

·光电器件与材料·

CdTe 多晶薄膜的同质结与异质结

王宏臣

(世纪晶源光电开发部, 广东 深圳 518107)

摘要:衬底温度对 CVD 生长 CdTe 多晶薄膜导电性能有决定性影响, 衬底温度高于 560℃ 为 p 型, 衬底温度愈高, 空穴浓度愈大; 低于 520℃ 为 n 型, 在一定温度范围内, 衬底生长温度越低, 电子浓度越大. 采用 CVD 方法先在高温下生长 p 型 CdTe 膜, 然后在较低温度下生长 n 型 CdTe 膜, 首次研制了同质 p-n 结二极管. 又采用在高温下先生长 p-CdTe 膜, 然后在室温环境下暴露在空气中氧化, 经数周后产生 CdO 和 TeO₂ 氧化层, 再溅射 ITO 膜, 制成 n-ITO/i/p-CdTe 异质结太阳能电池, 与无氧化处理的 n-ITO/p-CdTe 比较, 光电转换效率有明显提高.

关键词: CdTe 多晶薄膜; 同质 CdTe 结; 异质 CdTe 结; CdTe 太阳电池

中图分类号: TK519

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)02-0044-03

Homojunction and Heterojunction in CdTe Polycrystalline Thin Films

WANG Hong-chen

(Century Epitech., Dept. of Optoelectronics R&D, Shenzhen 518107, China)

Abstract: Underlay temperature has an effect drastically on conductivity types in CdTe polycrystalline thin films by CVD method. At the underlay temperature of more than 560℃, the CdTe film is p-type, and at an underlay temperature of less than 520℃, the CdTe film is n-type. In some extent, underlay growth temperature is slower, electron strength is more bigger. Using CVD method, the p-type CdTe film is firstly grown at higher temperature and then the n-type CdTe film is grown at lower temperature to form CdTe homo-junction, the p-n diode is developed for the first time. In addition, a p-type CdTe film is deposited at higher temperature, then exposed to air at room temperature for several weeks to form CdO and TeO₂ layer. ITO film is finally deposited on the oxide layer for forming n-ITO/i/p-CdTe hetero-junction. Compared to n-ITO/P-CdTe without oxide layer, the efficiency of EO conversion is significantly improved.

Key words: CdTe polycrystal; CdTe homojunction; CdTe heterojunction; CdTe solar cell

CdTe 是 II-VI 族化合物半导体的主体, 它的合金 Hg_{1-x}Cd_xTe (MCT) 是红外焦平面最重要的材料^[1,2]; 它的多晶薄膜材料, 由于禁带宽度适当 (1.5 eV), 光吸收系数高, 是理想的太阳能电池材料^[3,4]. 采用化学气相淀积 (CVD) 外延生长的 CdTe 多晶薄膜, 其导电模式和载流子浓度表现出特有的规律^[5-7], 当衬底温度高于 560℃ 时, 不管 Cd 和 Te 气相浓度配比如何, CdTe 外延膜均为 p 型, 在一定温度范围内, 衬底温度越高, 空穴浓度越大; 而当衬

底温度低于 520℃ 时, 也不管 Cd 和 Te 气相浓度比例如何, 均为 n 型, 在一定温度范围内, 衬底温度越低, 电子浓度越大. 上述发现, 纠正了以前的认识^[8], 对 CVD 方法控制 CdTe 膜和 p-n 结的生长是一个大的进步, 即可控制衬底生长温度来制造同质 CdTe p-n 结, 也可生长异质 p-n 结. 同质 CdTe p-n 结的生长方法是先在较高衬底温度下生长 p-CdTe, 后在较低衬底温度下生长 n-CdTe. 对于异质结的生长, 提出了室温环境下, 暴露 p-CdTe 表

收稿日期: 2009-03-11

作者简介: 王宏臣 (1979-), 男, 河南省新乡人, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为半导体光电、半导体传感器.

面,使其出现氧化层,构成例如 n - CdS/i/p - CdTe 或 n - ITO/i/p - CdTe, 从而提高光电转换效率^[5,6]. 研究的目的是,实验开发同质多晶薄膜 CdTe p - n 结,该项技术目前国际上尚未见报导.

1 生长温度对导电性能的影响

CVD 在客体衬底材料上制备 CdTe 多晶薄膜的方法,已有详细的报导^[5-7],这里只简述几个主要的步骤:在石墨基片上镀一层金属钨作为客体衬底,加热客体衬底至 Cd 和 Te 气相反应生成固体 CdTe 的温度;控制衬底温度和淀积时间得到预定膜厚. 研究指出^[5-7]:Cd 和 Te 的气相浓度控制不需严格,主要的是控制客体衬底温度,即 CdTe 生长温度,以期得到预定的导电类型和载流子浓度.

图 1 表示了 CdTe 导电类型和载流子浓度分布. 表明在较高生长温度下(大于 560 ℃),不管 Cd 和 Te 的气相组成如何,其生长的 CdTe 多晶薄膜是富 Te 结构,为 p - 型材料,空穴浓度随生长温度升高而近指数函数增大;在生长温度较低时(小于 520 ℃),也不管 Cd 和 Te 的分压比如何,其生长的 CdTe 多晶薄膜是富 Cd 结构,为 n - 型材料,在一定温度范围内,其生长温度越低,电子浓度越高.

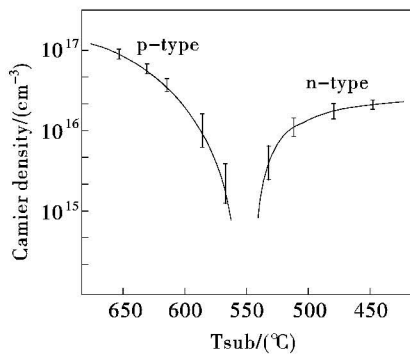


图 1 CdTe 的生长温度对导电类型和载流子浓度的影响

2 CdTe 同质 p - n 结

先控制生长温度(大于 560 ℃)和生长时间,完成生长 p - CdTe 多晶膜,厚度控制在 2 ~ 10 μm;停止 Cd 和 Te 蒸气输入,同时降低反应区温度至 520 ℃ 以下;再次向反应区导入 Cd 和 Te 蒸气,实现 n -

CdTe 多晶膜生长. CdTe 同质 p - n 结完成后,降低反应区温度,取出样片,完成欧姆接触,等待性能测试. 图 2 表示了镀钨的石墨衬底上生长 n - CdTe/p - CdTe 的结构. 经查新,以往在国内外未见报导. 也可采用其他的生长温度,只要 p 型生长温度不低于 560 ℃,n - 型生长温度不高于 520 ℃,可得到一系列不同载流子浓度的 CdTe p - n 同质结.

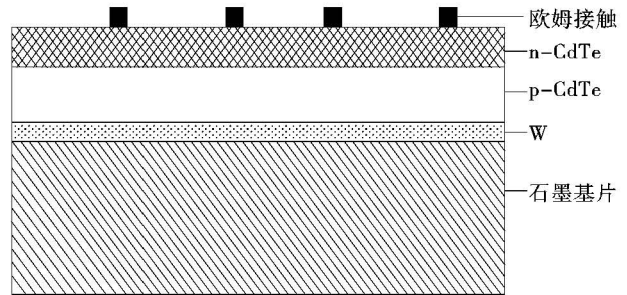


图 2 CVD 生长的 CdTe 多晶薄膜同质结断面图

图 3 是 CdTe 同质 p - n 结暗态下 J - V 曲线, p - 型生长温度为 600 ℃,n - CdTe 生长温度为 520 ℃,测量温度为 25 ℃. 曲线表明,有典型的 p - n 结特性. 根据伏 - 安公式

$$J = J_0 [\exp(qV / AKT) - 1] \tag{1}$$

可求出 J_0 和 A 的值.

其他生长温度和测量温度下的 J - V 曲线,也验证了明显的 p - n 结特性. 由于 CVD 生长 CdTe 膜的方法简便、易行、成本低,加以 CdTe 的禁带为 1.5 eV,是最适合于太阳能电池的材料,有可能找到应用.

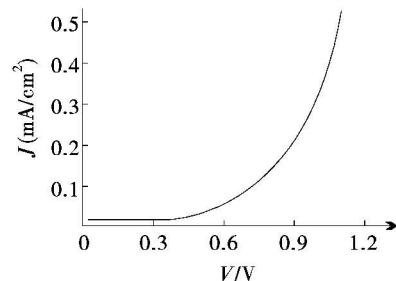


图 3 CdTe 同质 p - n 结 J - V 曲线

3 氧化处理对异质电池效率的影响

当用 CVD 生长方法,生长 p-CdTe 多晶薄膜后,将其暴露在室温大气环境下,使其氧化,经 3-4 周后生成 CdO 和 TeO₂ 的氧化物混合网状结构,在氧化物层的上面,用溅射法生长 ITO,形成 n-ITO/i/p-CdTe 异质结,测试了有无氧化物层的异质结电池的效率. 结果发现,有氧化层的 n-ITO/i/p-CdTe 比无氧化层的同批生产的 n-ITO/p-CdTe 的电池效率高 2% 以上. 分析原因主要是氧化层减小了针孔,从而提高了开路电压和增大了短路电流,表 1 是实验对比测试结果.

表 1 有无室温氧化处理的异质结 ITO/p-CdTe 太阳电池效率比较

序号	生长温度/(°C)	有或无室温氧化处理	$V_{OC}/(V)$	$I_{sc}/(mA/cm^2)$	$\eta/(%)$
1	600	无	0.77	28	8.1
2	600	有	0.80	31	10.2
3	630	无	0.81	33	8.5
4	630	有	0.84	36	10.4

4 结 束 语

采用 CVD 生长方法,控制生长温度达到控制 CdTe 多晶薄膜导电类型的目的,在国际上首次报导了同质 CdTe 多晶薄膜 p-n 结的生长. $I-V$ 曲线测量表明,具有明显的 p-n 结特性. CVD 生长方法

采用衬底温度控制导电类型和载流子浓度,其方法简便、易行、低成本,将大大有利于 CdTe 多晶薄膜的 p-n 结生长,有可能在太阳电池等方面得到应用. 此外,通过表面处理,暴露 p-CdTe 于大气环境中,使其缓慢氧化,形成网状氧化层,在助于提高异质结 CdTe 太阳电池的光电转换效率.

参考文献

- [1] 顾聚兴. 在硅衬底上研制大规格红外焦平面阵列[J]. 红外,2007,28(5):40-46.
- [2] P. Tribolet, G. Destefanis. Third generation and multi-color IRFAP developments: a unique approach based DE-FIR[J]. SPIE, Orlando, 2005, 5783:37.
- [3] 王育伟,刘小峰,陈婷婷,等. 薄膜太阳电池的最新进展[J]. 半导体光电,2008,29(2):151-157.
- [4] A. Bosio, N. Podesta, V. Canevari. Why CuiInGasez and CdTe polycrystalline thin film solar cells are more efficient than the corresponding single crystal[J]. Cryst. Res. Technol,2005, 40(10-11): 1048-1053.
- [5] X J Yi, L G Wang, X R Zhao. The growth and the characteristics of cadmium telluride thin films prepared by CVD[J]. J. Phys. D: Appl. Phys, 1988, 21:1755-1760.
- [6] X J Yi, Q L Liu, X R Zhao, et al. The effect of surface preparation on properties of cadmium telluride thin film heterojunctions[J]. J. Phys. D: Appl. Phys,1990,23: 912-915.
- [7] 易新建. 太阳电池原理与设计[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1989:218-219,288-260.
- [8] T L Chu, S S Chu, F Firszt, et al Deposition and characterization of p-type cadmium telluride[J]. films, J. Appl. Phys,1985,58:1349-1358.

(上接第 39 页)

- [6] 胡春生. 脉冲半导体激光器高速三维成像激光雷达研究[D]. 长沙:国防科技大学,2005.
- [7] 王永刚. APD 探测器低噪声前端电子学研究[J]. 核电子学和探测技术,2006,26(3):280-283.
- [8] 杨祥林. 光纤通信系统[M]. 北京:国防工业出版社,

2003.

- [9] Jelalian A V. Laser radar system [M]. USA: Artech House,1992.
- [10] 吕晓玲. 半导体激光测距接收系统研究[D]. 长春:长春理工大学,2006.
- [11] <http://www.dzsc.com/data/html/2008-12-6/74580.html>.