

# $^{31}\text{P}^+$ 注入 $\text{N-Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$

陈泉森 张月琴 林 和

(中国科学院上海技术物理研究所)

离子注入  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  是制备光伏红外探测器的关键工艺。国外已采用该工艺制备出高性能的  $\text{HgCdTe}$  多元列阵和焦平面器件。但其掺杂机制及退火机制尚不清楚, 一般认为所有的元素离子注入  $\text{P-HgCdTe}$  均形成辐照损伤导致的  $\text{N}^+$  电学层,  $^{31}\text{P}^+$  注入  $\text{N-HgCdTe}$  则形成 P 型层, 是掺杂行为。本文着重报道我所近几年来用  $^{31}\text{P}^+$  注入  $\text{N-HgCdTe}$  的部分实验结果及其初步分析。

实验用的  $\text{N-Hg-CdTe}$  样品分别是再结晶法和碲溶剂法生长的晶体,  $x$  在  $0.20\sim 0.65$  间, 晶体未经定向。 $^{31}\text{P}^+$  注入能量为  $150\sim 200\text{ keV}$ , 剂量为  $1\times 10^{13}\sim 5\times 10^{14}\text{ cm}^{-2}$ 。部分样品经热退火半小时, 温度为  $200\sim 300^\circ\text{C}$ 。样品表面分裸露注入和一定厚度的介质层缓冲注入两种, 靶室温度为室温。

用二次离子质谱法获得的  $^{31}\text{P}^+$ ,  $^{11}\text{B}^+$  在  $\text{N-Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$  中剖面分布图表明基本为高斯分布。 $^{31}\text{P}^+$  注入  $x$  为  $0.275$  的  $\text{N-Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  中而获得的二极管的  $V-I$ 、 $C-V$ 、 $G-V$ 、 $C-T$ 、 $G-T$  特性表明了“倒置”的 N-P 结和“反常”的 N-P-N 三层结构效应。用该工艺制备的 10 元列阵探测器的黑体探测率最高达  $2.28\times 10^{10}\text{ cm Hz}^{1/2}\text{ W}^{-1}(3\sim 5\ \mu\text{m})$ ;  $1.20\times 10^{10}\text{ cm Hz}^{1/2}\text{ W}^{-1}(8\sim 14\ \mu\text{m})$ , 波长的一致性较好, 电串一般小于  $10\%$ 。

我们对  $^{31}\text{P}^+$  注入  $\text{N-HgCdTe}$  而出现的 N-P 结“倒置”和“反常”的 N-P-N 三层结构作了实验分析, 排除了注入样品经热退火处理、光刻坚膜和电极工艺而导致三层结构的可能我们认为最可能的因素是在  $^{31}\text{P}^+$  注入  $\text{N-HgCdTe}$  的过程中产生 N-P-N 结构。似乎可这样解释: 高能的  $^{31}\text{P}^+$  注入样品表面受到靶原子的阻止作用, 发生粒子间碰撞而进行能量交换, 加上注入过程中能量聚集使样品温升,  $\text{Hg}$  原子往表面富集甚至往外逸出, 使注入层中间伴生出一层 P 型层, 而表面则由于离子辐照缺陷形成  $\text{N}^+$  层, 其结果形成  $\text{N}^+-\text{P}-\text{N}$  结构。由于  $\text{N}^+-\text{P}$  势垒远大于下面的 P-N 弱勢垒, 所以其伏安特性基本是 N-P 结特性。已有文献报道, 离子轰击金属或化合物半体会引起靶体组分变化, 我们的初步测试结果也表明  $^{31}\text{P}^+$  注入  $\text{HgCdTe}$  后注入层的  $\text{Hg}$  成分已发生了变化。

用离子注入制备  $\text{HgCdTe}$  光伏探测器已显示出下面的特点: (1) 注入均匀性、重复性好, 列阵器件一致性较好; (2) 结阻抗高, 三极管可在零偏压下工作; (3) 串音小; (4) 各种方法生长的碲镉汞晶体均可用离子注入制备光伏器件; (5) 容易实现全平面工艺技术。

国外绝大部分用  $\text{P-HgCdTe}$  作衬底注入  $^{11}\text{B}^+$ , 但我们利用优质的  $\text{N-HgCdTe}$  作衬底也获得了较好的列阵器件, 就其性能和成品率而言,  $3\sim 5\ \mu\text{m}$  波段的列阵器件较  $8\sim 14\ \mu\text{m}$  波段为佳。