

900MHz SiGe 异质结双极 晶体管的功率特性

张进书 金晓军 贾宏勇 陈培毅 钱佩信

(清华大学微电子学研究所 北京 100084)

罗台秦

(香港科技大学电机与电子工程系 香港)

杨增敏 黄 杰 梁春广

(电子部十三所 石家庄 050051)

摘要 本文对用准泡发射区基区工艺制备的 SiGe 异质结双极晶体管进行了微波功率性能的研究。SiGe HBT 在偏置电压 $V_{CE} = 4V$ 和偏置电流 $I_c = 300mA$ 时截止频率 $f_T = 7.5GHz$ 。在共射结构 C 类工作状态下, SiGe 异质结双极晶体管工作在 900MHz 时, 连续波输出功率为 5W, 集电极转化效率为 63%, 功率增益为 7.4dB。

EEACC: 2560J, 2530N, 1350F

1 引言

0.8GHz 至 0.9GHz 和 1.8GHz 至 1.9GHz 频带的无线通信的迅速发展, 加强了对低成本 RF 和高性能低功耗高集成的混合信号处理技术的要求。SiGe 异质结双极晶体管(HBT)被认为适合这一要求, 主要是由于 SiGe HBT 用已成熟的 Si 平面技术获得以前只能用昂贵的 GaAs 技术才能得到的高性能。目前对 SiGe HBT 的研究已有不少报道^[1~3], 主要是关于其特征频率和最高振荡频率等工作速度, 而有关其功率性能的报道较少^[4]。

本文对用准泡发射区基区工艺制备的 SiGe HBT 进行了功率性能的研究, 即输出功率, 集电极转化效率, 与输入功率的关系; 输出功率, 集电极转化效率与工作电压的关系。

张进书 博士, 主要从事 SiGe 材料及其 HBT 的研究
金晓军 博士后, 主要从事 SiGe 材料的研究
贾宏勇 博士, 主要从事 SiGe 材料及其器件的研究
1998-03-27 收到, 1998-05-29 定稿

2 实验结果及讨论

用准泡发射区基区工艺制备的适于微波功率应用的 SiGe HBT 的直流特性(集电极电流 I_c 小于 100mA)已在参考文献[5]报道 SiGe HBT 采用梳状结构,发射区面积为 $40\mu\text{m} \times 360\mu\text{m}$. SiGe HBT 的集电结击穿电压 BV_{CBO} 为 28V (在 $I_{CBO} = 0.5\text{mA}$ 时),发射结击穿电压 BV_{EBO} 为 5V (在 $I_{EBO} = 0.5\text{mA}$ 时). SiGe HBT 用金属陶瓷微带管壳封装,之后用晶体管特性图示仪测量大电流下 SiGe HBT 的特性 大电流下 SiGe HBT 的电流增益 β 与集电极电流 I_c 的关系示意图 1. 由图可见,当 $V_{CE} = 2.5\text{V}$, I_c 在 100mA 至 415mA 之间变化时,电流增益 β 近似不变,其值为 69. 这表明 SiGe HBT 具有较大的电流容量和良好的散热能力 S 参数测量表明, SiGe HBT 在偏置电压 $V_{CE} = 4\text{V}$ 和偏置电流 $I_c = 300\text{mA}$ 时截止频率 $f_T = 7.5\text{GHz}$; 而且 SiGe HBT 基区掺杂浓度为 $5 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. 这些都是在同样工艺条件下 Si 双极晶体管不能达到的性能

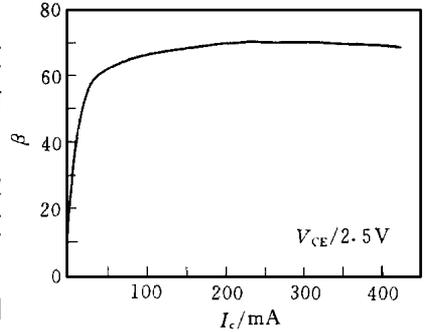


图 1 大电流下 SiGe HBT 的电流增益 β 与集电极电流 I_c 的关系

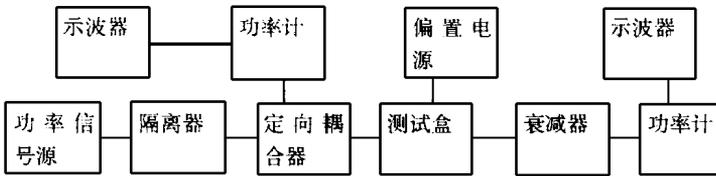


图 2 SiGe HBT 单级功率放大器的测试系统示意图

SiGe HBT 单级功率放大器的测试系统由功率信号源、隔离器、定向耦合器、测试盒、衰减器、功率计、示波器以及偏置电源组成,如图 2

测试盒是由微带线和微带电容组成的输入输出匹配

网络 图 3 为在共射结构 C 类工作状态(CE, class C)下, SiGe HBT 工作在 90MHz, 偏置电压 V_{CE} 分别为 8V, 15V 时, 输出功率, 集电极转化效率, 与输入功率的关系 偏置电压 V_{CE} 为 8V 时, 随着输入功率的增加(至 0.9W), 输出功率增加而趋于饱和, 集电极转化效率近似维持为 76%. 而偏置电压 V_{CE} 为 15V 时, 随着输入功率的增加(至 0.9W), 输出功率近似线性地增加, 即 SiGe HBT 仍然处于非饱和区, 集电极转化效率近似维持为 63%. 当 $V_{CE} = 15\text{V}$, 输入功率为 0.9W 时, 连续波输出功率为 5W, 集电极转化效率为 63%, 功率增益为 7.4dB.

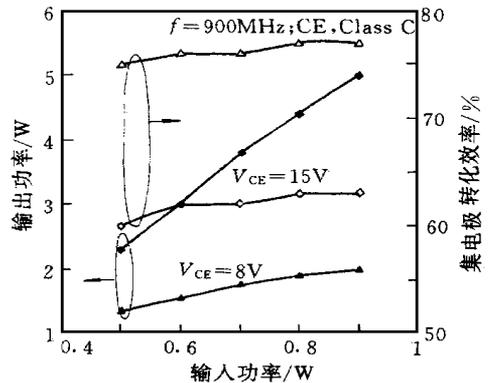


图 3 在共射结构 C 类工作状态下 SiGe HBT 的偏置电压 V_{CE} 分别为 8V、15V 时, 输出功率、集电极转化效率与输入功率的关系

在共射结构 C 类工作状态下, SiGe HBT 单级功率放大器的输出功率, 集电极转化效率与工作电压 V_{CE} 的关系示意图 4 当工作频率为 90MHz, 输入功率为 0.9W 时, 随着偏置电压

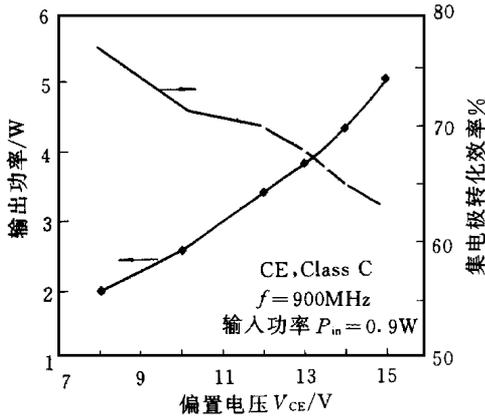


图 4 共射结构 C 类工作 SiGe HBT 的输出功率、集电极转化效率与偏置电压 V_{CE} 的关系

的 SiGe HBT.

V_{CE} 的提高 (由 8V 变为 15V), 输出功率近似线性地增大至 5W 而集电极转化效率由 77% 逐渐降低为 63%. 当然, V_{CE} 的取值范围取决于 SiGe HBT 的击穿电压, 因此 SiGe HBT 能够满足于微波功率放大器的要求. 有关 SiGe HBT 在更高频率下的功率性能正在研究中.

3 结论

我们对 SiGe HBT 的微波频带的功率性能进行了研究, 获得了在共射结构 C 类工作状态下, 工作频率为 90MHz 时, 连续波输出功率为 5W, 集电极转化效率为 63%, 功率增益为 7.4dB

参 考 文 献

- [1] A. Schuppen, U. Erben, A. Gruhle *et al*, International Electron Device Meeting Dig., 1995, p743
- [2] F. Sato, T. Tatsumi, T. Hashimoto *et al*, IEEE Trans. Electron Devices, 1994, **ED-41**(2): 1373
- [3] Katsuya Oda, Eiji Ohue, Masamichi Tanabe *et al*, International Electron Device Meeting Dig., 1997, p. 791
- [4] D. R. Greenberg, M. Rivier, P. Girard *et al*, International Electron Device Meeting Dig., 1997, p. 799
- [5] 张进书, 钱伟, 陈培毅, 等, 半导体学报, 待发表

Power Characteristics of SiGe Heterojunction Bipolar Transistor at 90MHz

Zhang Jinshu, Jin Xiaojun, Jia Hongyong, Chen Peiyi, T sien Pei-H sin

(Institute of Microelectronics, Tsinghua University, Beijing 100084)

Lo Tai-Chin

(Department of Electrical and Electronic Engineering, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong)

Yang Zengmin, Huang Jie, Liang Chunguang

(13th Institute, Ministry of Electronic Industry, Shijiazhuang 050051)

Received 27 March 1998, revised manuscript received 29 May 1998

Abstract The microwave power performance of the SiGe heterojunction bipolar transistor fabricated by quasi-washed-emitter-base process, is investigated. The cutoff frequency of the SiGe HBT is 7.5GHz at collector-emitter voltage V_{CE} of 4V and collector current I_c of 300mA. In common emitter configuration and class C operation, the SiGe heterojunction bipolar transistor with continuous wave output power of 5W and collector conversion efficiency of 63% and power gain of 7.4dB is obtained at frequency of 90MHz.

EEACC: 2560J, 2530N, 1350F