

ITO 与 p 型 SiCGe 的接触特性*

陈春兰 陈治明[†] 蒲红斌 李连碧 李 佳

(西安理工大学电子工程系, 西安 710048)

摘要: 利用直流磁控溅射系统在 p 型 SiCGe 和载玻片衬底上沉积 ITO 薄膜, 并研究其 ITO 与 p 型 SiCGe 的接触特性与 p 型 SiCGe 制备条件、退火温度、退火时间的关系. 结果表明: p 型 SiCGe 制备条件的不同影响着退火使 ITO/p 型 SiCGe 的接触由线性变为非线性或者由非线性变为线性; 随着退火温度的增加, 接触电阻先减小后增加, 这是由于退火过程中, 接触界面层发生了反应以及接触势垒高度与宽度发生了变化造成的. 当退火温度为 500℃ 时, 其接触电阻达到最小值, 此时 ITO 薄膜的最高透过率高达 90%, 方块电阻为 20.6Ω/□.

关键词: SiCGe, 接触特性, ITO, 磁控溅射

PACC: 7155D; 7340; 8115C

中图分类号: TN305.92

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2007)S0-0548-04

1 引言

为实现 SiC 器件的抗电磁干扰, 开发光控 SiC 器件有其必然性. 但是 SiC 对大部分可见光和全部的红外光都不敏感, 很难在光电领域发挥其优势. 为此, 提出 SiCGe/SiC 异质结开发方案, 利用 SiCGe 中替代位的 C 调控能带结构^[1], 使 SiC 器件具有在可见光或近红外光领域的灵敏响应.

为配合 SiCGe/SiC 光控器件的开发, 有必要制造透明导电电极. 但到目前为止, 与 SiCGe 接触的材料仍然是不透明的金属(如 Ti^[2], Zr^[3]等), 这些金属接触材料不能被人射光完全透射. 如果透明导电材料能够与 SiCGe 材料形成欧姆接触, 那么光电二极管的光电转换效率就会提高. 但是直至今日, 透明导电材料与 SiCGe 材料形成欧姆接触的实验还未见报道. 本文主要研究透明导电材料 ITO 与 SiCGe 材料的接触特性.

2 实验

p 型 SiCGe 层是通过热壁 CVD 在 Si 面 SiC 衬底上外延生长得到的.

对外延片和载玻片经过适当的清洗处理后, 放入超高真空直流磁控溅射台. 首先, 进行直流轰击清洗, 然后通入氩气在 p 型 SiCGe 上和载玻片上沉积

ITO 薄膜. 生长的本底真空为 7.1×10^{-4} Pa, 基片温度为 100℃, 溅射压强为 0.6 Pa.

对沉积后的 ITO 薄膜使用 RTP-300 设备在 N₂ 气的保护下进行退火. 退火温度分别为 300, 400, 500, 600 和 700℃; 退火时间分别为 30, 60, 90 和 120s.

3 结果与分析

3.1 不同沉积条件对 ITO 薄膜透过率的影响

首先, 利用不同溅射功率在载玻片上沉积 ITO 薄膜. 图 1 显示了 ITO 薄膜的光透过率与光波长的关系. 从图 1 中可看出, ITO 薄膜的透过率随着溅射功率的增加而增加, 当溅射功率为 79.2W 时, ITO 薄膜的透过率最高可达 88.15663%; 而溅射功率为 34.8W 时, ITO 薄膜的透过率最高为 85.83015%. 通过四探针测量, 溅射功率为 79.2W 的样品的方块电阻为 22.8Ω/□, 而溅射功率为 34.8W 的样品的方块电阻为 52Ω/□. 结果表明, ITO 薄膜的方块电阻随溅射功率的增加而降低. 这是因为溅射粒子沉积在基片上的能量随着溅射功率的增加而增加, 从而导致沉积的薄膜与基片之间的附着力以及膜层的致密性也都有所提高, 因此薄膜的透过率升高了. 而薄膜与基片之间附着力和薄层致密性的提高导致晶界散射减少了, 故功率增加薄膜的

* 国家自然科学基金(批准号:60376011)和教育部分校博士学科点专项科研基金(批准号:20040700001)资助项目

[†] 通信作者. Email: chenzm@xaut.edu.cn

2006-11-30 收到

导电性得到改善. 因此, 在 p 型 SiCGe 外延片上溅射 ITO 薄膜时采用的溅射功率以 79.2W 为宜.

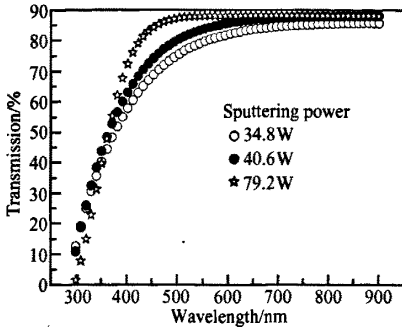


图 1 不同溅射功率的 ITO 薄膜的透过率曲线

Fig.1 Transmission of ITO film with the different sputtering powers

3.2 退火条件对 ITO 与 p 型 SiCGe 接触特性的影响

由图 2 和图 3 可得到快速退火对 ITO 与 P 型 SiCGe 接触特性的影响.

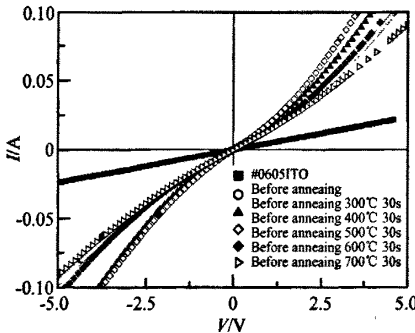


图 2 退火温度对 I-V 特性的影响

Fig.2 Influence of the annealing temperature on the I-V characteristic

图 2 显示不同退火温度下 ITO 与 p 型 SiCGe 的 I-V 特性. 从图中得知, 未退火时, 样品的 I-V 特性呈现线性特性; 对样品进行退火后, 其 I-V 特性呈现非线性特性. 在给定的 30s 的退火时间中, 随着退火温度的增加, 其接触的阈值电压先是减小, 减小到接触电阻最小时, 随着退火温度的进一步增加其阈值电压也跟着增加. 这是由于接触的阈值电压与接触势垒的高度和宽度有关, 则所获得的最小接触电阻也与势垒高度、宽度和退火过程中形成的界面层有关^[4,5].

从图 3 可以看出, 退火温度为 300°C 和 700°C

时, 退火时间 30s 到 120s 对 ITO 与 p 型 SiCGe 之间的接触特性基本没影响.

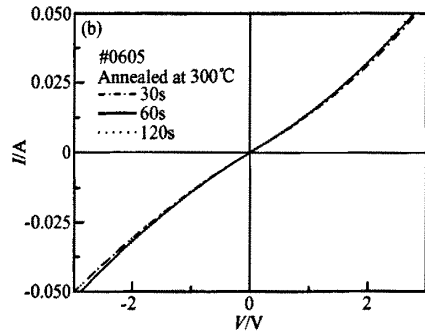
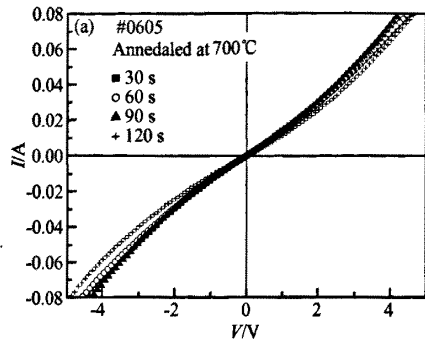


图 3 退火时间对 I-V 特性的影响

Fig.3 Influence of the annealing time on the I-V characteristic

3.3 p-SiCGe 的制备条件对 p-SiCGe 与 ITO 接触特性的影响

由图 4 可以看出, 退火使样品 #0605 的接触特性由线性到非线性, 而使样品 #061024 的接触特性由非线性到线性.

样品 #0605 p 型 SiCGe 的制备条件为: $H_2 : SiH_4 : C_3H_4 : GeH_4 : B_2H_6 = 100 : 30 : 10 : 20 : 1$; 生长温度为 575°C. 样品 #061024 p 型 SiCGe 的制备条件为: $H_2 : SiH_4 : C_3H_4 : GeH_4 : B_2H_6 = 150 : 15 : 5 : 10 : 1$; 生长温度为 950°C. ITO 薄膜的制备条件和退火条件都一样.

由此可见, p 型 SiCGe 的制备条件影响着 p-SiCGe 与 ITO 的接触特性.

根据以上接触特性的研究, 为了配合光电二极管的研究, 有必要研究 ITO 薄膜在退火 500°C 后的透过率和方块电阻. 图 5 是样品 #0605 在退火前后的透过率图. 图中所示, 退火 500°C 后的最高透过率为 90%. 但是退火 500°C 前后的透过率变化不大. 退火后的 ITO 薄膜的方块电阻通过四探针测试得到 $20.6 \Omega/\square$.

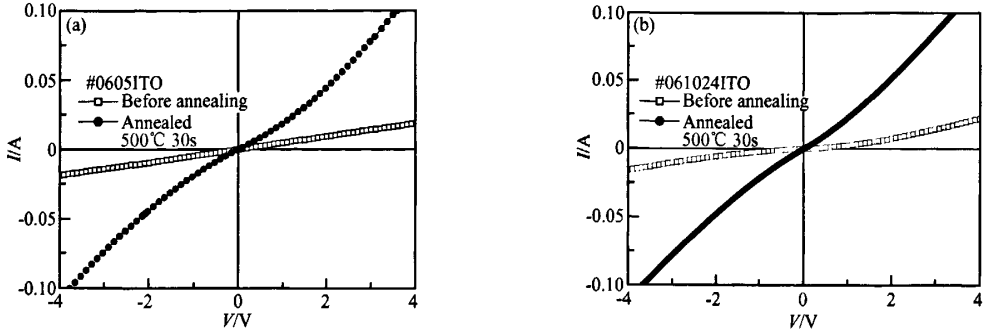


图 4 p 型 SiGe 的制备条件对 ITO 与 p 型 SiGe 接触特性的影响

Fig. 4 Influence of the preparation conditions of p-SiGe on the contact characteristic between ITO and p-SiGe

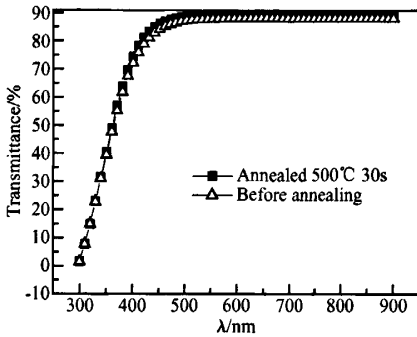


图 5 退火前后的透过率曲线

Fig. 5 Optical transmittance of ITO before and after annealing

4 结论

利用溅射功率为 79.2W 的工艺条件,得到了透过率高达 88.15663%,方块电阻为 22.8Ω/□的 ITO 薄膜.结果表明,以溅射功率为 79.2W 的工艺条件在 p 型 SiGe 上沉积 ITO 薄膜并进行退火处理,p 型 SiGe 制备条件的不同影响着退火使 ITO/p 型 SiGe 的接触由线性变为非线性或者由非线性

变为线性;随着退火温度的增加,接触电阻先减小后增加,这是由于退火过程中接触界面层发生了反应以及接触势垒高度与宽度发生了变化造成的.当退火温度为 500℃ 时,其接触电阻达到最小值,此时 ITO 薄膜的最高透过率高达 90%,方块电阻为 20.6Ω/□.

参考文献

- [1] Li B,Chua S,Nikolai Y, et al. Properties of Schottky contact of titanium on low doped p-type SiGeC alloy by rapid thermal annealing. *Solid-State Electron*,2003,47,601
- [2] Barthula M,Aubry-Fortuna V,Meyer F, et al. Rapid thermal annealing of Zr/SiGeC contacts. *Materials Science in Semiconductor Processing*,1998,1:263
- [3] Bae J W,Kim H J,Kim J S, et al. Effects of oxygen ion beam plasma conditions on the properties of indium tin oxide thin films. *Vacuum*,2000,56:7
- [4] Kim D W,Sung Y J,Park J W, et al. A study of transparent indium tin oxide (ITO) contact to p-GaN. *Thin Solid Films*, 2001,398/399,87
- [5] Sheu J K,Su Y K,Chi G C, et al. Indium tin oxide Ohmic contact to highly doped n-GaN. *Solid-State Electron*, 1999, 43:2081

Study of ITO Contact to p-SiCGe*

Chen Chunlan, Chen Zhiming[†], Pu Hongbin, Li Lianbi, and Li Jia

(Department of Electronic Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Indium tin oxide (ITO) thin film was deposited on p-SiCGe and glass substrates by DC magnetic controlled sputtering, and contact property of the deposited ITO on p-type SiCGe is investigated as a function of the preparation conditions of p-SiCGe, annealing temperature and annealing time. The results show that the different preparation conditions of p-SiCGe make the ITO contact to p-SiCGe after annealing changed from nonlinear to linear or from linear to nonlinear, and as the thermal annealing temperature increases for a given annealing time, the contact resistance is decreased until the minimum contact resistances are obtained and the further increase of annealing temperature increases the contact resistance. Because it is related to interfacial reaction and the contact potential barrier height and width during annealing, at annealing temperature of 500°C, the minimum contact resistance is obtained, the highest transmittance of ITO films is 90%, and the sheet resistance is 20.6Ω/□.

Key words: SiCGe; contact property; ITO; magnetic controlled sputtering

PACC: 7155D; 7340; 8115C

Article ID: 0253-4177(2007)S0-0548-04

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 60376011) and the Specialized Research Fund for the Doctoral Program of High Education (No. 20040700001)

[†] Corresponding author. Email: chenzm@xaut.edu.cn

Received 30 November 2006