

# GaP 薄膜的射频磁控溅射沉积及其计算机模拟<sup>\*</sup>

李阳平<sup>†</sup> 刘正堂 赵海龙 刘文婷 闫 锋

(西北工业大学材料学院, 西安 710072)

(2006 年 8 月 9 日收到, 2006 年 10 月 18 日收到修改稿)

以 GaP 为靶材采用射频磁控溅射法制备 GaP 红外光学薄膜, 通过保持 Ar I 750 nm 发射光谱线强度不变获得了不同工艺参数, 并对沉积过程进行了计算机模拟. 功率较小、气压较大时, Ga 和 P 的溅射率、运输效率及沉积到衬底时的能量均较小, Ga 的溅射率及运输效率均大于 P 的, 使薄膜沉积速率较低、薄膜中 Ga 的含量大于 P 的, GaP 薄膜产生较大吸收. 功率较大、气压较小时, Ga 和 P 的溅射率、运输效率及沉积到衬底时的能量均增大, Ga 的溅射率大于 P 的, 但其运输效率小于 P 的, 使 GaP 薄膜的沉积速率增大、薄膜中 Ga 与 P 的含量接近化学计量比, GaP 薄膜的吸收降低, 因此有利于制备厚度较大的 GaP 薄膜.

关键词: GaP, 薄膜, 射频磁控溅射, 计算机模拟

PACC: 7820, 8115, 5265

## 1. 引 言

GaP 是 III-V 族化合物半导体材料, 具有良好的机械、抗化学腐蚀和红外透过性能, 室温下禁带宽度为 2.26 eV, 在长波红外(8—12  $\mu\text{m}$ )窗口、发光材料及光电子器件等方面有着广泛应用. GaP 为闪锌矿结构, 晶格常数为 5.45 Å, 与闪锌矿 ZnS 的( $a = 5.4$  Å)接近, 可用于 ZnS 长波红外窗口的耐久性红外增透保护膜系中. GaP 作为耐久性红外光学薄膜已得到了大量研究<sup>[1-6]</sup>, 通常用反应溅射(RS)和等离子体辅助化学气相沉积(PACVD)等方法制备, 为了提高耐久性一般需制备较大厚度的 GaP 膜. RS 法用块体 GaP 材料作为靶材, 溅射过程中往真空室内通入  $\text{PH}_3$ , 制备的 GaP 膜耐久性好, 但不易在复杂形状及大面积衬底上制备; PACVD 法用  $\text{PH}_3$  和 Ga 的金属有机化合物作为前驱气体, 制备的 GaP 膜耐久性比 RS 法制备的差, 但易于在复杂形状及大面积衬底上制备. 在这两种方法中都用到了剧毒气体  $\text{PH}_3$ , 会增加制备过程中的难度及成本.

射频磁控溅射法可制备各种材料的薄膜, 所制备薄膜致密性好、附着力强, 得到了广泛应用. 射频磁控溅射法制备薄膜可分为靶材溅射及溅射原子输

运过程(即沉积过程)和薄膜生长过程. 在各工艺参数中, 衬底温度对薄膜生长过程有非常重要的影响; 其他工艺参数, 如射频功率、工作气压、气体流量等只对沉积过程产生直接影响, 并影响到溅射原子沉积到衬底时的能量, 从而对薄膜的生长及性质产生影响. 对射频磁控溅射沉积过程中的粒子输运行为进行研究, 可深入理解工艺参数对薄膜性能的影响规律, 而有关射频磁控溅射制备薄膜的大多数工作主要集中在工艺参数对薄膜性能的影响规律及工艺参数优化的研究上, 对粒子输运的微观过程研究较少.

本文采用射频磁控溅射法制备了 GaP 薄膜, 用 Monte-Carlo 法对沉积过程进行了计算机模拟, 从而深入研究了工艺参数对 GaP 薄膜性质的影响.

## 2. GaP 薄膜的制备及红外透过性能

采用射频磁控溅射法制备 GaP 薄膜, 衬底为  $\phi 20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$  的热压 ZnS 圆片, 靶材为  $\phi 50 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$  的 GaP 圆片, 工作气体为 99.99% 的高纯 Ar, 背景真空度  $< 3.0 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ , 衬底温度为 390°C. 在制备过程中, 用 OCEAN OPTIC 2000 光学多道分析仪观测射频辉光放电等离子体发射光谱, 通过减小 Ar 气流

<sup>\*</sup> 航空科学基金(批准号 04G53043)资助的课题.

<sup>†</sup> 通讯联系人. E-mail: lyp6@163.com

量和工作气压、同时增大射频功率来保持 Ar I 750 nm发射光谱线强度不变、以保持辉光放电特性不变,由此得到了不同的工作气压和射频功率等工艺参数、并制备了 GaP 薄膜.图 1 是保持 Ar I 750 nm发射光谱线强度不变时射频功率和工作气压的关系曲线.试样的红外透过率曲线通过 Nicolet 60 SXR 傅里叶变换红外光谱仪进行测试.用 PHI-5400 X 射线光电子能谱仪分析了 GaP 薄膜的成分,其中靶为 Mg 靶、通带能量为 178.95 eV,分析前用 Ar<sup>+</sup>对薄膜表面进行 15 min 溅射清洗.

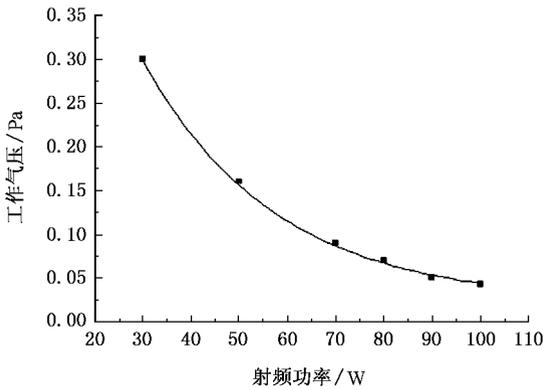


图 1 保持 Ar I 750 nm 发射光谱线强度不变时射频功率和工作气压的关系曲线

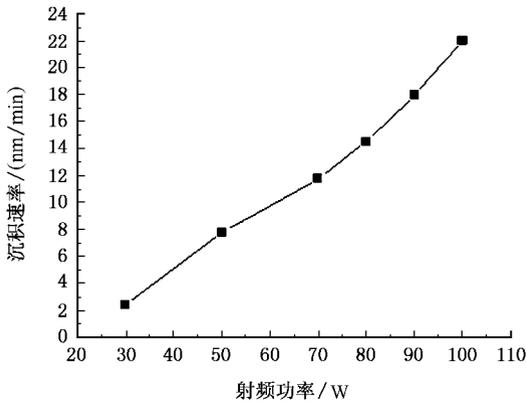


图 2 图 1 中不同工艺参数下 GaP 薄膜的沉积速率

图 2 是在图 1 中不同工艺参数下制备 GaP 薄膜的沉积速率.增大射频功率、同时减小工作气压,可以显著提高 GaP 薄膜的沉积速率,这有利于制备厚度较大的 GaP 薄膜.图 3 是 ZnS 衬底上在不同工艺参数下制备 GaP 薄膜前后的红外透过率曲线,其中薄膜(a)在 30 W,0.3 Pa 下制备,薄膜(b)在 90 W,0.05 Pa 下制备.通过对红外透过率曲线进行拟合<sup>[7]</sup>,可得 GaP 薄膜(a)的厚度约为 5482 nm,波长

10 μm(波数为 1000 cm<sup>-1</sup>)处的折射率约为 3.00,吸收系数约为 151.893 cm<sup>-1</sup>;GaP 薄膜(b)的厚度约为 9365 nm,波长 10 μm 处的折射率约为 2.91,吸收系数约为 22.826 cm<sup>-1</sup>.显然,GaP 薄膜(b)的红外吸收比(a)的要小得多.图 4 是 GaP 薄膜(a)和(b)的 XPS 分析结果,薄膜中除了含有 Ga 和 P 外还含有杂质 O.薄膜(a)中,Ga 的原子百分比浓度为 63.55%,P 的为 27.61%,Ga 的含量远比 P 的多.薄膜(b)中,Ga 的原子百分比浓度为 49%,P 的为 47.69%,Ga 和 P 接近化学计量比.比较图 3 和图 4 可知,所制备 GaP 薄膜的红外吸收随薄膜中 Ga 含量的增大而增大.当薄膜中 Ga 含量过多时,一部分 Ga 与 P 结合形成了 GaP 化合物、一部分 Ga 与 O 结合形成氧化物、还有部分 Ga 以金属态存在<sup>[8]</sup>.金属态 Ga 中的自由电子会增加薄膜的电导率,从而使薄膜的自由电子吸收增强、红外透过性能下降.GaP 膜的折射率也随 Ga 含量的增大有所增加.薄膜中的 O 主要是由真空室内渗漏和残留的大气引入,它主要与 Ga 结合形成了 Ga 的氧化物,其含量随 Ga 含量的增大有所增加,但 O 杂质对薄膜的红外吸收影响不大.因此,要提高 GaP 薄膜的红外透过性能,必须制备符合化学计量比的 GaP 薄膜.而在上述工艺参数中,当工作气压较小、射频功率较大时,可提高 P:Ga 含量比、使其接近 1:1.

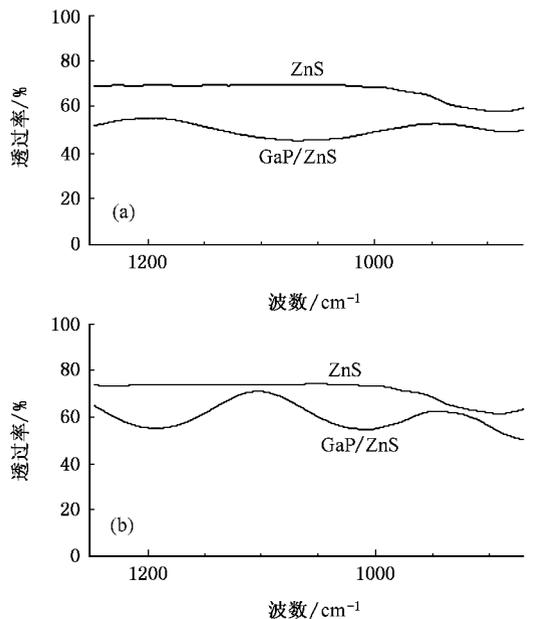


图 3 ZnS 衬底上在不同工艺参数下制备 GaP 薄膜前后的红外透过率曲线 (a)30 W 0.3 Pa (b)90 W 0.05 Pa

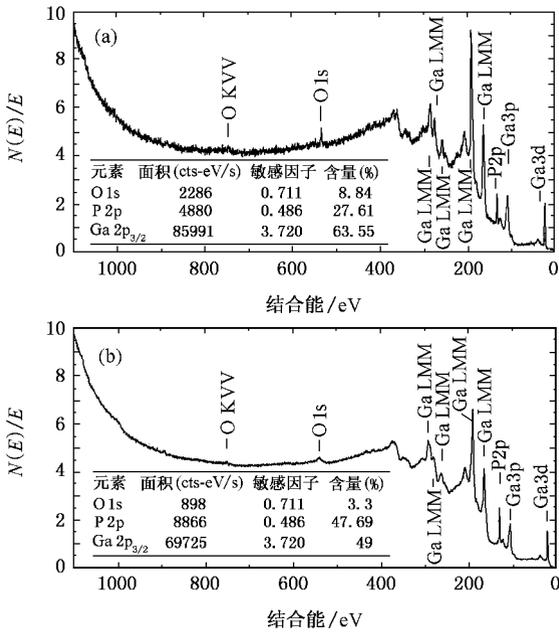


图 4 不同工艺参数下制备的 GaP 薄膜的 XPS 分析结果 (a) 30 W 0.3 Pa (b) 90 W 0.05 Pa

### 3. GaP 薄膜沉积过程的计算机模拟

#### 3.1. 模拟模型及模拟过程

射频磁控溅射中,离子的产生及运输、离子对靶材的溅射、溅射原子的运输依次顺序发生、互相关联,所以可对这些过程分别建立模型进行模拟,然后把前一过程的结果作为后一过程的输入,从而完成整个模拟过程。

离子由射频辉光放电产生,放电稳定后在等离子体与电容耦合的阴极(靶)之间产生等离子体壳层。图 5 是射频辉光放电系统及等离子体壳层结构示意图,其中两电极是圆形结构,阴极所加电压为正弦波形,图中  $V$  是电位、 $x$  是轴向位置、 $r$  是径向位置、 $t$  是时间、 $V_p$  是等离子体平均电位、 $V_p(t)$  是等离子体瞬时电位、 $V_b$  是靶面自偏压、 $V(t)$  是阴极瞬时电位、 $\Delta V_{rf}$  是阴极电位的幅值、 $V_f$  是阳极浮置电位、 $d$  是壳层的平均厚度。由于壳层中的电子密度很低、电离碰撞可忽略,所以假设离子只在等离子体中产生,到达壳层边沿的离子在壳层电场的作用下加速飞向靶面,发生溅射;离子质量大、频率远小于射频频率(13.56 MHz),所以假设离子运动不受射频调制、是在厚度为  $d$  的平均壳层中运动<sup>[9]</sup>;壳层厚度  $d$  通常较小,离子运输时间很短,且发生碰撞后运动方

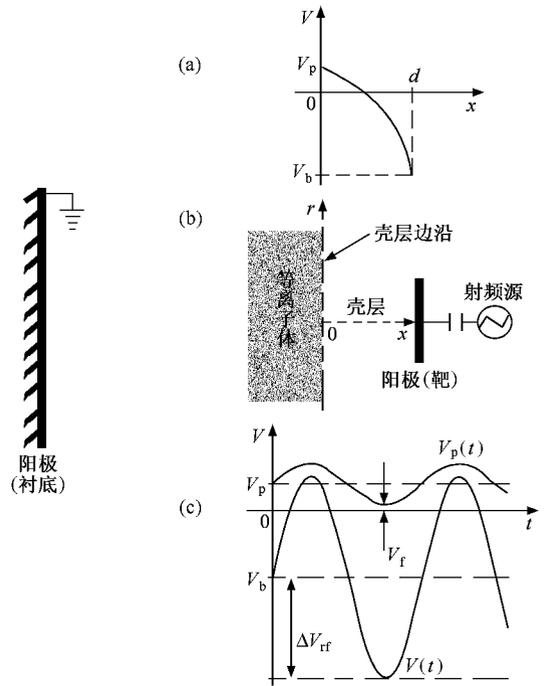


图 5 射频辉光放电系统及等离子体壳层结构示意图 (a)壳层内平均电位分布 (b)放电系统及壳层结构 (c)阴极和等离子体电位

向有一定的不确定性,所以不考虑磁场对离子运动轨迹的影响。根据 Langmuir-Child 空间电荷限制理论, $d$  及壳层内的电场强度  $E(x)$  可分别用以下式计算<sup>[10,11]</sup>:

$$d = 0.793 \epsilon_0^{1/2} (e/m_i)^{1/4} V_c^{3/4} J_i^{-1/2}, \quad (1)$$

$$E(x) = \frac{4V_c}{3d} \left(\frac{x}{d}\right)^{1/3}, \quad (2)$$

其中  $\epsilon_0$  为真空介电常数、 $e$  为电子电荷、 $m_i$  为离子质量、 $J_i$  为离子电流密度、 $V_c$  为壳层平均电压。根据图 5 中阴极和等离子体电位分布<sup>[12-14]</sup>,阳极浮置电位  $V_f$  很小<sup>[15]</sup>,则  $V_p$  和  $V_c$  可由下式计算<sup>[14,16]</sup>:

$$V_p = \frac{1}{2}(\Delta V_{rf} + V_b), \quad (3)$$

$$V_c = V_p - V_b, \quad (4)$$

式中的  $J_i$ 、 $\Delta V_{rf}$  和  $V_b$  可由实验测定,则可计算出  $d$  和  $E(x)$ 。模拟时首先确定壳层边沿处离子的初始速度。假设等离子体中的离子服从 Maxwell-Boltzmann 分布,则知道离子温度后可通过随机抽样确定壳层边沿处离子的初始速度<sup>[17]</sup>。由于冷等离子体中的电子温度很高、而离子温度和中性粒子温度很低且相近,所以其中的离子温度可由真空室内的温度代替、由实验测定。其次,确定壳层边沿处离子的初始位

置,其中轴向位置  $x$  固定为 0,只需确定径向位置.由于靶面附近分布较强的磁场,对电子有束缚作用,使得在平行靶面方向磁场分量愈大的区域等离子体密度愈大,离子对靶材的溅射愈强烈,因此假设壳层边沿处离子密度径向分布与靶面溅射坑深度分布一致,则可通过拟合靶面溅射坑深度分布得到离子径向分布,再由随机抽样确定离子的初始径向位置<sup>[17]</sup>.最后,采用自由飞行距离(DOF)法模拟离子在壳层中的运动,即根据离子的自由程分布函数随机抽取离子的自由运动路程,在这段路程内离子不发生碰撞.因为真空室内压强低、电离度小,所以只考虑离子在壳层中与背景气体分子的弹性碰撞及受到的电场加速作用.假设真空室中的背景气体分子服从 Maxwell-Boltzmann 分布,离子与背景气体分子的相互作用采用两体碰撞模型<sup>[18]</sup>,它们之间的作用势表示为<sup>[19]</sup>

$$V(r) = Ae^{-ar} - \sum_m C_m / r^m, \quad (5)$$

式中  $r$  是两粒子间的距离,  $m$  是正整数,  $a$  和  $C_m$  是常数.离子输运模拟可得到离子到达靶面时的能量、位置和入射角度<sup>[17]</sup>.

GaP 靶的溅射采用 SRIM<sup>[20]</sup>模拟. SRIM 是模拟粒子在固体中受到的阻止及射程分布的软件,采用级联碰撞模型及两体碰撞近似.用 SRIM 模拟溅射过程时需把入射离子的能量、位置和入射角度作为初始参数,这些参数由上述离子输运模拟得到. GaP 靶的溅射模拟可得到 P 原子和 Ga 原子从靶面出射时的能量、位置及角度,并把它们作为溅射原子输运模拟中的初始参数.溅射原子输运模拟采用 DOF 方法.由于真空室中气体电离度很低、溅射原子数目很少,所以溅射原子在飞行过程中主要和背景气体分子发生碰撞.模拟中只考虑了溅射原子和背景气体分子间的弹性碰撞,并采用了两体碰撞近似,中性粒子间的相互作用势采用屏蔽的库仑作用势<sup>[21]</sup>:

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r} u(r/a), \quad (6)$$

式中  $\epsilon_0$  为真空介电常数,  $e$  为电子电荷;  $Z$  为原子序数;  $r$  为两原子间的距离;  $a$  为屏蔽长度;  $u(r/a)$  是屏蔽函数,表示库仑作用的减弱.溅射原子输运模拟最后可得到 P 和 Ga 原子到达衬底时的能量、位置及入射角度.

### 3.2. 模拟结果及分析

随机抽取 100000 个  $\text{Ar}^+$ ,模拟了图 1 中不同工

艺参数下 GaP 薄膜的沉积过程.表 1 是测量得到的相应放电参数.

表 1 图 1 中不同工艺参数下测量得到的放电参数

射频功率/W	$V_b/V$	$\Delta V_{it}/V$	$J_f(\text{mA}/\text{cm}^2)$	离子温度 $T_i/K$
30	-103	175	5.2	430
50	-147	250	6.1	513
70	-185	296	7.0	567
80	-216	343	7.6	602
90	-250	395	8.3	625
100	-282	442	8.8	640

图 6 是模拟的 30 W, 70 W, 90 W 所对应的参数下溅射原子的能量、位置及出射角度分布,其中  $\theta$  是溅射原子出射方向与轴向  $x$  的夹角.从图 6(a)可知, Ga 和 P 原子的能量分布几乎完全相同,溅射原子的能量主要集中在几个到几十个电子伏范围内;随功率增大,溅射原子能量分布偏向于高能量区域,但高能量区域的分布很小.这是因为,入射离子的能量大部分消耗在靶材中的级联碰撞过程中,分配给参与级联碰撞的原子,最后变成靶材的热能,入射离子的能量只有部分用来克服靶材的表面束缚能,引起溅射现象;当功率增大时入射离子能量增大,级联碰撞加剧,使溅射率增加.从图 6(b)可知, Ga 原子和 P 原子沿靶面径向分布相同,其中分布峰值对应靶面溅射坑的最大深度;随着功率增大,溅射原子沿靶面径向分布的变化不大.这是因为,从宏观上看入射离子在靶中的侧向运动距离很小,溅射现象只发生在离子入射点附近.从图 6(c)可知, Ga 原子和 P 原子的出射角度分布几乎相同,溅射原子大部分是以接近靶面法向的角度出射,但 Ga 原子在靶面法向的分布较 P 原子小.在模拟的工艺参数范围内,溅射原子的出射角随工艺参数的变化不太明显.

不同参数下 Ga 原子从靶面出射时的能量、位置及角度分布与 P 的相似,但 Ga 和 P 原子的溅射率相差较大.图 7 是模拟的不同参数下 Ga 和 P 原子的溅射率.增大射频功率、同时减小工作气压, Ga 和 P 原子的溅射率均线性增大,这有利于提高薄膜的沉积速率,但 Ga 的溅射率大于 P 的.对于合金靶来说,若各成分原子的溅射率不同就会发生择优溅射,使溅射率大的原子在靶中贫乏,其溅射率逐渐下降,使溅射率小的原子在靶中富集,其溅射率逐渐增大,从而随着溅射的进行各成分原子的溅射率之比与它们在靶中的含量比达到一致.但对于化合物靶来说情

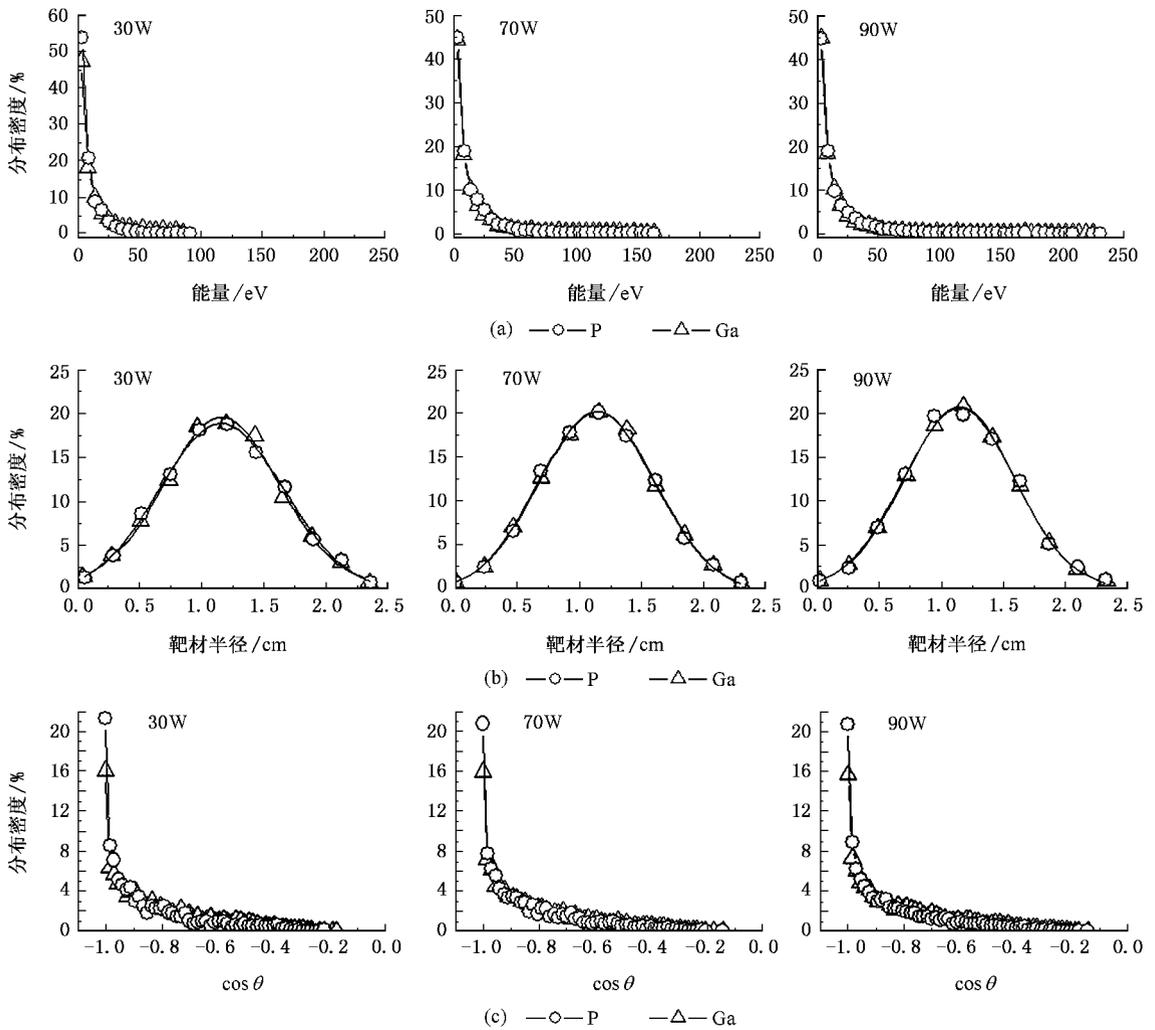


图 6 模拟的不同参数下 P 和 Ga 原子从靶面溅射时的能量分布(a),沿靶面径向位置分布(b)和出射角度分布(c)

况比较复杂,还没有得出普遍的结论. GaP 靶中 Ga 的溅射率比 P 的大,将会使所制备 GaP 薄膜中 Ga 的含量高于 P 的.

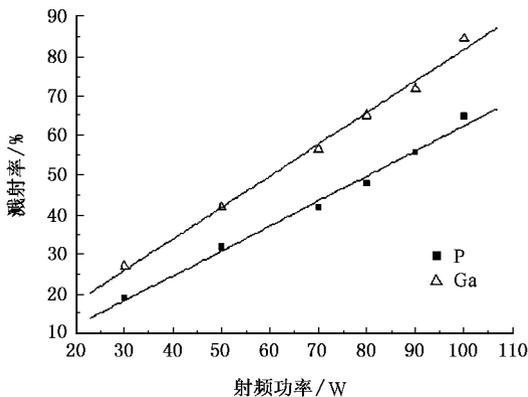


图 7 模拟的不同参数下 Ga 和 P 原子的溅射率

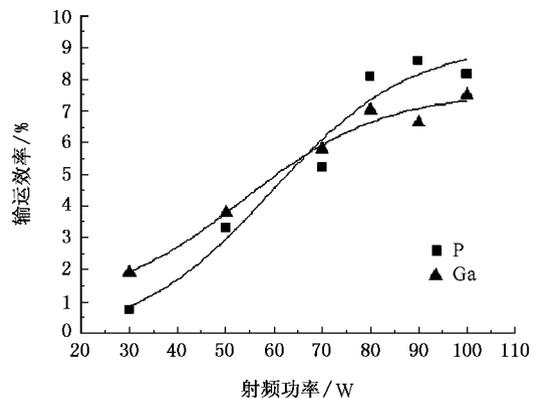


图 8 模拟的不同参数下 Ga 和 P 原子的运输效率

把沉积到衬底的溅射原子数与溅射原子总数之比定义为运输效率.图 8 是模拟的不同参数下 Ga 和 P 原子的运输效率.增大射频频率、同时减小工作气

压, Ga 和 P 原子的输运效率均增大, 因此可以提高薄膜的沉积速率; 但功率较小、气压较高时 P 原子的输运效率小于 Ga 原子的, 而功率较大、气压较低时 P 原子的输运效率大于 Ga 的. 因此, 增大功率、减小气压可以提高到达衬底表面的 P: Ga 原子数量比, 从而有利于增大 GaP 薄膜中 P 的含量.

图 9 是模拟的 30 W, 70 W, 90 W 所对应参数下溅射原子沉积到衬底时的能量分布. P 和 Ga 原子沉积到衬底时能量主要集中在几个电子伏范围内, 高能范围的分布很小. 在低能量范围内出现了两个主要的分布峰, 其中能量较小的一个在远小于 1 eV 的范围内, 另一个在几个电子伏的范围内. 当功率较小、气压较大时, 能量远小于 1 eV 的分布峰很大, 而

能量为几个电子伏的分布峰很小; 当增大功率、减小气压时, 能量远小于 1 eV 的分布峰减小, 而能量为几个电子伏的分布峰变大, 且 P 原子的这种变化趋势比 Ga 原子的大. 能量远小于 1 eV 的分布峰主要是因为一部分溅射原子在输运过程中和背景气体分子进行了大量碰撞, 达到了背景气体分子的温度, 这部分原子沉积到衬底后会被后续沉积的高能量原子溅射掉, 在溅射镀膜中对薄膜的生长贡献不太大, 而用来成膜的主要是能量为几个电子伏和更高能量的原子. 因此, 增大射频功率、减小工作气压, 可使更多较高能量的 Ga 和 P 原子沉积到衬底, 有利于沉积原子在衬底表面上进行扩散、反应及结合, 从而生长出高质量的 GaP 薄膜.

从表 1 可知, 增大射频功率、同时减小工作气压, 而保持 Ar I 750 nm 发射光谱线强度不变时, 靶面自偏压  $V_b$  的绝对值及离子电流密度  $J_i$  均增大, 即入射离子的加速电压及入射离子的数目均增大, 所以使 Ga 及 P 的溅射率增大, 溅射原子的能量有所增加. 工作气压降低, 使溅射原子输运时的平均自由程增大、碰撞概率及散射减小, 所以溅射原子的输运效率及输运到衬底时的能量增大. 增大射频功率、同时减小工作气压, P 原子的输运效率比 Ga 原子的增大得快, 说明 P 原子的平均自由程比 Ga 原子的增大得快, 所以在这种情况下更有利于 P 原子的输运.

## 4. 结 论

以 GaP 为靶材采用射频磁控溅射法制备 GaP 红外光学薄膜. 通过同时改变射频功率和工作气压来保持 Ar I 750 nm 发射光谱线强度不变. 当射频功率较小、工作气压较大时, GaP 薄膜沉积速率较小, 薄膜中 Ga 的含量大于 P 的, 使薄膜吸收增大; 当射频功率较大、工作气压较小时, GaP 薄膜沉积速率增大, 薄膜中 Ga 与 P 的含量接近化学计量比, 使薄膜吸收减小, 从而有利于制备较大厚度的 GaP 红外光学薄膜. 计算机模拟结果表明, 功率较小、气压较大时, Ga 和 P 的溅射率、输运效率及沉积到衬底时的能量均较小, Ga 的溅射率及输运效率均大于 P 的, 所以 GaP 薄膜沉积速率较小, 薄膜中 Ga 的含量大于 P 的; 而功率较大、气压较小时, Ga 和 P 的溅射率、输运效率及沉积到衬底时的能量均增大, Ga 的溅射率大于 P 的, 但其输运效率小于 P 的, 所以 GaP 薄膜的沉积速率增大, 薄膜中 Ga 与 P 的含量接近化学计量比.

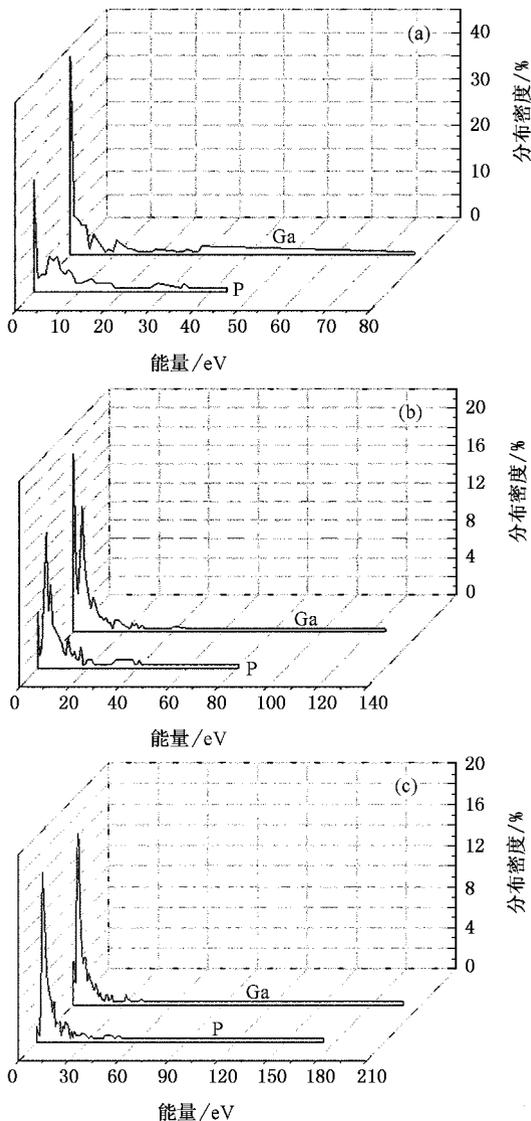


图 9 模拟的不同参数下 Ga 和 P 原子沉积到衬底时的能量分布  
(a) 30 W (b) 70 W (c) 90 W

- [ 1 ] Wilson M , Thomas M , Perez I 1994 *Proc. SPIE* **2286** 108
- [ 2 ] Gibson D R , Waddell E M 1994 *Proc. SPIE* **2286** 335
- [ 3 ] Waddell E M , Gibson G R 1994 *Proc. SPIE* **2286** 364
- [ 4 ] Waddell E M , Gibson D R 1994 *Proc. SPIE* **2286** 376
- [ 5 ] Gibson D R , Waddell E M , Wilson S A , Lewis K L 1994 *Opt. Eng.* **33** 957
- [ 6 ] Askinazi J , Narayanan A 1997 *Proc. SPIE* **3060** 356
- [ 7 ] Li Y P , Liu Z T , Zhao H L *et al* 2006 *Acta Optica Sinica* **26** 1589 ( in Chinese ) [ 李阳平、刘正堂、赵海龙等 2006 光学学报 **26** 1589 ]
- [ 8 ] Li Y P , Liu Z T 2005 *Materials Science Forum* **475-479** 3685
- [ 9 ] Dai Z L , Wang Y N , Ma T C 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 2398 ( in Chinese ) [ 戴忠玲、王友年、马腾才 2001 物理学报 **50** 2398 ]
- [ 10 ] Godyak V A 1993 *IEEE Transaction on Plasma Science* **21** 378
- [ 11 ] Godyak V A 1990 *IEEE Transaction on Plasma Science* **18** 195
- [ 12 ] Kuypers A D , Hopman H J 1990 *J. Appl. Phys.* **67** 1229
- [ 13 ] Gill M D 1984 *Vacuum* **34** 357
- [ 14 ] Al-Assadi K F 1991 *Vacuum* **43** 287
- [ 15 ] Suzuki K , Ninomiya K , Nishimatsu S 1985 *J. Vac. Sci. Technol.* **B3** 1025
- [ 16 ] Köhler K , Coburn J W , Horne D E , Kay E , Keller H J 1985 *J. Appl. Phys.* **57** 59
- [ 17 ] Li Y P , Liu Z T , Geng D S 2003 *Vac. Sci. Technol. ( China )* **23** 199 ( in Chinese ) [ 李阳平、刘正堂、耿东生 2003 真空科学与技术(中国) **23** 199 ]
- [ 18 ] Xu J L , Jin S X 1981 *Plasma Physics* ( Beijing : Atomic Energy Press ) p22—37 ( in Chinese ) [ 徐家鸾、金尚宪 1981 等离子体物理学(北京:原子能出版社)第 22—37 页 ]
- [ 19 ] Meyer M , Pontikis V 1991 *Computer Simulation in Materials Science : interatomic potentials , simulation techniques , and applications* ( Boston : Kluwer Academic Publishers ) p161
- [ 20 ] Ziegler J F , Biersack J P , Littmark U 1985 *The Stopping and Range of Ions in Solids* ( New York : Pergamon Press ) p202-263 ; <http://www.srim.org/>
- [ 21 ] Groves J F 1998 *Directed Vapor Deposition* ( PHD Dissertation of University of Virginia ) 188

# RF magnetron sputtering of GaP thin film and computer simulation of its depositing process<sup>\*</sup>

Li Yang-Ping<sup>†</sup> Liu Zheng-Tang Zhao Hai-Long Liu Wen-Ting Yan Feng  
(*School of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China*)  
(Received 9 August 2006; revised manuscript received 18 October 2006)

## Abstract

GaP IR thin films were deposited through RF magnetron sputtering with a GaP disk as the target. The intensity of Ar I 750nm optical emission line was kept the same in different experiments, with which various deposition parameters were got, and the deposition processes were studied with computer simulation. The results showed that under low sputtering power and high working gas pressure, the sputtering yields and transporting efficiencies of Ga and P atoms as well as their energies at arriving the substrate's surface are small, the sputtering yield and transporting efficiency of Ga atom are both larger than those of P atom, hence the depositing rate of GaP film is low, the content of Ga in the film is larger than that of P, which makes the film have high absorbance in IR waveband. But under high sputtering power and low working gas pressure, the atoms' sputtering yields, transporting efficiencies and energies at arriving the substrate's surface all increase, the sputtering yield of Ga atom is larger than that of P atom, whereas its transporting efficiency is smaller than that of P atom, hence the depositing rate of GaP film is high and stoichiometric film with low absorbance is deposited, which is advantageous to depositing large-thickness GaP film.

**Keywords** : GaP, thin film, RF magnetron sputtering, computer simulation

**PACC** : 7820, 8115, 5265

<sup>\*</sup> Project supported by the Aviation Science Foundation of China (Grant No. 04G53043).

<sup>†</sup> Corresponding author. E-mail: lyp6@163.com