

InP 上等离子增强化学汽相淀积 SiO_2 膜及其 MIS 结构 $C-V$ 特性研究

江若璠 徐俊明 刘青淮 王 凯 郑有炆

(南京大学物理系)

1984年9月17日收到

本文研究了利用正硅酸乙酯在 InP 上等离子增强化学汽相淀积 SiO_2 膜的方法. 研究了 InP 表面处理对 SiO_2 -InP 界面的影响. 测量分析了 SiO_2 膜的性质, InP-MIS 结构的 $C-V$ 特性及其滞后、频散效应. 结果指出,用这种方法可获得性能较好的 SiO_2 膜和 SiO_2 -InP 界面.

一、引言

InP 具有优异的电学性能,是发展高速集成电路和微波器件很有前途的化合物半导体材料. 近年来探索和发展 InP 的 MIS 器件在国际上受到重视,研究了在 InP 上生长介质膜的各种方法,探讨了 InP-MIS 结构的化学组分、电学性能及其不稳定的因素^[1,2]. 但至今还未能很好地解决其 $C-V$ 曲线的滞后、频散等现象所反映出的电学性能不稳定问题.

本文研究了以正硅酸乙酯 (TEOS) 为源,用等离子增强化学汽相淀积 (简称 PECVD) 技术在 InP 上淀积 SiO_2 介质膜的方法,比较了淀积前 InP 表面三种不同的处理对 SiO_2 -InP 界面性质的影响,测量分析了 SiO_2 膜的性质及 SiO_2 -InP 界面特性.

二、InP 上 SiO_2 膜的淀积及其性质

实验采用掺 Zn、空穴浓度为 $4 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 、 $\langle 100 \rangle$ 晶向的 P 型 InP 为衬底,在自行设计的卧式热壁 PECVD 装置中 (见图 1),以 TEOS 为源,通入氧气,在辉光放电的等离子区域中淀积 SiO_2 膜,然后在氩气中退火. 在实验中发现 InP 上淀积的 SiO_2 膜质量与淀积条件密切相关. 经过反复摸索,得到较好的淀积条件 (表 1).

许多人认为^[3-5],影响 InP-MIS 器件电学性能不稳定的主要因素是 SiO_2 -InP 界面过

表 1

射频频率及功率	淀积温度	TEOS 温度	氧气流量	淀积速率	反应真空度
7.45MHz, 22W	300℃	20℃	10ml/min	400 Å/min	0.7 托

渡层的界面陷阱态,它与界面的化学物理结构有关。因此,在淀积之前对 InP 表面存在的天然氧化薄层进行适当的腐蚀处理是改善界面状况的重要一环。我们试验了三种不同的表面处理方法:等离子氢腐蚀;等离子氧化;HF 腐蚀。

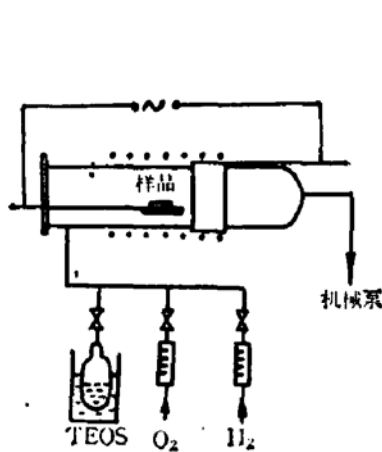


图1 PECVD SiO_2 膜装置示意图

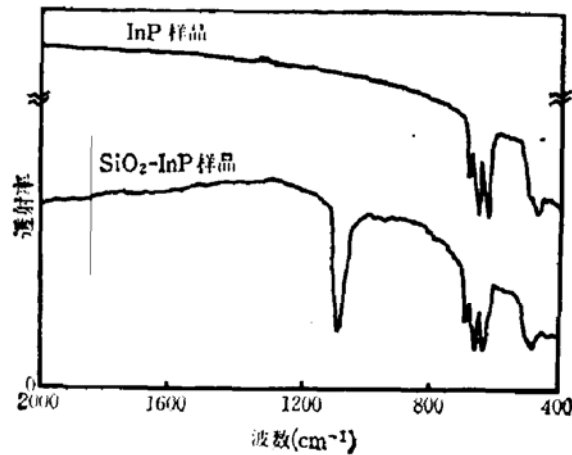


图2 InP 及 SiO_2 -InP 样品的红外光谱图

我们用红外吸收光谱、俄歇电子能谱 (AES) 和 X 光电子能谱 (XPS) 对 InP 上淀积的介质膜进行了分析,结果表明,所淀积的介质膜为 SiO_2 膜。图2是红外光谱图。

我们还测量了 SiO_2 淀积膜的性质参数(见表2)。

表 2

折 射 率	介电常数	电 阻 率	击穿场强	腐蚀速率 ($\text{HF}:\text{H}_2\text{O} = 1:10$)
1.46	5.1	$2 \times 10^{13} \Omega \text{cm}$	$\geq 2 \times 10^4 \text{V/cm}$	$40 \text{ \AA/s}$

表2数据表明,所淀积的 SiO_2 介质膜的质量是较好的。

三、InP-MIS 结构的 C-V 特性

1. 典型的 C-V 曲线

为研究 InP- SiO_2 界面电学性能,在淀积膜的正面蒸上面积为 $2.46 \times 10^{-3} \text{cm}^2$ 的 Al 电极, InP 背面蒸上 Ti-Au 形成欧姆接触,制成 Al- SiO_2 -InP 的 MIS 样品。(按前面所提 InP 表面三种处理的顺序称为 1[#]、2[#]、3[#] 样品) 图3是三种样品的典型 C-V 曲线。理论上计算的 1[#]、2[#]、3[#] 样品的最小电容分别为 34.2、30.8、44.3 pF, 与实测值基本相符,这表明没有出现表面态对费米能级的钉扎,从图中可以看到三种样品均能实现表面积累、耗尽和反型。三种样品的耐压特性均良好,一般为 -8—+40V 之间。平带电压较低,一般为 -0.02—+4.5V 之间。

比较三种样品的 C-V 曲线得出: 用 HF 腐蚀 InP 表面的 3[#] 样品的 C-V 曲线反型区域较平缓,平带电压最低,基本上消除了 C-V 曲线的滞后现象,获得了电学性能较好的 SiO_2 -InP 界面。

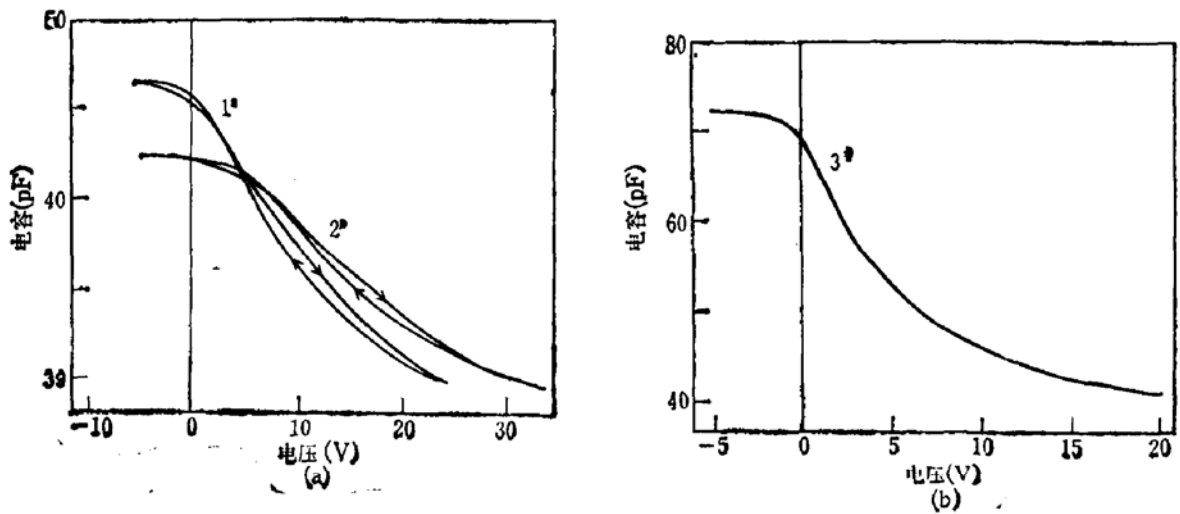


图3 三种样品的典型 $C-V$ 曲线
 $1^*: d = 2000 \text{ \AA}$ $2^*: d = 2800 \text{ \AA}$ $3^*: d = 1760 \text{ \AA}$

2. $C-V$ 特性的滞后现象

目前 InP-MIS 结构的 $C-V$ 曲线滞后现象还很难消除^[5]。我们用 0.1V/秒、0.5V/秒、1V/秒、4V/秒四种不同的扫描速率对三种样品进行了 $C-V$ 滞后特性测试,发现1*、2*样品的滞后特性很相近,滞后量的大小约为 0.5—1V, 随扫描速率变化不大,而3*样品没有观察到明显的滞后现象。这结果表明 $C-V$ 曲线的滞后情况与 InP 表面处理有关。

为了进一步弄清楚 InP 表面处理对界面结构的影响,对三种样品进行了界面过渡层 AES 谱和 XPS 谱的联合测量,结果表明,过渡区主要化学组态是 InPO_4 和 P-O-Si 键,并且3*样品界面过渡区最窄。这和3*样品滞后现象基本消除的结果是一致的。

3. $C-V$ 特性的频散效应

InP-MIS 结构的 $C-V$ 曲线电容值往往随测试频率而变化,特别是积累区变化尤为明显,这种频散现象对 InP-MIS 器件的实际应用及 MIS 界面特性研究带来一定的困难。我们用 CD6 型导纳电桥逐点法测量了3*样品的变频 $C-V$ 特性。频率范围为 10—1700kHz, 见图4。由图可见测试频率越低,电容值越大;积累区频散较大,耗尽区减小,反型区基本消失。频散的这种变化趋势与国外报道的一致^[1]。但比较起来,我们样品的频散程度较小。

频散效应的详细机制至今尚不很清楚。为弄清其机理,我们测量了用同样生长方法制成的 Al-SiO₂-Al 结构的电容频率特性,发现在所测频率范围内 ϵ_{SiO_2} 不变。这表明在测量频率范围内 $C-V$ 频散主要是由界面态电容引起的。在积累区、耗尽区、反型区的频散程度逐渐

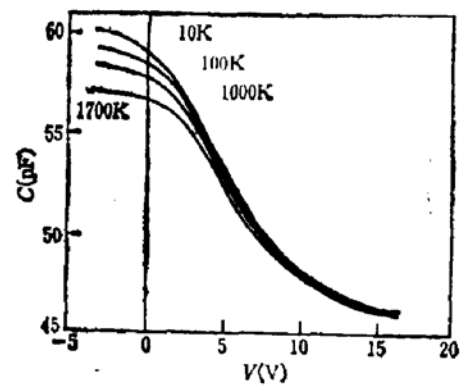


图4 变频 $C-V$ 特性

减小,表明界面态密度由价带顶指向禁带中央逐渐减小。这与我们用 DLTS 方法测量样品的界面态密度能量分布是一致的。因此,消除频散效应关键在于降低 SiO_2 -InP 界面的界面态密度。

综上所述,我们认为:采用以 TEOS 为源的 PECVD 技术是能够在 InP 基片上淀积出性能良好的 SiO_2 介质膜的。用简便的 HF 化学腐蚀 InP 表面可改善 SiO_2 -InP 界面性质,得到 C - V 特性滞后基本消除、频散较小的 InP-MIS 结构,为进一步发展 InP-MIS 器件打下了良好基础。

在样品的制备过程中得到北京半导体所叶式中,1425 所桂德成,高维中等同志的协助,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] H. Hasegawa and T. Sawada, *Thin Solid Films*, **103**, 119 (1983).
- [2] U. Mackens and U. Merkt, *Thin Solid Films*, **97**, 53 (1982).
- [3] J. F. Wager, K. M. Geib, C. W. Wilmsen and L. L. Kazmerski, *J. Vac. Sci. Technol.*, **B1**, 778 (1983).
- [4] D. C. Cameron, L. D. Irving, C. R. Whitchose, J. Woodward, G. T. Brown and B. Cockayne, *Thin Solid Films*, **103**, 61 (1983).
- [5] D. L. Lile and M. J. Taylor, *J. Appl. Phys.*, **54**, 260 (1983).

Plasma-Enhanced CVD SiO_2 Films on InP and Study of C - V Characteristics in InP-MIS Structures

Jiang Ruolian, Xu Junming, Liu Qinghuai, Wang Kai and Zheng Youdou
(Department of Physics, Nanjing University)

Abstract

The method for PECVD SiO_2 films on InP by TEOS (Tetraethoxy-silane) has been investigated. The influence of InP surface treatment on the properties of SiO_2 -InP interface has also been investigated. The properties of SiO_2 films, C - V characteristics in InP-MIS structure, as well as its hysteresis and capacity variation with measuring frequency have been measured and analysed. The results show that by use of this method better SiO_2 films and SiO_2 -InP interfaces can be obtained.