

准泡发射区基区 SiGe 异质结双极晶体管

张进书 钱 伟 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)

王于辉 孙同乐 王庆海 高 颖 梁春广

(电子部十三所 石家庄 050015)

冯明宪 林其渊

(台湾交通大学毫微米元件实验室 台湾)

摘要 本文报道一种新开发的与 Si 平面工艺兼容的准泡发射区基区工艺, 以及由此工艺制备的适于大功率微波应用的 SiGe 异质结双极晶体管 (HBT). SiGe HBT 的电流增益为 50, BV_{CB0} 为 28V, BV_{EB0} 为 5V. 在 900MHz 共射 C 类工作状态下, 连续波输出功率 5W, 集电极转化效率 63%, 功率增益 7.4 dB.

EEACC: 2560J

1 引言

随着 SiGe 外延技术的不断发展^[1,2], SiGe 异质结双极晶体管 (HBT) 的性能日益提高. 德国的 A. Schuppen 等人, 于 1994 年 IEDM 上报了最高振荡频率为 120 GHz 的 SiGe HBT^[3], 其 HBT 结构为台面结构, 发射区由 10 个发射极条构成, 每条发射极为 $1\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$, 随后于 1995 年 IEDM 上发表最高振荡频率为 160GHz 的 SiGe HBT^[4], 发射区由 2 个发射极条构成, 每条发射极为 $0.8\mu\text{m} \times 8\mu\text{m}$. BM 公司的 D. L. Harnome 等人于 1995 年 IEDM 上报了最高振荡频率大于 60GHz, 特征频率为 45~ 50GHz 的 SiGe HBT^[5], 其结构为平面结构, 并采用多晶发射极, 其管芯面积为 $0.5\mu\text{m} \times 2.5\mu\text{m}$.

本文报道一种新开发的与 Si 平面工艺兼容的准泡发射区基区工艺, 以及由此工艺制备的适于大功率微波应用的 SiGe HBT.

2 准泡发射区基区工艺

图 1 为由此工艺制备的 SiGe HBT 的横截面结构示意图. 在 SiGe HBT 各层 (集电区, 基区, 发射区) 外延生长完成后, 按照如下工艺 (称之为准泡发射区基区工艺) 制备 SiGe HBT.

1) 干法刻蚀形成浅隔离槽, 实现各管芯的隔离. 之后淀积 $0.5\mu\text{m}$ 的低温 SiO_2 ;

2) 光刻 E, B 区接触孔, 并用干法刻蚀低温 SiO₂;

3) 用光刻胶掩蔽 E 区接触孔, 注入 B⁺ 和 BF₂⁺ 形成 p⁺, 一方面与 SiGe 基区相连, 另一方面形成欧姆接触所需的高掺杂区;

4) 用光刻胶掩蔽 B 区接触孔, 注入 As⁺ 形成欧姆接触所需的 n⁺ 高掺杂发射区;

5) 低温淀积 0.2 ~ 0.3 μm SiO₂, 在 850 °C、15s 快速退火后干法刻蚀低温 SiO₂, 在 E, B 孔边缘形成 SiO₂ 侧墙, 以防止金属化时 B 孔处 EB 结穿通;

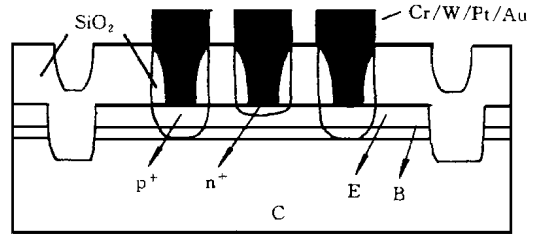


图 1 SiGe HBT 的横截面结构示意图

E: n-Si, 200nm, 2 × 10¹⁸ cm⁻³;

B: i/p⁺/i SiGe, 10/50/10nm, 5 × 10¹⁸ cm⁻³;

C: n-Si, 1.5 μm, 1 × 10¹⁷ cm⁻³.

6) 溅射 Pt, 合金形成 PtSi₂, 然后用王水去除未反应的 Pt;

7) 溅射 Cr/W/Pt/Au, 涂胶后做 EB 金属条光刻, 之后带胶镀 Au;

8) 去胶后, 用干法反刻 Au/Pt, 用湿法腐蚀 W/Cr, 完成器件的制备。

3 实验结果

图 2 为制备的适于大功率微波应用的 SiGe HBT 的扫描电镜照片。发射极为梳状结构, 由 60 个条栅组成

SiGe HBT 的直流特性用 HP4155 半导体参数测试仪测得 SiGe HBT 的输出特性示于图 3, 电流增益为 50。图 4 为在集电结外加偏置电压 V_{CB} = 0V 时 SiGe HBT 的电流增益 β 随集电极电流 I_c 的变化。从发射结集电结的 I-V 测量得到, 发射结击穿电压 BV_{EBO} 为 5V (I_{ebo} = 0.5mA), 集电结的击穿电压 BV_{CBO}

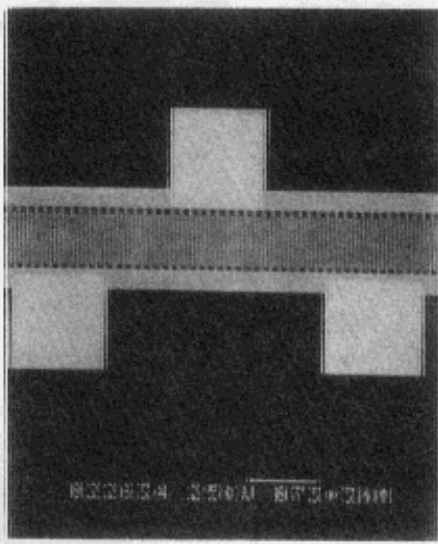


图 2 制备的适于大功率微波应用的 SiGe HBT 的扫描电镜照片
标尺为 73 × 10³nm.

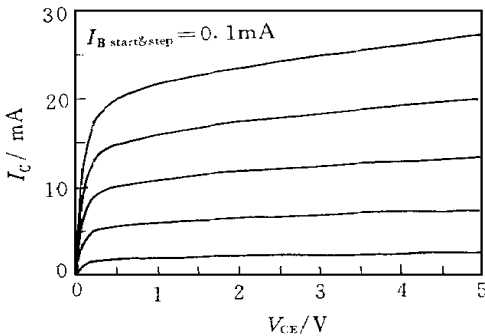


图 3 SiGe HBT 的输出特性

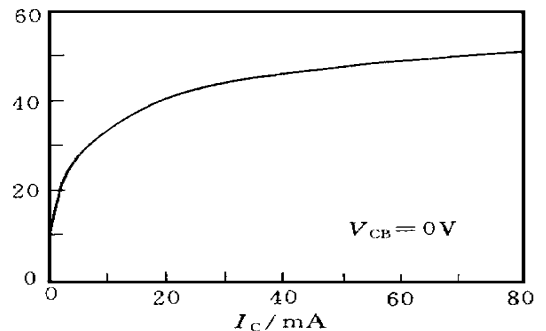


图 4 在集电结外加偏置电压 V_{CB} = 0V 时 SiGe HBT 的电流增益 β 随集电极电流 I_c 的变化

($I_{\text{cbo}} = 0.5\text{mA}$) 为 28V. 微波测量表明, 在 900MHz 共射 C 类工作状态下, SiGe HBT 的连续波输出功率 5W, 集电极转化效率 63%, 功率增益 7.4 dB. 详细的微波性能有待发表

4 结论

我们研制了一种与 Si 平面工艺兼容的准泡发射区基区工艺, 以及由此工艺制备了适于大功率微波应用的 SiGe 异质结双极晶体管 (HBT). SiGe HBT 的电流增益为 50, BV_{CBO} 为 28V, BV_{EBO} 为 5V. 在 900MHz 共射 C 类工作状态下, 连续波输出功率 5W, 集电极转化效率 63%, 功率增益 7.4 dB.

参 考 文 献

- [1] L. P. Chen, G. W. Huang and C. Y. Chang, Appl Phys Lett, 1996, **68**: 1498
- [2] G. L. Patton, D. L. Harame, J. M. C. Stork *et al*, IEEE Electron Device Lett, 1989, **EDL-10**: 534
- [3] A. Schuppen, A. Gruhle, U. Erben *et al*, 1994 IEDM Dig., p377.
- [4] A. Schuppen, U. Erben, A. Gruhle *et al*, 1995 IEDM Dig., p743
- [5] D. Harame, L. Larson, M. Case *et al*, 1995 IEDM Dig., p731.

Quasi-Washed-Emitter-Base SiGe Heterojunction Bipolar Transistor

Zhang Jinshu, Qian Wei, Chen Peiyi, Tsien Pei-hsin

(*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*)

Wang Yuhui, Sun Tongle, Wang Qinghai, Gao Ying, Liang Chunguang

(*13th Institute, Ministry of Electronic Industry, Shijiazhuang 050015*)

Feng Mingxian, Lin Qiyan

(*Nanometer Device Lab, Taiwan Jiao Tong University, Taiwan*)

Received 2 March 1998, revised manuscript received 10 April 1998

Abstract A quasi-washed-emitter-base process compatible with Si process is developed, and the SiGe heterojunction bipolar transistor suitable for microwave power application is fabricated. The current gain of the SiGe HBT is about 50, the breakdown voltages of the collector junction and emitter junction are about 28V and 5V, respectively. In common emitter configuration and class C operation, the SiGe HBT with the continuous wave output power of 5W and collector conversion efficiency of 63% and power gain of 7.4dB was obtained at frequency of 900MHz.