Phosphorus diffusion and activation in fluorine co-implanted germanium after excimer laser annealing

一.成果完成人及所在单位： 范伟航，光电与通信工程学院 指导教师：王尘

二.成果简介：

锗(Ge)因为具有高的电子迁移率和空穴迁移率，低的工艺温度以及高的光通信波段吸收系数等优点被认为是一种很有前途的高流动性通道材料，可以替代硅用于硅基的互补金属氧化物半导体工艺。Ge 中高激活浓度低扩散长度的 n 型掺杂是其应用于器件的一个重要问题。基于激光退火高温度(超过熔点)和亚稳态退火过程的特点，本研究通过结合氟离子(F)、磷离子(P)共注入技术和纳秒激光退火技术实现了 Ge 中较低扩散长度下的高激活 n 型掺杂，最大激活浓度为 4.4×10^{20} cm^{-3}。

三. 主要研究内容及创新点：

针对 Ge 在 MOSFET 等器件中要求实现高激活浅扩散 n 型掺杂的问题，研究了磷和氟共注入锗经纳秒激光退火后磷在 Ge 中的扩散和活化。建立了氟抑制磷在 Ge 中扩散的机理，磷在 Ge 中的扩散主要是基于空位辅助机制，共注入氟在退火中通过空位形成 F_nV_m 团簇，可以消除一些多余空位从而减少磷的扩散增强磷的激活浓度。比较了磷注入和磷、氟共注入样品在纳秒激光退火和快速热退火后磷的激活浓度(样品编号见表 1，激活浓度对比见图 1)。如图 1 所示在 175 mJ/cm² 能量密度下磷、氟共注入样品表现出最大的磷激活浓度为 4.4×10^{20} cm^{-3}。同时相较磷注入样品，氟、磷共注入样品扩散深度均有减少。且得益于纳秒激光退火高温度和亚稳态退火过程，纳秒激光退火后样品中磷的扩散均小于快速热退火后样品中磷的扩散。样品 D 退火前后透射电子显微镜和拉曼光谱图如图 2、3 所示，退火后由于离子注入导致的非晶 Ge 区消失转换为 c-Ge，表明激光退火修复了晶格损伤。

表 1.不同样品制备条件及磷离子扩散长度

Sample numbers	Implantation conditions	Annealing conditions	The depth of P (nm @1×10^{18}/cm^3)
A	P-only	100 mJ/cm^2	125
B	P+F	100 mJ/cm^2	120
C	P-only	175 mJ/cm^2	141
D	P+F	175 mJ/cm^2	129
E	P-only	650℃-15s	288
G	P+F	650℃-15s	236

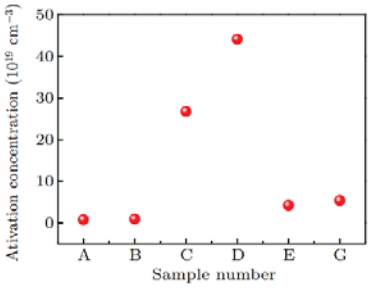


图 1. 不同制备条件下磷的激活浓度图

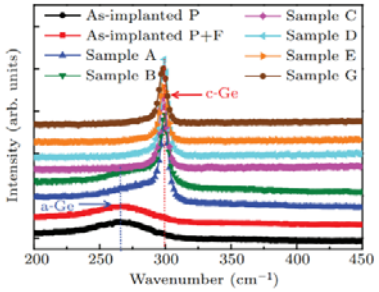


图 2. 不同样品拉曼光谱图

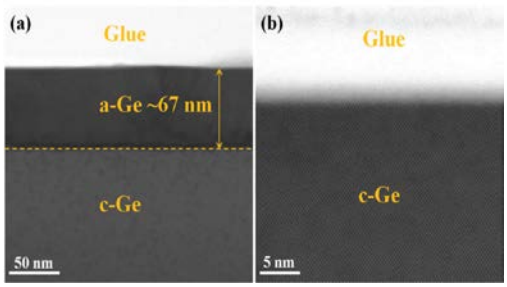


图 3. 样品 D 退火前后透射电子显微镜对比图

四. 主要研究成果及应用情况

在 Chinese Physics B 发表论文《Phosphorus diffusion and activation in fluorine co-implanted germanium after excimer laser annealing》一篇。

联系人：范伟航， 电 话：17512548134 Email:2022031145@stu.xmut.edu.cn