

## 旁栅电压下 MESFET 沟道电流的低频振荡\*

丁 勇<sup>1</sup> 赵福川<sup>2</sup> 毛友德<sup>1</sup> 夏冠群<sup>2</sup> 赵建龙<sup>2</sup>

(1 合肥工业大学应用物理系, 合肥 230009)

(2 中国科学院上海冶金研究所, 上海 200050)

**摘要:** 通过测试不同旁栅电压条件下的 MESFET 沟道电流的低频振荡现象, 发现旁栅偏压无论朝正向还是负向变化都存在一个阈值可消除此低频振荡. 并从理论上探讨了出现这种现象的原因, 初步认为这与沟道-衬底(C-S)结的特性和高场下衬底深能级 EL<sub>2</sub>的碰撞电离有关.

**关键词:** 低频振荡; 沟道-衬底结; EL<sub>2</sub>碰撞电离

**EEACC:** 1230; 2530N; 2420D

**中图分类号:** TN304.2<sup>+</sup>3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4177(2000)12-1228-03

## Low-Frequency Oscillation of MESFET Channel Current Under Sidegating Bias\*

DING Yong<sup>1</sup>, ZHAO Fu-chuan<sup>2</sup>, MAO You-de<sup>1</sup>, XIA Guan-qun<sup>2</sup> and ZHAO Jian-long<sup>2</sup>

(1 Department of Applied Physics, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

(2 Shanghai Institute of Metallurgy, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China)

Received 25 June 1999, revised manuscript received 18 October 1999

**Abstract:** The low-frequency oscillation of channel current by testing the MESFET output characteristic in different sidegating bias conditions is presented. It is found that whether the sidegating bias changes positively or negatively, there is always a threshold voltage to eliminate the oscillation. The phenomenon is related to the Channel-Substrate (C-S) junction properties and the impact ionization of traps-EL<sub>2</sub> in high fields.

**Key words:** low-frequency oscillation; channel-substrate (C-S) junction; ionization of traps-EL<sub>2</sub>

**EEACC:** 1230; 2530N; 2420D

**Article ID:** 0253-4177(2000)12-1228-03

\* 国家自然科学基金资助项目(69676003)[Project Supported by National Natural Science Foundation of China Under Grant No. 69676003].

丁 勇 男, 1974年出生, 硕士生在读, 从事集成电路设计.

毛友德 男, 1939年出生, 教授, 从事半导体器件及电路方面的科研与教学工作.  
1999-06-25收到, 1999-10-18定稿

## 1 引言

在测试 MESFET 输出特性时经常发现沟道电流的低频振荡现象<sup>[1-4]</sup>. 对其产生的机理已进行了许多研究. 早期工作认为低频振荡与电子隧穿栅下耗尽区时被陷阱俘获并再发射的过程有关<sup>[5]</sup>. 后来发现在栅正偏时, GaAs MESFET 的沟道电流也有低频振荡现象, 与该机理不一致<sup>[1]</sup>. Miller 等人进一步发现在存在旁栅的条件下, 沟道电流的低频振荡与半绝缘衬底的漏电流有关<sup>[6]</sup>. 而 Wager 等发现在不加旁栅电压时, MESFET 的沟道电流仍有低频振荡现象, 旁栅漏电流的低频振荡只有在漏上有偏置电压时才出现, 因此沟道电流的低频振荡现象不能简单地归因于衬底的漏电流振荡, 认为 MESFET 的沟道电流的低频振荡机制与沟道-衬底(C-S)结的特性有关<sup>[7]</sup>. 本文研究了在不同旁栅偏压  $V_{sc}$  条件下 MESFET 沟道电流的低频振荡现象, 并且发现旁栅偏压无论朝正向还是朝负向变化都存在一个阈值, 只要旁栅偏压超过这个阈值, 沟道电流的低频振荡就会消失.

## 2 实验

用于研究旁栅效应的样品材料是信息产业部电子46所提供的 LEC 非掺杂 Si-GaAs, 采用平面选择注入隔离工艺制作 MESFET 及旁栅电极. Si 注入条件为:  $6 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ , 60keV, 形成 n 层;  $1.5 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ , 30keV, 形成  $n^+$  层. 注入隔离 B:  $8 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ , 80keV, 并进行 940°C 快速退火处理. MESFET 栅长为  $2 \mu\text{m}$ , 栅宽为  $10 \mu\text{m}$ , 漏源间距为  $6 \mu\text{m}$ , 旁栅尺寸为  $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ , 旁栅电极与 MESFET 之间的距离为  $20 \mu\text{m}$ , 压焊电极大小为  $80 \mu\text{m} \times 80 \mu\text{m}$ . 本实验采用源(S)接地, 源漏电压( $V_{ds}$ )的变化范围为 0 到 4V, 栅压( $V_{gs}$ )的变化范围为 0 到 -3V, 步长为 -0.5V, 旁栅(SG)与源(S)间分别施加不同负电压( $V_{sc}$ ). 输出特性是在室温下用 Karl-suss 测试探针台和 HP4145B 半导体测试仪进行扫描测试的.

## 3 结果及讨论

我们分别在旁栅压  $V_{sc} = 0, 0.5, 6, 7, 8, -1$  和  $-5\text{V}$  的条件下测量了 MESFET 的输出特性, 结果如图 1 所示. 已测得 MESFET 的旁栅阈值电压  $V_{sc}^* = -3.8\text{V}$ , 从图可以发现:

- 1) 当旁栅压  $V_{sc} = 0\text{V}$  时, 沟道电流在漏电压超过膝点电压时出现低频振荡. 这与早期的报道一致<sup>[7]</sup>.
- 2) 当  $V_{sc} = 5\text{V}$  时, 虽然沟道电流仍有振荡, 但频率有所降低.
- 3) 当  $V_{sc} > 8\text{V}$  时, 振荡全部消失.
- 4) 当  $V_{sc} > -1\text{V}$  时, 沟道电流低频振荡的频率相对于  $V_{sc} = 0\text{V}$  时有所降低.
- 5) 当  $V_{sc} < -3.8\text{V}$  后, 低频振荡全部消失. 最令我们感兴趣的是  $V_{sc}$  无论朝正向或负向变化都存在一个阈值, 只要超过这个阈值, 沟道电流的低频振荡就消失, 并且朝负向变化的阈值为旁栅阈值电压. 据我们所知, 这个现象目前没有人报道过.

关于这一现象产生的原因, 我们认为沟道电流的振荡与 C-S 结有关. 我们研制的 MESFET 中, 部分漏连线与衬底直接接触, 虽然经过了合金化, 但该接触仍然具有 Schottky 特性. 由于漏正偏所以导致空穴从该结注入到衬底, 这些空穴部分被 C-S 结衬底侧耗尽区中的  $\text{EL}_2$  所俘获, 导致衬底侧耗尽区的负电荷总量减少, 沟道展宽, 引起沟道电流增加. 但当施加正的旁栅偏压且超过一定的正值时, 将使漏连线与衬底形成的 Schottky 结由正偏变为负偏, 结果导致空穴不能注入, 致使它对 C-S 结的调制作用消失, 沟道电流的低频振荡也随之消失; 另一方面, 当旁栅偏压为负且大小超过旁栅阈值时, 因为旁栅到 MESFET 的距离为微米级, 所以衬底处于强场作用下, 电场强度可达  $10\text{KV}/\text{cm}$ , 这时自由电子可能获得足够的能量激发处于深能级  $\text{EL}_2$  的局域态电子, 使其跃迁到导带成为自由电子, 发生碰撞电离, 导致 FET 与旁栅之间的衬底电子浓度大增, 使从漏连线注入到衬底的空穴立刻被自由电子复合掉, 因此沟道电流的振荡消失.

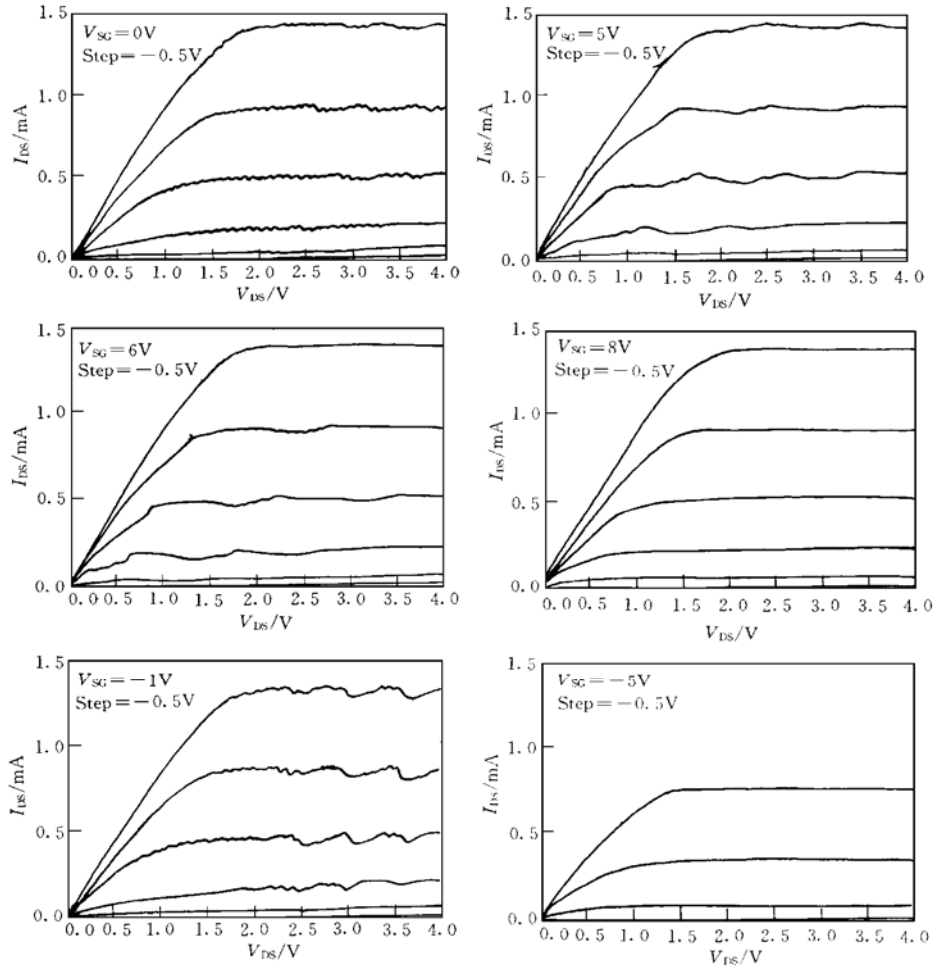


图1 MESFET 沟道电流的低频振荡与旁栅电压的关系

FIG. 1 Low-Frequency Oscillation of Channel Current vs Sidegate Voltage for MESFET

#### 4 结论

本文通过测试不同旁栅电压条件下的 MESFET 输出特性研究了沟道电流的低频振荡现象,发现  $V_{SG}$  无论朝正向或负向变化都存在一个阈值,只要超过这个阈值,沟道电流的低频振荡就消失.并从理论上初步探讨了出现这种现象的原因,认为这与沟道-衬底(C-S)结的特性和高场下衬底的深能级 EL<sub>2</sub>碰撞电离有关.但以上的讨论比较粗糙,还有待于进一步的深入研究和计算机模拟验证.

#### 参 考 文 献

- [1] S. Markarm-Ebeid *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, 1985, **32**: 632.
- [2] D. Miller *et al.*, in Proc. GaAs IC Symp., 1985: 31—34.
- [3] H. Goronkin *et al.*, in IEDM Tech. Dig., 1984: 182—185.
- [4] M. B. Das *et al.*, Electron. Lett., 1982, **18**: 207.
- [5] H. K. Sacks *et al.*, Int. J. Electron., 1970, **28**: 565.
- [6] D. Miller *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, 1987, **34**: 1239.
- [7] J. F. Wager *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, 1987, **34**: 1001.