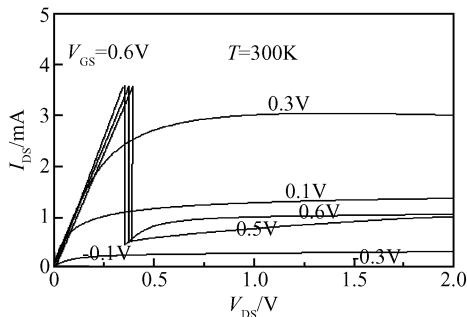


图 3 RTT 的近“ Δ ”型 $I-V$ 特性
Fig.3 Near “ Δ ” type $I-V$ characteristics of RTT

2.4 近“N”型负阻 $I-V$ 特性^[6]

近“N”型负阻 $I-V$ 特性如图 4 所示,在 RTT 中也经常会见到.它基本上与“N”型负阻 $I-V$ 特性相

似.与“N”型的主要区别是当电压 V 继续增加时电流逐渐趋于饱和,谷值电流 I_v 一般较大,栅调制作用比较明显.

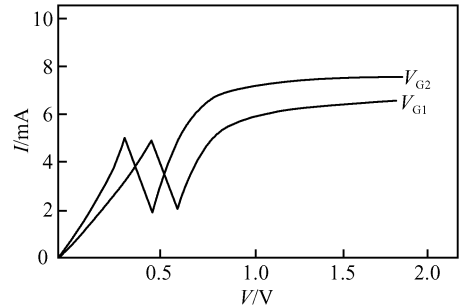


图 4 RTT 的近“N”型 $I-V$ 特性
Fig.4 Near “N” type $I-V$ characteristics of RTT

以上四种类型的 RTT 的 $I-V$ 特性基本上概括了 RTT 的主要 $I-V$ 特性.它们之间虽有各自的特点和差异,但都可以通过下面 RTT 反相器统一模型给予解释和说明.

3 RTT 按器件结构分类和统一模型的提出

按照器件结构的特点和与 RTD 相结合三端器件的性质可将 RTT 分成以下三类.

3.1 栅型 RTT

栅型 RTT(GRTT)又分为 Schottky 势垒型和 p-n 结栅型两种.它们都是利用在反向偏压下耗尽区的扩展,使纵向隧穿电流沟道截面变小来调控隧穿电流的.图 5 给出 Schottky 势垒栅 RTT 的器件结构.图 5(a)中所示的栅耗尽区与 DBS 平面重合(即耗尽区侧向突出部分与 DBS 重合)结构在实际工艺中很难做到.栅台面腐蚀精度和准度控制远远达不到此程度,故实际情况不是栅位于 DBS 之上就是栅位于 DBS 之下,图 5(b)是文献[3]故意设计成栅位于 DBS 之下的 RTT 结构.总之这种栅型 RTT 结构等效于一个 RTD 和一个纵向沟道场效应管(FET)的串联,串联方式有两种:(1)FET 位于顶电极与 DBS 之间;(2)FET 位于底电极与 DBS 之间.

3.2 RTD/HEMT(MESFET)串联结构的 RTT

图 6 为 RTD/MESFET 串联结构的 RTT,DBS 位于 MESFET 的源区中.图 7 为 HRT-FET 实为 RTD/HEMT 串联结构的 RTT,不同的是 DBS 位于 HEMT 的漏区之中.图 6 和图 7 综合起来,可以认为这种类型的 RTT 是由一个 RTD 与一个横向电流沟道的 FET(HEMT 或 MESFET)串联构成.

串联的方式有两种:(1)FET 位于 DBS 与漏极之间(即 DBS 位于源区内);(2)FET 位于 DBS 与源极之

间(即 DBS 位于漏区内).

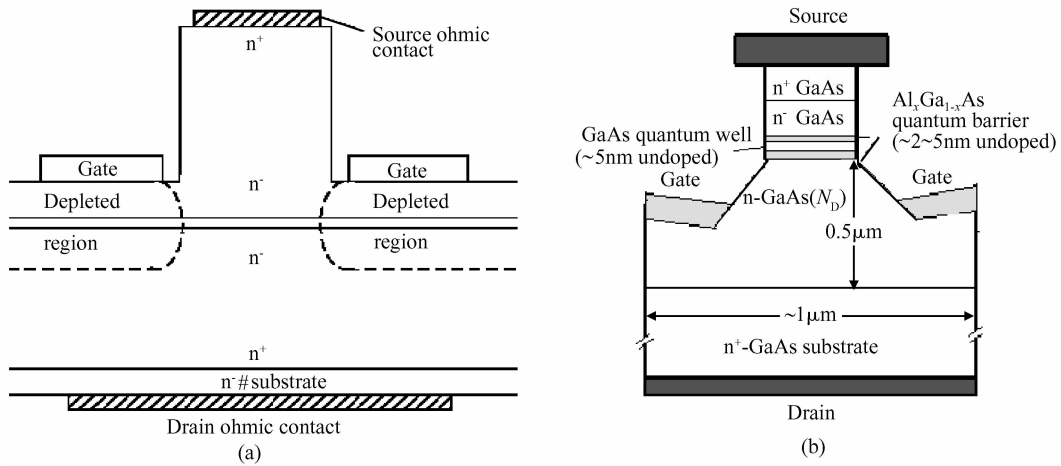


图 5 Schottky 栅 RTT 器件结构 (a)栅耗尽区与 DBS 平面重合;(b)栅耗尽区位于 DBS 以下

Fig. 5 Device structure of Schottky gate RTT (a) Gate depletion layer coincide with DBS plane; (b) Gate depletion layer under the DBS plane

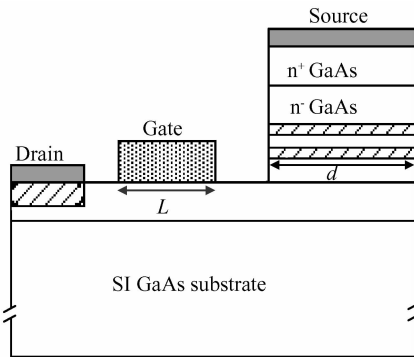


图 6 RTD/MESFET 串联结构 RTT (DBS 位于源区)

Fig. 6 RTT with device structure of RTD/MESFET in series (DBS in source region)

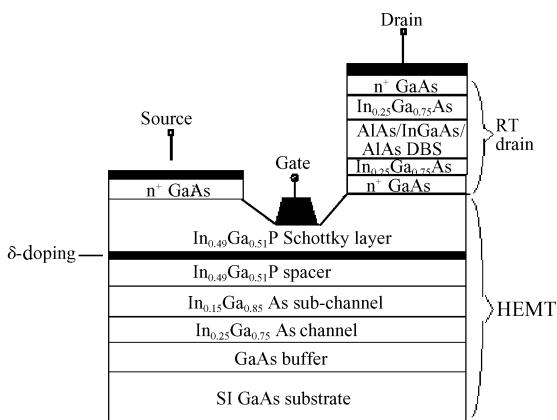


图 7 RTD/HEMT 串联结构 RTT(DBS 位于 HEMT 漏区内)
Fig. 7 RTT with structure of RTD/HEMT in series (DBS located in drain region of HEMT)

3.3 RTD/HBT 或 RTD/HET 串联结构的 RTT

前面主要是 GRIT 和 RTD/FET 串联构成的 RTT. 现在考虑 RTD 与双极器件串联构成的 RTT. 双极器件在此主要包括异质结双极晶体管(HBT)和热电子双极晶体管(HET). 以 HBT 为例 RTD/HBT 串联构成的 RTT, 其 DBS 设计在 HBT 的发射区内, 即相当于 HBT 位于 DBS 和集电极(C)之间.

从以上 3.1, 3.2 和 3.3 节综合来看, 所涉及的各种 RTT 结构最终都可归结为一个场效应管(或双极管)与一个 RTD 相串联, 可将此串连结构进一步等效为一个反相器. 由于 FET(或 HBT)与 DBS 相对位置的不同, 形成 RTD 或 FET 两种接地形式的反相器电路结构. 至此一个 RTT 器件可等效于一个由 RTD 和 FET(或 HBT)构成的反相器. 此即 RTT 的反相器统一模型. 按照此反相器统一模型的观点, RTT 的 $I-V$ 特性和器件参数都可从分析此反相器电路而得到. 上述 RTT 反相器统一模型的中心理念表示于图 8 中. 其中左侧一列是 DBS 位于源区的 MESFET 或 HEMT(b), DBS 位于栅和源之间的 GRIT(c)等效于图 8(a)中 RTD 为驱动器件、FET 为负载器件的反相器电路结构; DBS 位于发射区中的 HBT 或位于发射区内 HET(d)则等效于图 8 最上一行中间的以 RTD 为驱动器件和以 HBT 或 HET 为负载器件的反相器电路结构; DBS 位于漏区的 HEMT(b') 和 DBS 位于栅和漏极之间的 GRIT(c')则等效于 FET 为驱动器件、RTD 为负载

器件的反相器(a')电路结构. 总之, 所报道的各种 RTT 器件基本上都可以统一于图 8(a)和(a')反相器电路之中, 下面将以此反相器 RTT 统一模型来分析 RTT 的 $I-V$ 特性.

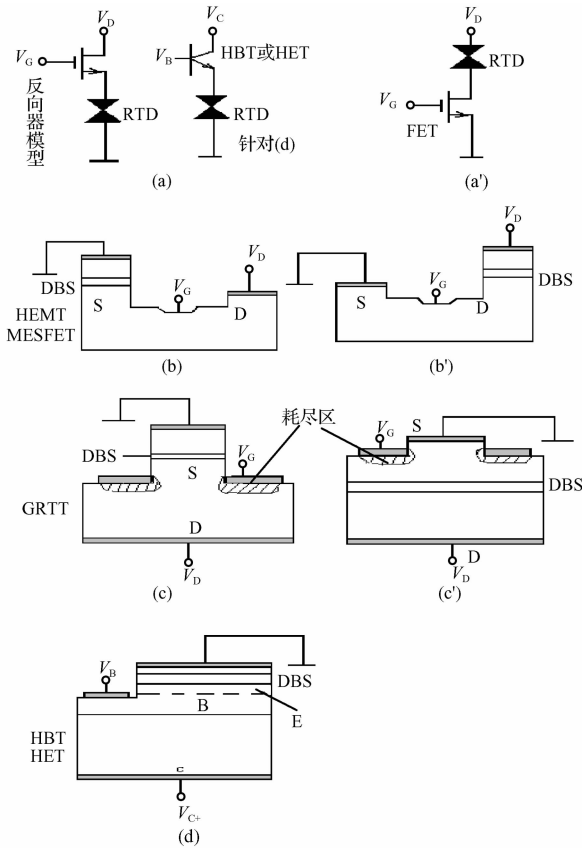


图 8 RTD/FET(HBT)结构 RTT 反相器统一模型 (a), (a') 反相器模型; (b), (b') RTD/FET; (c), (c') GRTT; (d) RTD / HBT (HET) (a), (b), (c), (d) RTD 为驱动器件, (a'), (b'), (c') FET 为驱动器件.

Fig. 8 Inverter unified model of RTT for RTD/FET (HBT) structure (a), (a') Inverter model; (b), (b') RTD/FET; (c), (c') GRTT; (d) RTD/HBT (HET) (a), (b), (c), (d) RTD are driver devices, and (a'), (b'), (c') FET are driver devices.

4 利用 RTT 的反相器统一模型分析 RTT 的 $I-V$ 特性

众所周知对反相器最基本的、最常见的分析方法是负载曲线图分析法. 现在将这种方法用于 RTD 和 HEMT(或 HBT)构成的反相器. 按下列程序对此方法进行描述.

(1) 将反相器驱动器件的 $I-V$ 特性按正方向(沿电压轴的正方向)绘制在负载曲线图上, 将负载器件的 $I-V$ 特性按反方向(电压轴倒置)绘制在同一负载图上. 负载器件 $I-V$ 特性的电压起点即为反相器所加正电压 V_D (或 V_C), 在此负载图上驱动和

负载两条 $I-V$ 特性交点的 I, V 值即为反相器的 I, V 值.

(2) 当反相器的偏压为零时, 对应于驱动器件 $I-V$ 特性的原点与负载器件倒置的 $I-V$ 特性原点相重合, 随着反相器偏压 V_D 的增大, 两个 $I-V$ 特性原点间的距离增大, 负载器件 $I-V$ 特性相对于驱动器 $I-V$ 特性沿电压轴向右移动. 对应于每一个电压的电流(该电压下两条曲线交点的纵坐标)即为反相器的电流值.

(3) 当反相器偏压 V_D 增加时, RTD 的正阻区与 FET 的线性区或 HBT 的饱和区相交. 对于 FET 栅压较低(或 HBT 基极电流较小)情况, 如果 FET 或 HBT 的最大电流值总小于 RTD 的峰值电流 I_p , 则 FET 的 I_D 与 RTD 的电流 I 相交时始终遇不到从峰值态到谷值态跳变的情况, 则 RTT 的 $I-V$ 特性呈现为类似于 FET 输出特性的一条 I_D-V_D 特性曲线.

(4) 对于 FET 的 V_G 较大或 HBT 的 I_B 较大时, 则 FET 的 I_D 或 HBT 的 I_C 在某一电压下会与 RTD 的 I_p 相等. 则该电压下 I_D (或 I_C)与 RTD 的峰值点相切($I_D = I_p$). 此时, RTD 便从 V_p 跳变到 V_v . RTD 上的电压降立即增加了 $V_v - V_p$. 在总电压不变的情况下, FET 上的电压降 V_D 或 HBT 上的电压 V_{CE} 便会减少 $V_v - V_p$, 也即在 RTD 和 FET(或 HBT)两个 $I-V$ 特性原点的电压减少了 $V_v - V_p$. 相应地, 负载器件 $I-V$ 特性在 RTD 的峰值电压 V_p 处向左退回 $V_v - V_p$. 伴随此左退 $V_v - V_p$ 所对应交点的纵坐标(即 RTT 的电流)也要相应减小(因 FET 的 $I-V$ 特性线性区离原点愈近, 电流愈小), 则在 RTT 特性上出现一次电流跳变.

(5) 在有些情况下(即 RTD 为反相器的驱动器件, 与地相接时), RTD 上的压降 $V_v - V_p$ 的增大不仅减小了 FET 的 V_D (或 HBT 的 V_{CE}), 而且还使 FET 的 V_G 或 HBT 的 V_{BE} 减小的情况更为复杂. 即不仅 FET 的 $I-V$ 特性沿 V_D 方向左退 $V_v - V_p$, 还要使 FET 的 $I-V$ 特性上 V_G 值从 I_D 与 I_p 相切时的 V_G 下降 $V_v - V_p$, 达到更低的 $V'_G = V_G - (V_v - V_p)$, 对应于 V'_G 的 I_D 肯定小于对应于 V_G 的 I_D , 这将使 RTT 的电流更大幅度地减少, 这便是 RTT 的 $I-V$ 特性上的峰值处电流突然垂直下降的物理原因.

总之 RTT 的 $I-V$ 特性曲线形状不仅与原有的 RTD 和 FET(或 HBT)的 $I-V$ 特性有关, 而且 RTD 的 $V_v - V_p$ 值有很重要的影响. 当 RTD 的 $V_v - V_p$ 很大和 HEMT 的跨导 $g_m(\partial I_D / \partial V_G)$ 很大时, 可使 RTT 的 I_v 变小, PVCR 变大.

以上是 RTT/HEMT(HBT)串联反相器统一模型 $I-V$ 特性一般性理论.

5 不同 $I-V$ 特性的 RTD 和不同 $I-V$ 特性的 FET 串联结构构成的各种类型 $I-V$ 特性

5.1 RTD/FET 串联 RTT 两种不同接法的 $I-V$ 特性

利用上一节 RTD/FET 串联反相器的统一模

型理论对 RTD 接地和 FET 接地两种不同接法处理的结果如图 9 所示,其中(a),(b)分别表示 RTD 的 $I-V$ 特性和 FET 的 I_D-V_D 特性;(c)是 RTD 为驱动器件时 RTD/FET 的 RTT $I-V$ 特性,其特征是不同 V_{GS} 负阻区电流变化幅度基本保持恒定和出现负阻的起始栅电压较高;图 9(d)是 FET 接地时的 $I-V$ 特性,其特征是不同 V_{GS} 对应的负阻电流变化幅度不同和出现负阻的起始栅电压较低。

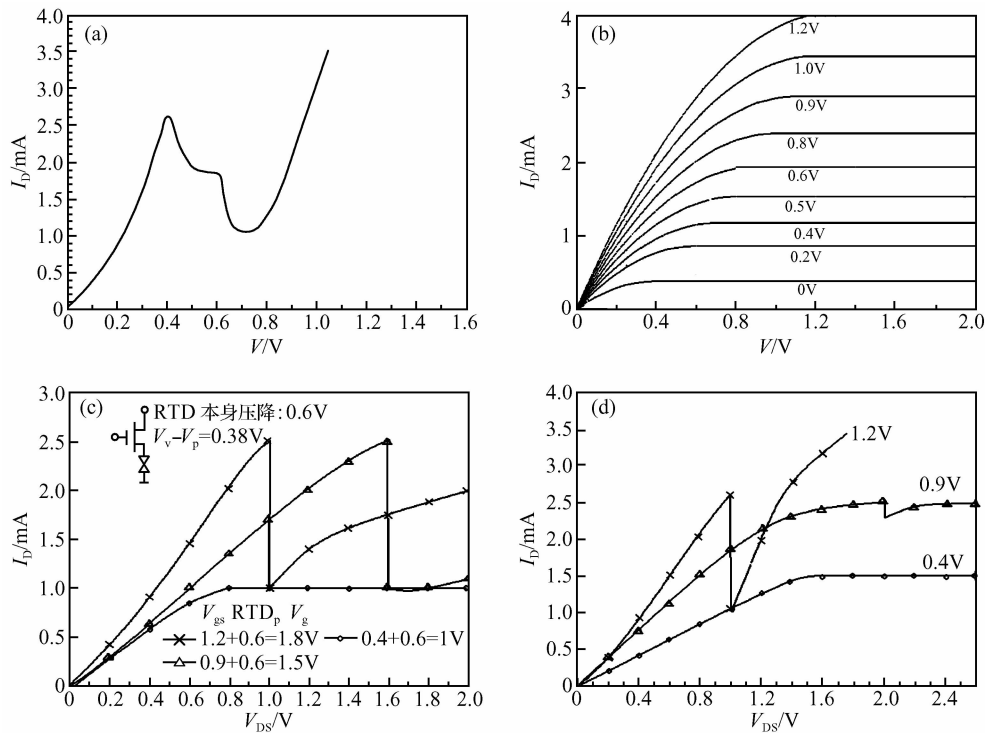


图 9 RTD/FET 串联 RTT 中两种不同接法的 $I-V$ 特性 (a)RTD 单管 $I-V$ 特性;(b)FET 单管 $I-V$ 特性;(c)RTD/FET 串联 RTT 中 RTD 接地时的 I_D-V_{DS} 特性;(d)RTD/FET 串联 RTT 中 FET 接地时 I_D-V_{DS} 特性

Fig. 9 Characteristics for two different circuit configurations of RTT formed by RTD/FET connected in series (a) $I-V$ characteristics of RTD only; (b) $I-V$ characteristics of FET only; (c) I_D-V_{DS} characteristics of RTT formed by RTD/FET connected in series as RTD connected with earth; (d) I_D-V_{DS} characteristics of RTT formed by RTD/FET connected in series as FET connected with earth

5.2 各种不同形状 RTT $I-V$ 特性的形成

图 10 给出一个 FET 的单管 I_D-V_{DS} 特性和三种不同的 RTD $I-V$ 特性。

图 11 给出的是由 RTT 反相器统一模型处理方法对图 10 中所示 FET 不同栅压下 I_D-V_{DS} 特性与各种不同 RTD 的 $I-V$ 特性相结合得出的 RTT 的

I_D-V_{DS} 特性,其中图 11(d)类似于图 1,图 11(c)类似于图 3,图 2 给出了一种较特殊的例子,其器件结构为图 7 或图 8(b'),由于该 RTD 的 $V_v - V_p$ 相当大,而且其中 HEMT 的线性区电压范围又过窄.当 $I_D > I_p$ 发生跳变时,HEMT 的 I_D-V_{DS} 向左方向移动 $V_v - V_p$ 后进入 HEMT 的截止区. HEMT 处于截止状态,反向电流很小,故 $I \approx 0$.

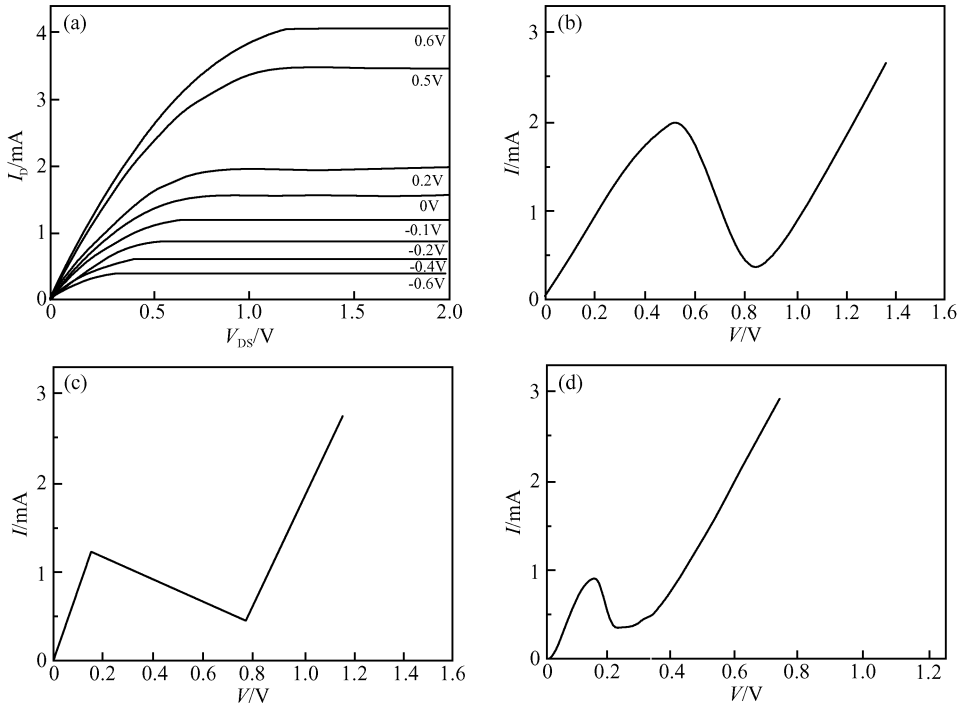


图 10 一个 FET 的 I_D - V_{DS} 特性和相应的三种 RTD I - V 特性 (a)FET 的 I_D - V_{DS} 特性;(b)1# RTD 的 I - V 特性;(c)2# RTD 的 I - V 特性;(d)3# RTD 的 I - V 特性

Fig.10 A group of FET I_D - V_{DS} characteristics (a) I_D - V_{DS} characteristics of FET;(b) I - V characteristics of 1# RTD;(c) I - V characteristics of 2# RTD;(d) I - V characteristics of 3# RTD

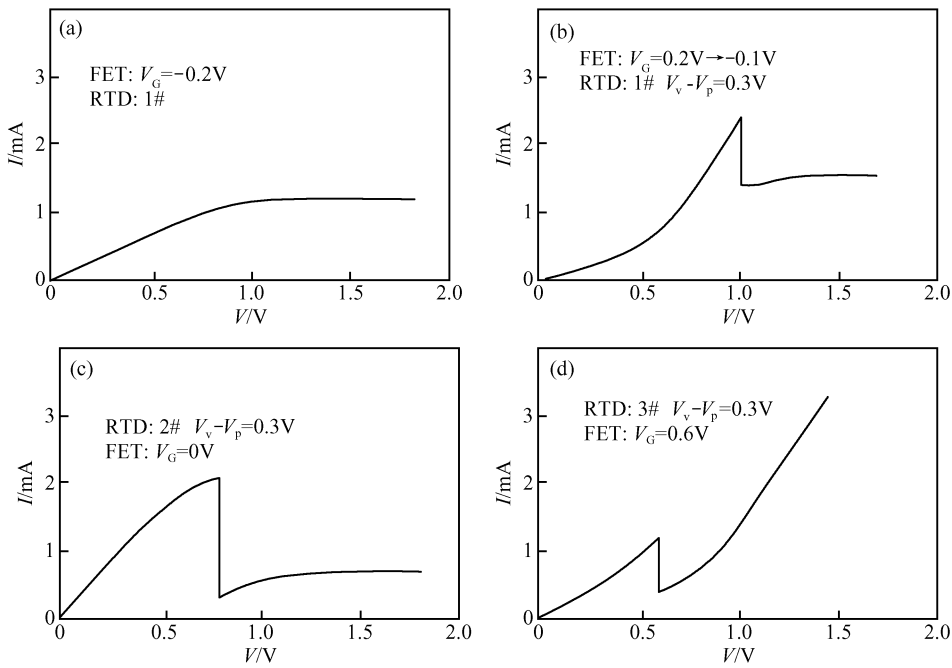


图 11 由图 10 所示的 FET 和 RTD 串联构成的 RTT I - V 特性是由反相器统一模型方法绘制的 (a)FET ($V_G = -0.2V$) + 1# RTD;(b)FET ($V_G = 0.2 \rightarrow -0.1V$) + 1# RTD($V_v - V_p = 0.3V$);(c)FET ($V_G = 0V$) + 2# RTD($V_v - V_p = 0.3V$);(d)FET ($V_G = 0.6V$) + 3# RTD

Fig. 11 RTT I - V characteristics composed of FET and RTD in series shown in Fig. 10 (a)FET ($V_G = -0.2V$) + 1# RTD;(b)FET ($V_G = 0.2 \rightarrow -0.1V$) + 1# RTD($V_v - V_p = 0.3V$);(c)FET ($V_G = 0V$) + 2# RTD($V_v - V_p = 0.3V$);(d)FET ($V_G = 0.6V$) + 3# RTD

6 RTT 反相器统一模型与实测结果的比较

以耗尽型硅 n-MOSFET 代替 HEMT, 与研制出的 RTD 相串联, 以 RTD 为驱动器件构成的反相器电路. 用 XJ4810 半导体图示仪测试出其 $I-V$ 特性, 如图 12(a) 所示. 由于 RTD 本身有电压降, 故 RTD 接地时, $V_G = 3V$ 才开始出现负阻特性, 与图 9(c) 相似, 三条 V_G 不同的负阻曲线在负阻区 I_D 下跳幅度都较大. 图 12(b) 示出 MOSFET 为驱动器件反相器 RTT I_D-V_{DS} 特性曲线, 可见: 开始有负阻特性对应的 V_G 较低, 与图 9(d) 相似, V_G 小时负阻区 I_D 下跳幅度较小, 而 V_G 大时负阻区 I_D 下跳幅度较大. 以上结果都说明了 RTT 反相器统一模型的正确性. 另外图 12(b) I_D-V_{DS} 特性形状与图 4 所示的 $I-V$ 特性非常相似, 即属于近“N”型负阻特性.

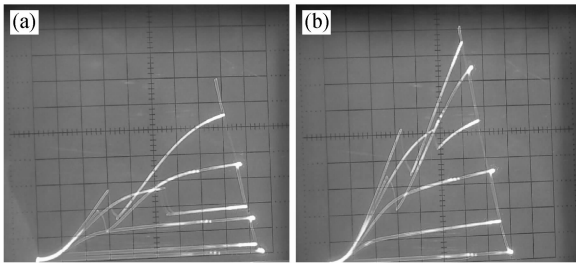


图 12 RTD/n-MOSFET 串联反相器的 I_D-V_{DS} 特性 (a) RTD 为驱动器件 ($x: 0.5V/\text{格}, y: 2\text{mA}/\text{格} 1V/\text{阶梯}$); (b) MOSFET 为驱动器件 ($x: 0.5V/\text{格}, y: 1\text{mA}/\text{格} 0.5V/\text{阶梯}$)
Fig. 12 I_D-V_{DS} characteristics of inverter composed of RTD/n-MOSFET in series (a) RTD as driver device ($x: 0.5V/\text{div}, y: 2\text{mA}/\text{div} 1V/\text{step}$); (b) MOSFET as driver device ($x: 0.5V/\text{div}, y: 1\text{mA}/\text{div} 0.5V/\text{step}$)

7 RTT 反相器统一模型与电路模拟结果比较

图 13 给出以 n-MOSFET 代替 HEMT 或 MESFET 和 RTD 串联构成反相器用 PSPICE 电路模拟软件进行电路模拟的结果. n-MOSFET 的器件模型取自软件本身的数据库, RTD 器件模型取自实测 RTD $I-V$ 特性列表输入法. 图 13(a) 为以 MOSFET 为驱动器件反相器电路模拟结果. 与图 9(d) 比较, 总的变化趋势是一致的, 即 V_G 小时负阻区 I_D 下降幅度较小, V_G 变大时突变点电压左移, 负阻区 I_D 下降幅度变大. 图 13(b) 为 RTD 作驱动器时 RTD/n-MOSFET 反相器电路模拟结果. 与图 9(c) 比较, 变化规律基本相同, 即负阻区 I_D 下降幅度与 V_G 没有明显的依赖关系.

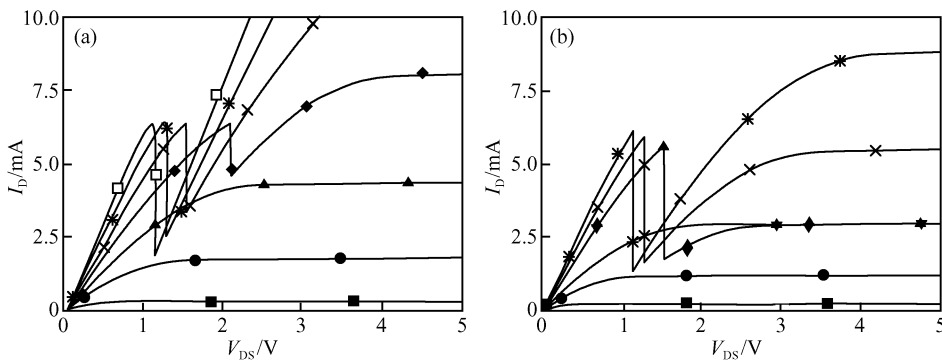


图 13 RTD/n-MOSFET 串联反相器电路模拟的 I_D-V_{DS} 特性 (a) MOSFET 为驱动器件; (b) RTD 为驱动器件
Fig. 13 I_D-V_{DS} characteristics of inverter composed of RTD/n-MOSFET in series by circuit simulation (a) MOSFET as driver device; (b) RTD as driver device

8 结论

本文通过对 RTT 几种主要器件结构的综合分析, 首次提出并建立了 RTT 的 RTD/FET(HBT) 串联反相器统一模型. 此模型覆盖了目前绝大部分 RTT 器件结构, 并对 RTT 各种 $I-V$ 特性作了统一

的解释和说明. 从此模型推导出的结果得到了模拟实验和电路模拟结果的证实. 本模型为设计和分析 RTT 器件提供了强有力的工具.

参考文献

[1] Maezawa K, Akeyoshi T, Mizutain T. Function and applica-

- tion of monostable-bistable transition logic elements (MOBILE's) having multiple-Input terminals. IEEE Trans Electron Devices, 1994, 41(2):148
- [2] Dellow M W, Beton P H, Henini M, et al. Gated resonant tunneling devices. Electron Lett, 1991, 27(2):134
- [3] Bonnefoi A R, McGill T C, Burham R D. Resonant tunneling transistor with controllable negative differential resistances. IEEE Electron Device Lett, 1985, 6(12):636
- [4] Seabaugh A C, Beam E A III, Taddiken A H, et al. Co-integration of resonant tunneling and double heterojunction bipolar transistor on InP. IEEE Electron Device Lett, 1993, 14(10):472
- [5] Moise T S, Seabaugh A C, Beam E A, et al. Room-temperature operation of a resonant-tunneling hot-electron transistor based integrated circuit. IEEE Electron Device Lett, 1993, 14(9):441
- [6] Chen K J, Maezawa K, Yamamoto M. Novel current-voltage characteristics in an InP-based resonant tunneling high electron mobility transistor. Appl Phys Lett, 1995, 67(24):3608
- [7] Lee C S, Hsu W C, Huang J C, et al. Monolithic AlAs-InGaAs-InGaP-GaAs HRT-FETs with PVCr of 960 at 300K. IEEE Electron Device Lett, 2005, 26(2):50

An Inverter Unified Model of RTT*

Guo Weilian^{1,2}, Niu Pingjuan¹, Miao Changyun¹, Yu Xin¹, Wang Wei^{1,†}, Liang Huilai², Zhang Shilin², Li Jianheng², Song Ruiliang², Hu Liuchang², Qi Haitao², and Mao Luhong²

(1 School of Information and Communication, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300106, China)

(2 School of Electronic Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: By analyzing resonant tunneling transistors (RTTs) synthesized with different device structures and treating RTTs with different device structures as inverter circuits, a unified inverter model for RTTs is established. In this model, the I - V characteristics of an RTT can be derived and analyzed with the same method used to analyze an inverter. The various I - V characteristics of RTTs with different device structures can then be explained with a unified inverter theory. The results derived by this model are in agreement with those of corresponding circuit simulations and experiments. This unified inverter model of RTTs is a powerful tool for the design and analysis of RTTs.

Key words: RTT; unified inverter model; device structure of RTT; I - V characteristics of RTT

EEACC: 2560J

Article ID: 0253-4177(2007)01-0084-08

* Project supported by the Foundation of Super High-Speed ASIC Key Laboratory (No. 51432010204Jw1401) and the National Natural Science Foundation of China (No. 605360300)

† Corresponding author. Email: wangweiww33@yahoo.com.cn

Received 12 June 2006, revised manuscript received 10 August 2006