

Mg₂Si 薄膜的光敏电阻特性研究*

袁正兵^{1,2} 肖清泉^{1,3†} 廖杨芳^{1,4} 房迪¹
王善兰¹ 吴宏仙¹ 谢泉¹ 周瑞雪⁴

¹贵州大学大数据与信息工程学院新型光电子材料与技术研究所, 贵阳 550025;

²中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所器件部, 苏州 215123;

³安顺学院航空电子电气与信息网络贵州省高校工程技术研究中心, 安顺 561000;

⁴贵州师范大学物理与电子科学学院, 贵阳 550001

收稿日期: 2017-06-28; 接收日期: 2017-09-01

【摘要】 采用磁控溅射技术、退火工艺和丝网印刷技术, 在 N-Si (111) ($\rho > 1000 \Omega \cdot \text{cm}$) 衬底上分别溅射厚度为 360 nm、400 nm、440 nm、480 nm、520 nm、560 nm 的 Mg 膜, 制备一系列 Mg₂Si 薄膜, 然后在其上印刷叉指 Ag 电极、经烧结制备光敏电阻. 通过 X 射线衍射仪 (XRD)、扫描电子显微镜 (SEM)、光谱响应测试系统、半导体器件分析仪和光照响应测试系统对样品的晶体结构、表面形貌、光谱响应、*I-V* 特性以及亮暗电阻进行表征和分析. 结果表明: 成功制备出单一相 Mg₂Si 薄膜, 且在晶面 (220) 处出现最强衍射峰; 随着薄膜厚度增加, 样品衍射峰强度先增加后减小, 薄膜表面连续性和致密性良好; 在波长为 900 nm~1200 nm 范围内光敏电阻表现出良好的光谱响应特性; 光电流强度先增加后减小; Mg 膜厚度为 480 nm 时光电流强度最大. *I-V* 特性始终呈一条直线, 表明其间具有良好的欧姆接触; 在光强为 1 mW/cm²、波长为 1100 nm 的光照下, 亮电阻和暗电阻均随着 Mg 薄膜厚度增加先减小后增加, Mg 薄膜厚度为 480 nm 时, 相应的光敏电阻阻值最小且此时的暗电阻、亮电阻比值为 1.43×10^3 , 具有较好的灵敏度.

关键词: 磁控溅射, Mg₂Si 薄膜, 膜厚, 光敏电阻

PACS: TN304.055

1 引言

光敏电阻因其体积小、灵敏度高、响应速度快、电阻阻值敏感等优点而逐渐应用于光电控制、辐射检测、光学传感、生物、化学分析等领域^[1-2]. 由于各类材料吸收波长的范围不同, 光敏电阻可分为紫外光光敏电阻、可见光光敏电阻和红外光光敏电阻. 相同材料光敏电阻, 当不同波段的入射光照射时, 亦表现出不同的灵敏度. 对于光敏电阻的研究, 2011 年,

胡陈果团队通过调节复合氢化物方法制备了可见光波段 CdSe 材料 (390 nm~780 nm) 光敏电阻, 其响应速度可达到毫秒范围^[3]. 2012 年, Rajeh Mundle 团队通过对紫外光波段 (200 nm~400 nm) ZnO 薄膜掺 Al 的方式, 精确控制 Zn 与 Al 的比率, 进一步提高了光敏电阻的响应率比和吸收波长范围^[4]. 在近红外波段 (780 nm~3 μm), 2013 年, 邱继军等人采用 PbSe 材料制备探测器, 在室温下探测率最高可达到 $2.8 \times 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$ ^[5]. 2014 年, 何军团团队采用化学气相沉积方法制备了垂直阵列 SnSe

* 国家自然科学基金 (61264004)、贵州省国际科技合作项目 (黔科合外 G 字 [2013]7003)、贵州省教育厅“125”重大科技专项 (黔教合重大专项字 [2012]003)、贵阳市科技计划 (筑科合同 [2012101]2-16)、贵州省自然科学基金 (黔科合 J 字 [2014]2052, [2013]2209)、安顺学院航空电子气与信息网络贵州省高校工程技术研究中心开放基金 (HKDZ201403)、贵州省科技厅贵州师范大学联合基金项目 (黔科合 J 字 LKS [2013]12 号) 资助的课题.

† E-mail: qqxiao@gzu.edu.cn

薄膜的光敏电阻,得到了较高的探测率和响应速度^[6].然而,由 Cd、Pb 等元素组成光敏电阻材料有毒,对环境污染大、载流子噪声高等缺点,有必要进一步寻找更优秀的替代材料.而由 Mg、Si 元素组成的二元合金半导体硅化物 Mg_2Si 材料,具有无毒、高吸收系数^[7]、低成本,较强机械性能和高热电性能等特点^[8-10];其禁带宽度为 $0.6\sim 0.77\text{ eV}$ ^[11-12],可吸收波长为 $800\text{ nm}\sim 1.8\ \mu\text{m}$ 的近红外光,且其制备方法与现代 Si 微电子工艺兼容^[13].目前,国内外对 Mg_2Si 材料的光电器件研究较少^[7],且基于 Mg_2Si 薄膜材料光敏电阻的研究鲜有报道,故探索 Mg_2Si 薄膜制备光敏电阻与其性质的研究具有重要意义.

陈茜等人^[14]通过第一性原理理论计算了 Mg_2Si 材料的光电导率、介电函数;肖清泉^[15-19]、廖杨芳^[20]、吴宏仙^[21]等人采用磁控溅射仪成功制备了 Mg_2Si 半导体薄膜.在此基础上,本文采用磁控溅射和退火工艺,在 N 型硅片($\rho > 1000\ \Omega \cdot \text{cm}$)上制备单一相 Mg_2Si 薄膜,并采用 XRD、SEM 研究薄膜晶体结构和表面形貌,后经丝网印刷技术、高温烧结制备光敏电阻.采用半导体器件分析仪、光谱响应测试系统、光照响应测试系统分析不同 Mg 膜厚度对 Mg_2Si 薄膜制备光敏电阻的光谱响应特性、 I - V 特性以及光照特性的影响.

2 实 验

实验选用金属 Mg(纯度 $\geq 99.5\%$)作为靶材(厚度 5 mm ,直径 60 mm),N-Si(111)($\rho > 1000\ \Omega \cdot \text{cm}$)作为衬底.衬底先后经丙酮、无水乙醇、去离子水超声振荡清洗 15 min 后,再将衬底置于 HF(体积比 HF:H₂O=1:50)溶液中浸泡,经去离子水清洗烘干后放入磁控溅射系统进样室,反溅 10 min 以进一步去除表面杂质,增加衬底微观粗糙度,增强薄膜附着力.反溅条件:背底真空优于 $2 \times 10^{-4}\text{ Pa}$,氩气流量 20 sccm ,射频功率 100 W ,工作压强 7 Pa .反溅射完成后,将样品送入镀膜室溅射 Mg 膜,厚度分别为 360 nm 、 400 nm 、 440 nm 、 480 nm 、 520 nm 、 560 nm .溅射条件:背底真空优于 $5 \times 10^{-5}\text{ Pa}$,氩气流量 30 sccm ,射频功率 100 W ,工作压强 3 Pa .溅射完成后,样品在 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 、低真空($10^{-1}\sim 10^{-2}\text{ Pa}$)条件下退火 4 h ,然后在制备的 Mg_2Si 的薄膜中心区域丝网印刷叉指状 Ag 电极,经高温炉 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下恒

温烧结 10 min .

采用 D8 advance X 射线衍射仪分析样品晶体结构,采用 S-4800 扫描电子显微镜分析样品微观形貌,采用 DSR100 系列光谱响应测量系统、Agilent B1500A 半导体器件分析仪以及自组装光照响应系统进行光谱效应、 I - V 特性和光照响应特性分析.

3 结果与讨论

3.1 Mg_2Si 薄膜 XRD 表征

图 1 所示为 N-Si(111)衬底上沉积 Mg 膜厚度分别为 360 nm 、 400 nm 、 440 nm 、 480 nm 、 520 nm 、 560 nm ,经 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 、低真空($10^{-1}\sim 10^{-2}\text{ Pa}$)条件下退火 4 h 的 XRD 图.由于未刻意掺杂的 Mg_2Si 呈 N 型,N-Si(磷掺杂,纯度大于等于 99.999%)衬底对 Mg_2Si 薄膜中的载流子有促进作用;相反,如果选 P-Si 为衬底,衬底中的空穴迁移到 Mg_2Si 薄膜中,将与薄膜中的电子部分复合,从而抑制 Mg_2Si 薄膜中的载流子性质,进一步影响 Mg_2Si 薄膜的光敏特性.样品 XRD 检测时采用 Cu-K α 辐射(波长 = 0.154 nm),扫描速率为 $4^\circ/\text{min}$,步长为 0.02° ,扫描角度为 $20\sim 80^\circ$.通过与 Mg_2Si 标准衍射谱(PDF No.35-0773)进行比较,在 $2\theta = 24.241^\circ$, 28.07° , 40.121° , 47.433° , 58.028° , 72.901° 处均出现 Mg_2Si 衍射峰,对应的衍射晶面分别为 (111)、(200)、(220)、(311)、(400)、(422).其中 Mg_2Si 最强衍射峰出现在 $2\theta = 40.121^\circ$ 处,所对应晶面为 (220),次强衍射峰出现在 $2\theta = 24.241^\circ$ 处,所对应晶面为 (111),这与 Mg_2Si 标准 XRD 图谱(PDF No.35-0773)最强衍射峰和次强衍射峰的位置相吻合.另外,在 XRD 图中,未出现单质 Mg、Si 及相关氧化物的衍射峰.这些结果表明:成功制备出了单一相 Mg_2Si 薄膜.随着 Mg 厚度从 360 nm 增加到 560 nm ,相应的 Mg_2Si 薄膜的衍射峰强度先增加后减小,这表明,当在 N-Si(111)衬底上溅射沉积 Mg 膜厚度较薄时,薄膜结晶质量较好;随着沉积膜厚度的增加,薄膜结晶质量越来越差,该结果与采用射频溅射方法制备不同厚度 ZnO 薄膜情况类似^[22].当沉积 Mg 厚度为 480 nm 时,衍射峰强度最强,薄膜结晶较好.

3.2 Mg_2Si 薄膜 SEM 表征

图 2 所示为 N-Si(111)衬底上沉积 Mg 膜厚度为 360 nm 、 400 nm 、 440 nm 、 480 nm 、 520 nm 、

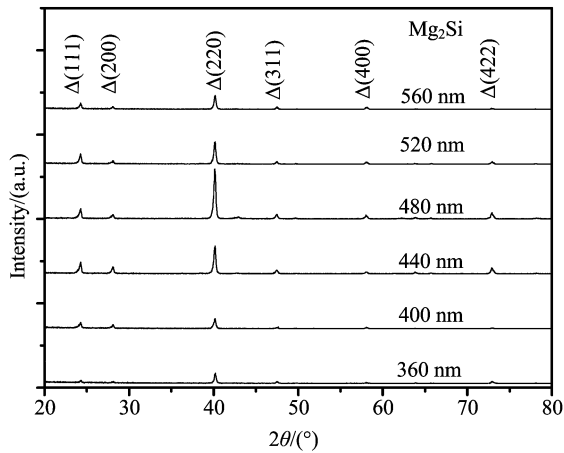


图 1 N-Si (111)衬底制备 Mg_2Si 薄膜 XRD 图

560 nm 的 SEM 图.随着 Mg 沉积厚度增加, Mg_2Si 薄膜表面连续性和致密性都表现出增强的趋势,薄膜生长晶粒尺寸先增加后减小且生长模式为岛状生长^[23].薄膜呈三维岛状结构生长,主要由原子表面扩散程度、退火时间、退火温度三个重要因素决定.在薄膜形成和生长的过程中,原子表面扩散作为一种极为重要的运输机制并且大量原子表面扩散决定薄膜三维岛状生长.初始阶段 Mg 原子与 Si 原子在 400 °C 高温、低真空($10^{-1} \sim 10^{-2}$ Pa)条件下扩散形成 Mg_2Si 薄膜内应力较大,晶粒生长受到阻碍作用较大,晶粒尺寸较小且 Mg/Si 原子晶粒界面不连续.随着沉积 Mg 膜厚度增加,越来越多的 Mg 原子迁移与 Si 原子结合形成 Mg_2Si 薄膜内应力逐渐降低,晶粒生长逐渐变大, Mg/Si 原子晶粒界面连续性增强,从而形成薄膜的致密性增加. Mg 原子数量的进一步增加,即 Mg_2Si 薄膜生长为富 Mg 状态下, Si 原子单位时间内与 Mg 原子高温扩散结合形成 Mg_2Si 薄膜,同时, Si 原子不断地向薄膜体内扩散,导致薄膜表面积和薄膜内结晶成核的比率出现变化.晶粒尺寸逐渐减小, Mg/Si 原子晶粒界面连续性降低, Mg/Si 原子表面扩散作用使得 Mg_2Si 薄膜生长朝着不同晶面方向进行.因此,原子表面的扩散作用形成不同晶面取向(如图 1 所示的 XRD 衍射晶面)的 Mg_2Si 晶粒,又衬底的晶格失配度并不能制约 Mg_2Si 薄膜的生长模式,从而表现出岛状生长特性.当沉积 Mg 膜较厚时, Mg_2Si 晶粒就会聚集在一起从而形成连续的薄膜,岛状生长特性继续在 Mg_2Si 薄膜生长机制中占据主导地位,进而更多的薄膜被岛状结构所覆盖.

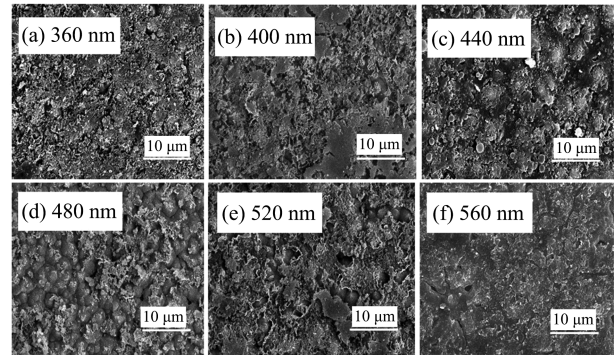


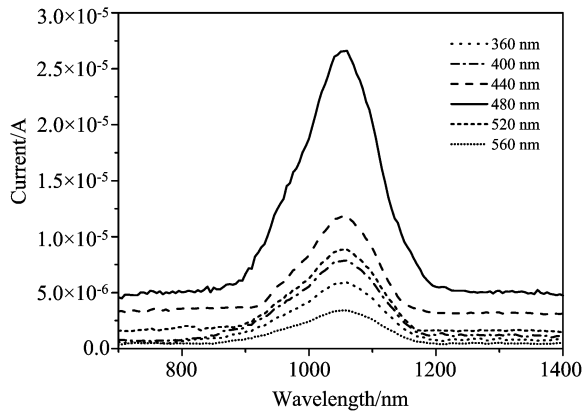
图 2 N-Si (111)衬底制备 Mg_2Si 薄膜 SEM 图,沉积 Mg 厚度 (a) 360 nm、(b) 400 nm、(c) 440 nm、(d) 480 nm、(e) 520 nm、(f) 560 nm

3.3 光敏电阻光谱响应特性研究

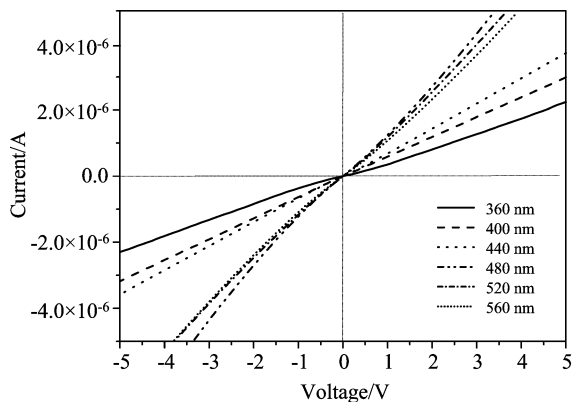
单一相 Mg_2Si 薄膜的 XRD、SEM 测试表明,其具有良好的结晶性和微观形貌特性.之后在其上采用丝网印刷技术,镀上叉指 Ag 电极,高温烧结后制备光敏电阻.图 3 为 N-Si (111)衬底上的光敏电阻光谱响应曲线.横坐标为入射单色光的波长,纵坐标为光谱响应电流.光谱响应电流的大小反映了样品将光信号转变成电信号的能力强弱.由图可知,在波长为 900 nm~1200 nm 范围,光敏电阻对光响应明显.随着入射波长从 900 nm 增加到 1200 nm,光敏电阻产生的光电流强度先增加后减小,波长达到 1100 nm 附近时,光电流强度达到最大.在其它波段,样品光谱响应较低,响应截止发生在 1200 nm (1.03 eV)处,这是由于 Mg_2Si 薄膜的带带跃迁所致^[24-25].随着沉积 Mg 膜厚度从 360 nm 增加到 560 nm,光敏电阻产生的光电流强度同样先增加后减小,当 Mg 膜厚度为 480 nm 时,光电流强度达到最大,表现出良好的光谱响应特性,这主要是由于该厚度时薄膜质量较高. Mg 薄膜厚度为 560 nm 时,光敏电阻电流值很小,光响应较弱,这与 Mg 厚度超过一定值后薄膜内部可能存在较多的缺陷有关,其结果与 XRD 测试结果相符合.

3.4 光敏电阻 $I-V$ 特性研究

图 4 为 N-Si (111)衬底上制备光敏电阻的 $I-V$ 特性. $-5 V \sim 5 V$ 外置偏压下, $I-V$ 特性大致呈一条直线,遵循电阻欧姆特性规律.随着电压的增加,电流逐渐增大,电阻值基本不变且电流未出饱和现象.这表明, Ag 浆电极与 Mg_2Si 薄膜高温烧结后形成欧姆接触良好,光敏电阻在工作电压为 $-5 V \sim 5 V$

图 3 Mg_2Si 薄膜光敏电阻的光谱响应曲线

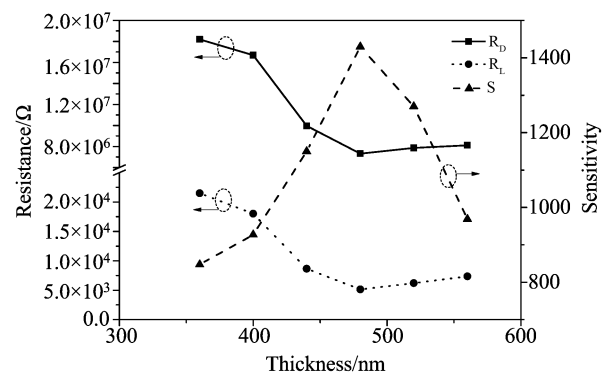
范围内,稳定性良好,符合电阻元件的要求.当 Mg 膜厚度从 360 nm 增加到 560 nm 时, $I-V$ 曲线的斜率先增大后减小, Mg_2Si 薄膜与 Ag 浆电极之间电阻值随 Mg 膜厚度的增加,表现为先减小后增大.当薄膜厚度为 480 nm 时, $I-V$ 斜率值最大,电阻值最小.此时薄膜结晶性能最佳,薄膜表面连续且形成的 Mg_2Si 薄膜电阻最小,随着 Mg 膜厚度进一步增加,结晶性能变弱,薄膜内部缺陷可能增多,电阻略微增加.

图 4 Mg_2Si 薄膜光敏电阻的 $I-V$ 曲线

3.5 光敏电阻光照响应特性研究

图 5 所示, Mg_2Si 薄膜制备光敏电阻在温度为 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 下,外置偏压为 $-5\text{ V}\sim 5\text{ V}$,采用功率密度为 1 mW/cm^2 、波长为 1100 nm 的光照下和无光源照射下,测试光敏电阻亮电阻 R_L 与暗电阻 R_D 的阻值.结果表明:暗电阻 R_D 较亮电阻 R_L 高出 2~3 个数量级,灵敏度较好.光敏电阻敏感度 $S=R_D/R_L$,在沉积

Mg 膜厚度为 480 nm 时,其敏感度达到最大值 1.43×10^3 .与高荣顺等人,采用溶胶-凝胶法制备的 ZnO 薄膜光敏电阻(电阻敏感度为 26)^[26] 比较,本实验制备的 Mg_2Si 光敏电阻,敏感度高出 2 个数量级左右.与刘凤娟等人采用分子束外延制备的 $Mg_{0.48}Zn_{0.52}O$ 光敏电阻(在波长 260 nm,功率密度为 0.61 mW/cm^2 的光照下,电阻敏感度为 1.7×10^4)^[27] 以及在蓝宝石上生长的 ZnO 基紫外光敏电阻(电阻敏感度为 2.3×10^5)^[28] 相比较,本实验通过磁控溅射方法制备的 Mg_2Si 光敏电阻,敏感度相对低了 2 个数量级左右.这可能是由于两种材料采用的制备设备不同以及工艺差别,导致两者光敏电阻的灵敏度存在差异.光敏感度 S 越大, Mg_2Si 薄膜光敏电阻信噪比越高,能够加强对弱信号的探测度.光敏电阻在无光照条件,呈高阻状态;在一定波长范围光照条件下,价带中被束缚电子吸收入射光光子能量跃迁至导带形成自由电子,同时在价带中产生空穴,电子和空穴在外加电场的作用下运动,参与导电的载流子数目增多,呈低阻状态.当入射光消失时,电子和空穴渐渐复合,载流子浓度降低. Mg 膜厚度从 360 nm 增加到 560 nm 时,亮电阻 R_L 与暗电阻 R_D 均呈先减小后增加的趋势, Mg 膜厚度为 480 nm,电阻阻值最小.这可能是由于沉积 Mg 膜厚度的增加,导致 Mg_2Si 薄膜中填隙 Mg 原子数目增多,另外,实验所采用的高纯度 Si 衬底含有少量杂质的存在,使得薄膜退火过程中,杂质通过热扩散进入到 Mg_2Si 层中,在这两个因素的共同影响下,使得载流子浓度增大,光敏电阻值减小.随着沉积 Mg 膜厚度的进一步增加,晶界散射作用增强,薄膜中缺陷略微增加,电阻小幅度增大.

图 5 Mg_2Si 薄膜光敏电阻的光照响应特性

4 结 论

采用磁控溅射设备,在 N-Si (111) 衬底沉积 Mg 膜厚度分别为 360 nm、400 nm、440 nm、480 nm、520 nm、560 nm,经 400 °C、低真空($10^{-1} \sim 10^{-2}$ Pa)条件下退火 4 h 后,XRD、SEM 测试表明,成功制备出单一相 Mg₂Si 薄膜,且(220)衍射峰最强.随着 Mg 膜厚度从 360 nm 增加到 560 nm,样品衍射峰值先增加后减小,样品表面致密性和连续性较好.采用丝网印刷技术,Ag 电极经 300 °C、10 min 烧结后成功制备光敏电阻.其吸收光谱响应率、I-V

特性、光照响应特性表明:随着 Mg 膜厚度增加,在波长为 900 nm~1200 nm 范围内,光敏电阻光谱响应率先增加后减小,且在 Mg 膜厚度 480 nm、波长 1100 nm 处最大,表现出良好的光谱响应特性.Ag 浆电极与薄膜的接触电阻 I-V 特性大致保持一条直线且未出现饱和现象,符合光敏电阻元件特性,具有良好的欧姆接触.在偏压-5 V~5 V,以及功率密度为 1 mW/cm²、波长为 1100 nm 的光照下,480 nm 样品的暗电阻较亮电阻高出三个数量级,具有较好的灵敏度,这对基于 Mg₂Si 薄膜的光敏电阻在实际应用中具有重要的参考价值.

参 考 文 献

- [1] B N Denisov. , *J Commun Techno Electron* , **52** (2007), 478.
- [2] S G Hur, E T Kim, J H Lee, G H Kim, S G Yoon. , *J Vac Sci Technol B* , **26** (2008), 1334.
- [3] K Zhang, C Hu, Y Tian, C Zheng, B Wan. , *Physica E* , **43** (2011), 943.
- [4] R M Mundle, H S Terry, K Santiago, D Shaw. , *J Vac Sci A* , **31** (2012), 01A146.
- [5] J Qiu, B Weng, Z Yuan, Z Shi. , *J Appl Phys* , **113** (2013), 60.
- [6] J Cao, Z Wang, X Zhan, Q Wang, M Safdar. , *Nano technol.* **25** (2014), 105705.
- [7] T Kato, Y Sago, H Fujiwara. , *J Appl Phys* , **110** (2011), 84.
- [8] V K Zaitsev, M I Fedorov, E A Gurieva, I S Ermin, P P Konstantinov. , *Phys Rev B* , **74** (2006), 045207.
- [9] K K ishida, A Ishida, T Koyama, S Harada, N L Okamoto, K Tanaka, H Inhui. , *Acta Mater* , **57** (2009), 2010.
- [10] J I Tani, H Kido. , *Physica B Condens Matter* , **364** (2005), 218.
- [11] R G Morris , R D Redin , G C Danielson. , *Phys Rev B* , **109** (1958), 1909.
- [12] R Nagai, K Sugimoto, H Udono, I Kikuma. , *Thin Solid Films* , **515** (2007), 8272.
- [13] L Ivanenko, V L Shaposhnikov, A B Filonov, A V Krivosheeva, V E Borisenko, D B Migas, L Miglio, G Behr, Schumann. , *Thin Solid Films* , **461** (2004), 141.
- [14] 陈茜,谢泉,杨创华,赵凤娟. , *光学学报* , **29** (2009), 229.
- [15] Q Q Xiao, Q Xie, K J Zhao, Z Q Yu. , *Adv Mater Res* , **129** (2010), 290.
- [16] 肖清泉, 谢泉, 陈茜, 赵珂杰, 余志强, 沈向前. , *半导体学报* , **32** (2011), 082002.
- [17] Q Q Xiao, Q Xie, Z Q Yu, K Zhao. , *PhysProcedia* , **11** (2011), 130.
- [18] Q Q Xiao, Q Xie, K J Zhao, Z Q Yu. , *Mater Sci Forum* , **663** (2011), 166.
- [19] 房迪, 肖清泉, 廖杨芳, 袁正兵, 王善兰, 吴宏仙. , *材料导报* , **31** (2017), 9.
- [20] Y F Liao, Q Xie, Q Q Xiao, Q Chen, M H Fan, J Xie, J Huang, J M Zhang, R Ma, S L Wang, H X Wu, D Fang. , *Appl Surf Sci* , **403** (2017), 302.
- [21] 吴宏仙, 廖杨芳, 王善兰, 房迪, 谢泉, 张晋敏. , *低温物理学报* , **38** (2016), 1.
- [22] R Rajalakshmi , S Angappane. , *J Alloy Compd* , **615** (2014), 355.
- [23] 余志强, 谢泉, 肖清泉, 赵珂杰. , *物理学报* , **58** (2009), 6889.
- [24] J E Mahan, A Vantomme, G Langouche, J P Becker. , *Phys Rev B* , **54** (1996), 16965.
- [25] N G Galkin, S V Vavanova, A M Maslov, K N Galkin. , *P Soc Photo-opt Ins* , **5129** (2003), 313.
- [26] 高荣顺, 傅刚, 陈环. , *压电与声光* , **31** (2009), 227.
- [27] F J Liu, Z F Hu, L Zhu, Z J Li, H Q Huang, J W Zhao, X Q Zhang, Y S Wang. , *IEEE Trans Electron Devices* , **59** (2012), 1970.
- [28] F J Liu, Z F Hu, L Zhu, Z J Li, H Q Huang, J W Zhao, X Q Zhang, Y S Wang. , *Solid State Electron* , **68** (2012), 90.

Study on Photosensitive Resistance Characteristics of Mg₂Si Thin Films

YUAN Zhengbing^{1,2} XIAO Qingquan^{1,3†} LIAO Yangfang^{1,4} FANG Di¹
WANG Shanlan¹ WU Hongxian¹ XIE Quan¹ ZHOU Ruixue⁴

¹ *Institute of Advanced Optoelectronic Materials and Technology of College of Big Data and Information Engineering of Guizhou University, Guiyang 550025;*

² *Key Laboratory of Nanodevices and Applications, Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics, Chinese Academy of Sciences, Suzhou 215123;*

³ *Engineering Center for Avionics Electrical and Information Network of Guizhou Provincial Colleges and Universities, Anshun 561000;*

⁴ *School of Physics and Electronic Science of Guizhou Normal University, Guiyang 550001*

Received date: 2017-06-28; accepted date: 2017-09-01

【Abstract】 Mg films with different thicknesses (360 nm, 400 nm, 440 nm, 480 nm, 520 nm and 560 nm) were deposited on N type of Si (111) substrates (resistivity ρ is above $1000 \Omega \cdot \text{cm}$) by magnetron sputtering, and the Mg₂Si films were obtained by subsequent annealing. The fork finger Ag electrodes were coated on the Mg₂Si thin film by silk screen printing, and photosensitive resistors were formed by sintering. The crystal structure, surface morphology, spectral response characteristics, *I-V* characteristics, bright resistances and dark resistances of the obtained samples were characterized and analyzed by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), spectral response test system, semiconductor device analyzer and light response test system, respectively. The results show that the single-phase Mg₂Si thin films are successfully fabricated and Mg₂Si(220) diffraction peaks are strong. Increasing the thickness of deposited Mg films, the diffraction peak intensities of the sample first increase and then decrease, and the surfaces of obtained films show good continuity and compactness; In the wavelength range from 900 nm to 1200 nm, the photosensitive resistor shows good spectral response characteristics. The photocurrent intensity reaches the maximum and then decreases, which is the best at 480 nm of the Mg thickness. The *I-V* characteristics of the samples always keep good linear relationship, which conform the characteristics of the photosensitive resistor and good ohmic contacts. Under the light irradiation with the intensity of $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$ and the wavelength of 1100 nm, bright resistances and dark resistances increase and then decrease with the increase in the thickness of Mg film. The photosensitive resistors have better sensitivity and the ratio of dark resistance to bright resistance is 1.43×10^3 when the thickness of Mg film is 480 nm.

Keywords: magnetron sputtering, Mg₂Si thin film, film thickness, photosensitive resistor

PACS: TN304.055