

InP 衬底表面的 H_2/N_2 等离子体清洁技术

谭满清 茅冬生

(中国科学院半导体研究所 光电子器件国家工程研究中心 北京 100083)

摘要 本文介绍了用电子回旋共振(ECR) H_2/N_2 等离子体去除 InP 衬底表面的氧、碳原子的方法,并保持了 InP 衬底表面原有的有序结构,给出了这种处理方法的工艺条件,对这种方法的优越性进行了系统的分析和讨论,得出了一些有价值的结论

PACC: 0750, 0755, 8640K, 7220, 7280E

1 引言

置于空气中的 InP 及由 InP 为衬底的各种半导体器件表面容易被氧化,也易被碳等粘污^[1~4]。这些粘污破坏了器件和衬底的表面结构,严重影响器件的许多特性,诸如降低器件的使用寿命,增加器件的漏电流,减少各种介质膜在 InP 衬底表面淀积时的附着力等等。为此,在 InP 等衬底表面淀积绝缘膜、扩散掩蔽膜、介质光学膜等介质膜之前,必须进行 InP 衬底表面的去碳、氧等的清洁处理。通常的化学腐蚀、清洗液处理法不可能达到 InP 衬底表面的去除碳、氧等原子的目的,比较有效的方法是在真空室中的等离子体处理技术。有文献报道:对半导体 Si 衬底表面去氧采用原子氢和 SiH_2 技术^[3],而 GaAs 表面去氧采用电子回旋共振氢的等离子体技术^[2,4],文献结果表明它们的去氧效果较好。

下面介绍用电子回旋共振(ECR) H_2 和 N_2 的等离子体技术实现 InP 衬底表面去氧和碳的处理。Auger 分析测量的结果表明,这种去 InP 衬底表面的氧和碳的效果是很好的。

2 实验

本实验是在电子回旋共振等离子体化学气相沉积(ECR Plasma CVD)设备上实现的,它的工作原理在许多文献中都有报道^[1,5]。

实验方案是:用 HF 酸等化学腐蚀液预处理 InP 衬底表面,去除表面的油性物质和大部分表面的机械磨损,然后,将 InP 衬底置于设备的淀积室中,用电子回旋共振 H_2/N_2 混合气体的等离子体进行 InP 衬底表面的去氧和碳的处理。为便于用 Auger 分析仪检测实验的效果,最后用 ECR Plasma CVD 法在经处理后的 InP 衬底表面上淀积 10~30nm 厚的 SiN_x 介质膜,整个过程是在真空室中进行的。

InP 衬底表面的去氧和碳处理的电子回旋共振 H_2/N_2 气体的等离子体工艺条件为: H_2

谭满清 男,1967 年出生,博士后,光学薄膜和光电子器件工艺专业

茅冬生 男,1940 年出生,高级工程师,光电子器件工艺专业

1998-03-30 收到,1998-06-18 定稿

和 N_2 的流量比为1:9, H_2 气体的流量为4sccm,电子回旋共振 H_2/N_2 气体的等离子体处理室的气压为0.27Pa,微波源功率为400W,微波源反向功率为108W,磁场电流为160A, H_2/N_2 气体的等离子体处理时间为20min.淀积 SiN_x 介质膜的工艺条件为:微波源功率为300W,微波源反向功率为15W,磁场电流为123A, SiH_4 流量为22sccm, N_2 气流量为6sccm,Ar气流量为2sccm. InP衬底表面的去氧和碳处理前设备淀积室的本底真空度为 10^{-5} Pa数量级

3 结果和讨论

图1、图2为Auger分析仪检测的表面淀积 SiN_x 介质膜的InP衬底成分分析图,其中,图1的样品为InP衬底表面未经ECR的 H_2/N_2 等离子体处理而直接用ECR Plasma CVD淀积了 SiN_x 介质膜,而图2的样品为淀积 SiN_x 介质膜之前InP衬底表面经过了ECR的 H_2/N_2 等离子体处理.图1表明:InP衬底表面处有明显的碳峰、氧峰,这说明InP衬底表面未经ECR的 H_2/N_2 等离子体处理之前有碳和氧的粘污,其厚度为几纳米左右;图2的结果显示,在InP衬底表面没有明显的碳峰、氧峰,这证实了ECR的 H_2/N_2 等离子体处理InP衬底表面时去氧和碳的效果是明显的

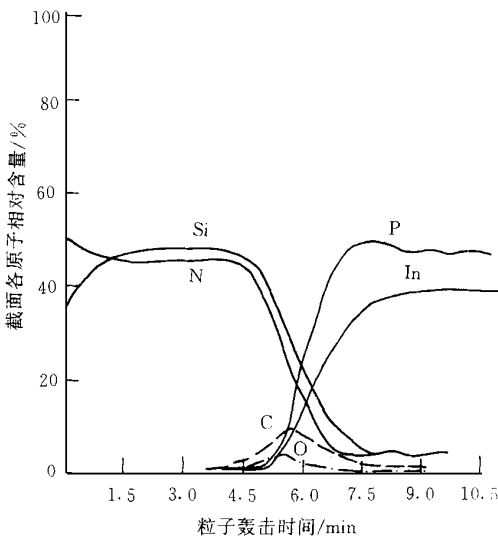


图1 表面未处理的InP衬底上淀积 SiN_x 的Auger分析图

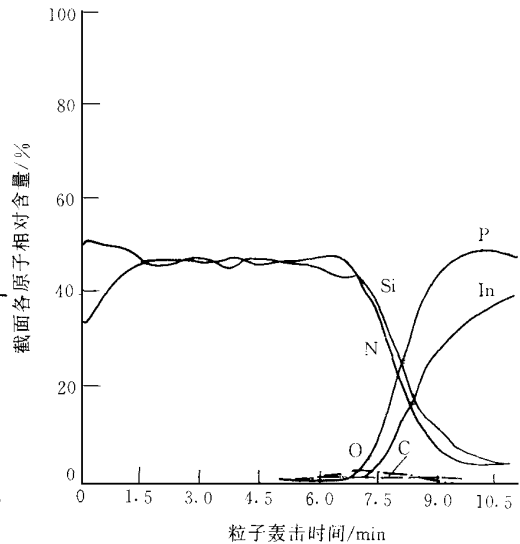


图2 表面经 H_2/N_2 等离子体处理的InP衬底上淀积 SiN_x 的Auger分析图

电子回旋共振(ECR) H_2/N_2 等离子体有明显的去除InP衬底表面的碳、氧效果的原因在于:电子回旋共振能促使大量的 H_2 气、 N_2 气充分电离,产生高密度的氢、氮离子,高密度的氢离子频繁轰击InP衬底表面,保证了InP衬底表面层的碳和氧与氢离子的充分接触,在这个过程中,氢离子与氧离子、碳离子化合形成相应的气体脱离InP衬底表面,实现了电子回旋共振(ECR) H_2/N_2 等离子体去除InP衬底表面的碳、氧的过程

电子回旋共振(ECR) H_2/N_2 等离子体去除InP衬底表面的碳、氧的过程中,由于N离子的存在,有效地抑制了P从InP衬底表面跑出现象,保持了InP衬底表面原有的有序结

图 3 是用电子回旋共振 (ECR) H₂/He 等离子体处理 InP 衬底表面的 Auger 分析结果, 图 3 表明这种去除 InP 衬底表面的碳、氧的效果是很明显的, 但是, InP 衬底表面层失去了大量的 P 原子。由此可见, 电子回旋共振 (ECR) H₂/N₂ 等离子体去除 InP 衬底表面的碳、氧的过程中, N₂ 的存在, 对保持 InP 衬底表面原有的有序结构起着十分重要的作用

ECR 的 H₂/N₂ 等离子体有明显的去除 InP 衬底表面的碳、氧效果之外, 还有明显的其它优点。在整个处理过程中, 我们用热电偶测量了衬底的温度, 测量结果为: 整个过程保持在 50 °C 左右, 这是目前所有的真空化学处理过程中, 衬底温度最低的, 它能有效消除 InP 衬底因高温而出现分解、破坏表面结构的现象; 另外, 该种处理技术轰击衬底的 H 或 N 离子的能量为 10~30 eV^[6], 是比较低的, 因此, 衬底表面不会因为该类等离子体的存在而出现新的机械损伤, 较好地保持衬底表面原有结构。

我们把 ECR 的 H₂/N₂ 等离子体去除 InP 衬底表面的碳、氧技术与 ECR Plasma CVD 淀积介质膜技术结合, 实现 InP 衬底表面极低漏电流的扩散掩蔽膜、高击穿电压的绝缘膜, 以及抗强激光损伤的各种大功率半导体激光器的端面光学膜等等, 因篇幅的限制, 我们将在以后文章中系统介绍该技术在这些方面的应用。

致谢 本文工作得到中国科学院半导体研究所光电子器件国家工程研究中心陈良惠研究员、李玉璋研究员的关心和帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Steven Dzioba and R. Rousina, J. Vac. Sci. Technol., 1994, **B12**(1): 433~440
- [2] Z. Lu, M. T. Schmidt, J. Vac. Sci. Technol., 1991, **A9**(3): 1040~1045
- [3] Hiroyuki Hirayama, J. Appl. Phys., 1989, **66**(2): 629~633
- [4] Naoto Kondo, Jpn. J. Appl. Phys., 1989, **28**(1): L7~L9
- [5] 谭满清等, ECR Plasma CVD 法淀积全介质光学膜的研究, 1997 年砷化镓及有关化合物会议论文集, 张家界, 1997: 310~312
- [6] Takashi Inukai, Jpn. J. Appl. Phys., 1994, **33**(5A), 2593~2598

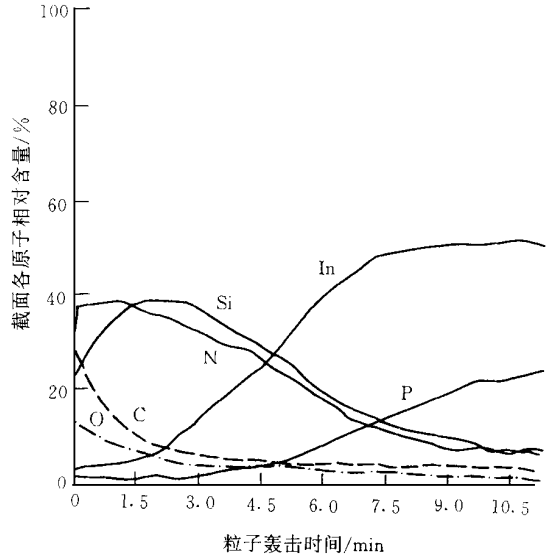


图 3 表面经 H₂/He 等离子体处理的 InP 衬底上淀积 SiN_x 的 Auger 分析图

Surface Cleaning of InP by H_2/N_2 Plasma

Tan Manqing, Mao Dongsheng

*(National Engineering Research Center of Opto-Electronic Devices, Institute of Semiconductors,
The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083)*

Received 30 March 1998, revised manuscript received 18 June 1998)

Abstract The paper introduces the method of cleaning oxygen and carbon from InP surface by electron cyclotron resonance (ECR) H_2/N_2 plasma, which can restore original structure of InP surface, and gives the technical factors of the method, and then discusses its advantages and obtains some valuable conclusions

PACC: 0750, 0755, 8640K, 7220, 7280E