

文章编号: 0254-0096(2013)08-1311-06

# 化学水浴沉积参数对 CdS 薄膜生长速率的影响

王智平<sup>1,2</sup>, 赵 静<sup>1</sup>, 王克振<sup>2</sup>

(1. 兰州理工大学材料科学与工程学院, 兰州 730050; 2. 兰州理工大学可再生能源研究院, 兰州 730050)

**摘 要:** 采用化学水浴法, 在醋酸镉、硫脲、氨水、醋酸铵的体系中制备 CdS 薄膜, 设计  $L_{25}5^6$  正交实验, 研究各沉积参数对 CdS 薄膜生长速率的影响。结果表明, 温度、醋酸铵浓度、搅拌强度为主要影响因素, 醋酸镉、硫脲、氨水的浓度为次要因素, 生长速率最小为 0.68nm/min, 最大达到 43.12nm/min。各沉积参数对 CdS 薄膜生长速率的影响规律各不相同, 随温度升高而单调增加, 随醋酸铵浓度增大而单调下降; 随着转速的加快生长速率先增大后减小最后保持稳定; 醋酸镉、硫脲和氨水浓度对生长速率的影响规律较为复杂, 存在一临界浓度, 在临界浓度两侧生长速率变化差异较大, 当浓度过大时, 生长速率开始下降。

**关键词:** 化学水浴沉积(CBD); CdS 薄膜; 正交实验; 生长速率

中图分类号: TN305

文献标识码: A

## 0 引 言

CdS 薄膜为 N 型半导体材料, 其带隙为 2.4eV, 主要用于 CdTe 薄膜电池的窗口层材料和 CIGS 薄膜电池缓冲层材料。CdS 薄膜制备方法较多, 如真空蒸发法、溅射法、近空间升华法、电沉积法、化学水浴沉积法等, 其中化学水浴沉积法工艺简单, 得到的薄膜具有光电性能好, 表面粗糙度低, 空隙少等优点<sup>[1]</sup>, 目前转换效率最高的 CdTe 和 CIGS 薄膜电池中的 CdS 薄膜均采用化学水浴沉积法制备<sup>[2]</sup>。

化学水浴沉积法制备 CdS 薄膜, 在含有硫脲、镉盐和络合剂的碱性溶液中进行。Kozhevnikova N S 等<sup>[3-8]</sup>研究了各溶质浓度、沉积温度和搅拌速度对 CdS 薄膜组份、晶体结构、薄膜厚度、表面形貌、光电学性能的影响。Ortega-Borges R 等<sup>[9]</sup>和 Dona J M 等<sup>[10]</sup>发现随着温度的升高薄膜的生长速率加快, 在一定的浓度范围内, 硫酸镉、硫脲浓度的增大和硫酸铵、氨水浓度的降低有利于薄膜生长速率的加快, 满足质量作用定律。生长速率对 CdS 薄膜的物相<sup>[11]</sup>、表面形貌、晶粒大小<sup>[2]</sup>和禁带宽度<sup>[12]</sup>产生重要影响, 是研究各沉积工艺参数对薄膜光电学性能影响机理的重要物理量。本文在氨水和醋酸铵组成的双络合剂体系中, 通过改变各溶质的浓度、反应温

度和搅拌强度, 设计 5 水平 6 因素的正交实验, 系统地研究温度、搅拌强度和各溶质浓度对薄膜生长速率的影响。

## 1 实验过程

实验选用的药品均为分析纯, 用蒸馏水配制成溶液, 衬底为 25.4mm × 76.2mm × 1.5mm 的普通玻璃。在沉积 CdS 薄膜之前, 玻璃衬底依次在丙酮、酒精和去离子水中超声清洗 10min。反应液各溶质的浓度分别为: 2 ~ 8mmol/L Cd(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>、8 ~ 32mmol/L SC(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>、0.02 ~ 0.08mol/L CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 和 0.2 ~ 1mol/L NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O。机械搅拌, 转速为 0 ~ 350 r/min, 沉积温度为 60 ~ 85℃, 沉积时间在 2 ~ 120min。实验过程是先将 Cd(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 和 NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O 依次加入事先量好的去离子水中, 然后将配好的溶液放入水浴锅中加热、搅拌, 待温度升高到预定值, 将洗净的玻璃衬底垂直放入溶液中, 最后加入 SC(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, 记录沉积时间, 把薄膜从溶液中取出, 用蒸馏水洗净、烘干。

采用正交实验法研究醋酸镉、硫脲、醋酸铵、氨水浓度、温度和搅拌强度对 CdS 薄膜生长速率的影响, 每个因素取 5 个水平值, 选用  $L_{25}5^6$  正交表安排实验, 正交设计实验及结果见表 1。根据探索实验

收稿日期: 2011-07-11

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2011BAJ03B08); 兰州市科技局计划(2009-01-19)

通讯作者: 赵 静(1986—), 女, 博士研究生, 主要从事太阳能光热光电方面的研究。zhaojing274704@126.com

和其他研究者的实验确定 3 水平为 5mmol/L  $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 、20mmol/L  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ 、0.04mol/L  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  和 0.6mol/L  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 转速为 200 r/min, 温度为 77℃, 在 3 水平的左右两侧做一定步幅的变化, 得到其他水平的取值。为得到全面的规律, 两端的步幅较大, 其中, 由于硫脲和氨水各水平之间变化较大, 采用等步幅的方法; 通过探索实验发现当醋酸铵浓度小于 0.02 mol/L 时, 多数实验未形成薄膜, 1 水平只能取 0.02mol/L, 醋酸铵 1、2、3 水平之间的步幅较小; 通过对其他研究者<sup>[7,10]</sup>的实验分析发现, 温度的最高值一般取为 85℃, 故本实验中温度的 5 水平取值为 85℃, 与 4 水平 82℃ 相差较小。

在同一次实验中放入 3 片同样的玻璃衬底, 试样 1、2、3 的沉积时间分别为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ , 并且  $t_1 < t_2 < t_3$ , 利用 SGC-2 型自动椭圆偏振测厚仪检测各试样 CdS 薄膜的厚度。薄膜的沉积过程分 3 个阶段<sup>[2,5,13]</sup>: 诱导期、线性生长期、饱和期。若试样 1 不同点处的薄膜厚度基本相等, 则说明已形成连续的膜, 即其处于线性生长期; 若试样 2 的薄膜厚度小于试样 3 的, 则说明试样 2 也处于线性生长期。如果检测结果与上述情况不同, 改变各试样的沉积时间, 重做实验, 直到出现上述情况为止。线性生长期即薄膜厚度随沉积时间呈线性增长, 通过测量试样 1 和试样 2 的薄膜厚度就可求得生长速率。

表 1 CBD 法沉积 CdS 薄膜制备工艺的正交设计表及结果

Table 1 Design and results of orthogonal experiment for deposition of CdS thin films

序号	因素						K 生长速率 /nm·min <sup>-1</sup>
	A 醋酸镉浓度 /mmol·L <sup>-1</sup>	B 硫脲浓度 /mmol·L <sup>-1</sup>	C 氨水浓度 /mol·L <sup>-1</sup>	D 醋酸铵浓度 /mol·L <sup>-1</sup>	E 温度 /℃	F 转速 /r·min <sup>-1</sup>	
1	2	8	0.2	0.02	60	0	2.98
2	2	14	0.4	0.03	70	100	9.52
3	2	20	0.6	0.04	77	200	6.88
4	2	26	0.8	0.06	82	250	10.94
5	2	32	1.0	0.08	85	350	5.03
6	4	8	0.4	0.04	82	350	5.62
7	4	14	0.6	0.06	85	0	6.74
8	4	20	0.8	0.08	60	100	0.68
9	4	26	1.0	0.02	70	200	14.16
10	4	32	0.2	0.03	77	250	20.04
11	5	8	0.6	0.08	70	250	0.73
12	5	14	0.8	0.02	77	350	15.29
13	5	20	1.0	0.03	82	0	16.56
14	5	26	0.2	0.04	85	100	43.12
15	5	32	0.4	0.06	60	200	4.32
16	6	8	0.8	0.03	85	200	18.85
17	6	14	1.0	0.04	60	250	6.28
18	6	20	0.2	0.06	70	350	5.30
19	6	26	0.4	0.08	77	0	7.08
20	6	32	0.6	0.02	82	100	38.76
21	8	8	1.0	0.06	77	100	10.94
22	8	14	0.2	0.08	82	200	9.48
23	8	20	0.4	0.02	85	250	20.06
24	8	26	0.6	0.03	60	350	6.68
25	8	32	0.8	0.04	70	0	8.71

## 2 结果与讨论

### 2.1 各因素对薄膜生长速率的影响程度

根据正交实验的直观分析法,分析各因素对 CdS 薄膜生长速率的影响。由表 1 可以得出, A 因素(醋酸镉浓度)取 1 水平(2mmol/L)时的薄膜生长速率的效应值  $k_{A1}$  为:

$$k_{A1} = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5) / 5 = 7.07$$

同理,醋酸镉浓度为 4、5、6、8mmol/L 时薄膜生长速率的效应值分别为:

$$k_{A2} = 9.45; k_{A3} = 16.00; k_{A4} = 15.25; k_{A5} = 11.17$$

同样可得到表 2 中其他各列数值。各列的各水平效应值为实验结果的统计平均值,虽然其他 5 种影响因素在变动,但这种变动是“平等”的,造成实验条件也是平等的,因而它们具有可比性。极差  $R$  为同一列中最大值减去最小值之差,反映了相应因素对薄膜生长速率的影响程度。极差  $R$  越大,各实验因素对实验结果的影响也就越大。由表 2 可看出,温度对应的极差  $R$  最大,即温度是生长速率的主要影响因素,其次为醋酸铵。各因素对薄膜生长速率影响的大小顺序依次为温度、醋酸铵、转速、醋酸镉、硫脲、氨水。

表 2 正交实验结果 CdS 薄膜生长速率的分析

Table 2 Analysis the result growth rate of CdS thin film of orthogonal experiment

	A	B	C	D	E	F
	醋酸镉	硫脲	氨水	醋酸铵	温度	转速
$k_1$	7.07	7.82	16.18	18.25	4.19	8.41
$k_2$	9.45	9.46	9.32	14.33	7.68	20.61
$k_3$	16.00	9.89	11.96	14.12	12.05	10.74
$k_4$	15.25	16.39	10.90	7.65	16.27	11.61
$k_5$	11.17	15.37	10.30	4.60	18.76	7.58
$R$	8.93	8.57	6.86	13.65	14.57	13.03

### 2.2 醋酸镉、硫脲浓度对薄膜生长速率的影响

从图 1 可看出,随醋酸镉浓度的增大,薄膜生长速率先缓慢增加,浓度超过 4mmol/L 后迅速增大,在 5mmol/L 处时达到最大值,然后开始下降。CdS 薄膜的生长包括两种机制:一种是在衬底上吸附 CdS 颗粒称为簇簇机制(cluster by cluster),另一种是离子离子机制(ion by ion)<sup>[14]</sup>。当醋酸镉浓度小

于 4mmol/L 时,  $Cd^{2+}$  离子浓度太小以至于在溶液中不能发生均匀形核,无 CdS 颗粒生成,只能在衬底表面发生非均匀形核的离子离子机制反应,所以薄膜生长以离子离子机制为生长方式,生长速率随着醋酸镉浓度的增大缓慢增加。当醋酸镉浓度大于 4mmol/L 时,溶液中形成大量的 CdS 颗粒,簇簇机制和离子离子机制生长速率随着醋酸镉浓度的增大而增大,所以薄膜生长速率快速增大。当醋酸镉浓度大于 5mmol/L 时,薄膜的生长速率开始降低,主要有两方面原因:一是溶液中的反应速率过快,颗粒迅速长大,但大颗粒不易被吸附,因此生成大量沉淀,簇簇机制生长速率降低;二是离子离子机制反应为界面反应,受界面接触面积大小的限制,离子离子机制生长速率不再变化。

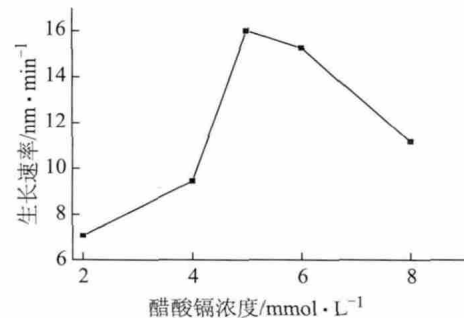


图 1 醋酸镉浓度对薄膜生长速率的影响

Fig. 1 Effect of the  $Cd(CH_3COO)_2$  concentration on the growth rate of CdS thin films

从图 2 可看出,硫脲浓度对薄膜生长速率的影响规律与醋酸镉的相似,硫脲浓度小于 14mmol/L 时,浓度太低只能发生离子离子机制反应,薄膜生长速率随浓度的增大变化缓慢;浓度大于 14mmol/L 时,离子离子机制和簇簇机制两种生长方式并存,薄

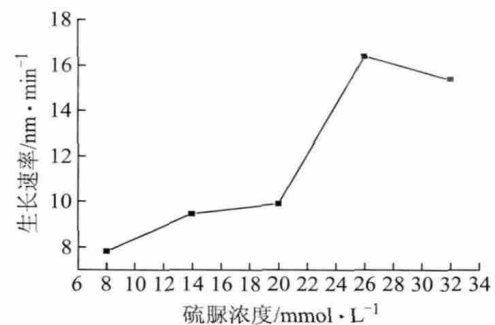


图 2 硫脲浓度对薄膜生长速率的影响

Fig. 2 Effect of the  $SC(NH_2)_2$  concentration on the growth rate of CdS thin films

膜生长速率随浓度的增大快速增加;当浓度大于 26mmol/L 时,由于簇簇生长机制生长速率的降低,薄膜生长速率开始降低。

### 2.3 络合剂对薄膜生长速率的影响

氨水在化学水浴法制备 CdS 薄膜的过程中起多重作用。首先,氨水可作为络合剂与溶液中的  $\text{Cd}^{2+}$  离子形成络合离子  $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ,降低了溶液中游离  $\text{Cd}^{2+}$  离子的浓度;其次,氨水分解后的  $\text{OH}^-$  与  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  发生化学反应释放出  $\text{S}^{2-}$  离子;最后,氨水分解后的  $\text{OH}^-$  还有可能与  $\text{Cd}^{2+}$  离子发生反应生成  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ 。从图 3 可看出,随着氨水浓度的增大,薄膜生长速率先降低,在 0.4mol/L 时达到最小值,然后开始升高,到 0.6mol/L 又开始降低。当氨水浓度小于 0.4mol/L 时,氨水对  $\text{Cd}^{2+}$  离子的络合起主导作用,降低了溶液中游离  $\text{Cd}^{2+}$  离子的浓度,降低了生长速率;当氨水浓度大于 0.4mol/L 时,氨水在促进硫脲的分解方面起主导作用,增加了游离  $\text{S}^{2-}$  离子的浓度,薄膜生长速率加快;氨水浓度大于 0.6mol/L 时,浓度过大造成溶液中游离  $\text{S}^{2-}$  离子和  $\text{OH}^-$  过多,加快了溶液中的反应速率,生成大量颗粒,降低了薄膜的生长速率。

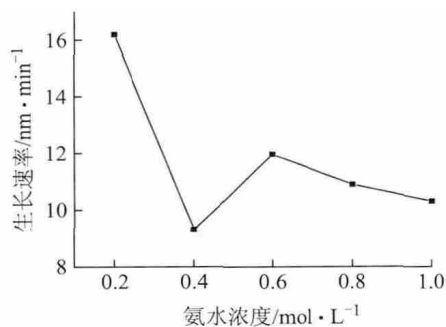
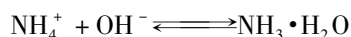


图3 氨水浓度对薄膜生长速率的影响

Fig. 3 Effect of the  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  concentration on the growth rate of CdS thin films

从图 4 可看出,随着醋酸铵浓度的增大,薄膜生长速率逐渐降低。醋酸铵浓度的增大促进了化学反应



向右进行,  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  浓度增大,抑制了  $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  的分解,游离  $\text{Cd}^{2+}$  离子浓度减少;  $\text{OH}^-$  浓度降低,  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  水解减慢,游离  $\text{S}^{2-}$  离子浓度减少,因此降低了薄膜的生长速率。

氨水浓度的增大,降低了游离  $\text{Cd}^{2+}$  离子浓度,反

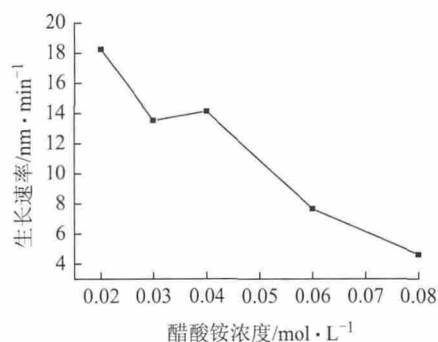


图4 醋酸铵浓度对薄膜生长速率的影响

Fig. 4 Effect of the  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  concentration on the growth rate of CdS thin films

而增大了游离  $\text{S}^{2-}$  离子浓度,所以  $\text{Cd}^{2+}$  和  $\text{S}^{2-}$  的离子积变化幅度较小,薄膜生长速率的变化也较小,为 6.86nm/min。醋酸铵同时降低了  $\text{Cd}^{2+}$  和  $\text{S}^{2-}$  离子浓度,薄膜生长速率的变化明显,为 13.65nm/min。醋酸铵作为辅助络合剂,可打破氨水的水解平衡,在增大  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  浓度的同时,也降低了  $\text{OH}^-$  的浓度,有利于高性能的 CdS 薄膜在衬底表面沉积。

### 2.4 反应条件对薄膜生长速率的影响

温度主要通过控制离子离子机制反应过程影响薄膜的生长速率。由表 2 可知,随着温度的升高,薄膜的生长速率加快,85℃ 时的生长速率比 60℃ 时升高了 14.57nm/min。温度升高不仅有利于  $\text{Cd}^{2+}$  离子的释放和氨水的水解,加快  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  释放  $\text{S}^{2-}$  离子,而且有利于加快  $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  离子向衬底扩散和吸附。图 5 为  $\ln G$  对  $1000/T$  的关系曲线,从图中可以看出两者呈直线关系,所以温度对 CdS 薄膜生长速率的影响满足 Arrhenus 公式:

$$G(T) = A \exp(-E_a/RT) \quad (1)$$

式中,  $G(T)$  ——在一定条件下,反应速率与温度的函数关系;  $A$  ——频率因子;  $E_a$  ——活化能;  $A$  和  $E_a$  是两个经验参量;  $R$  ——理想气体常数;  $T$  ——热力学温度。

从图 6 可看出,随转速的增大,生长速率先增后减然后趋于稳定,当转速为 100r/min 时,生长速率达到最大值 20.61nm/min。敖建平等<sup>[4]</sup>观察到搅拌强度对薄膜的生长速率有很大影响,认为  $\text{OH}^-$  和  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  传质是沉积过程中的控制步骤。本实验观察到同样现象,当转速由 0r/min 升高到 100r/min 时,生长速率大幅度增加。我们认为增大转速不仅加快  $\text{OH}^-$  和  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  传质速度,促进离子离子机

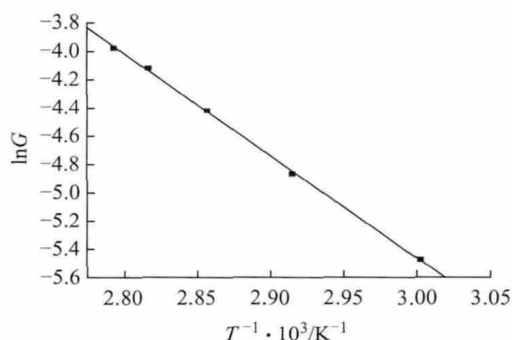


图5 CdS 薄膜生长速率的自然对数与温度倒数的关系

Fig. 5 Neperian logarithm of the growth rate against  $10^3/T$ 

制反应速率,而且也加快溶液中 CdS 颗粒的传输,簇簇生长机制得到加强。当转速继续增大时,薄膜生长速率开始下降,其主要原因是簇簇生长机制被削弱,颗粒在衬底上的吸附减少和脱离增多,单位时间内的净吸附量减少,造成薄膜生长速率降低,最后保持稳定。

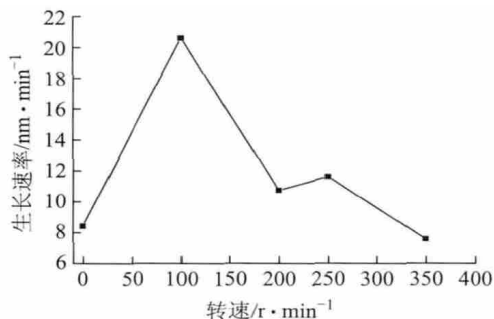


图6 搅拌强度对薄膜生长速率的影响

Fig. 6 Effect of the stirring speed on the growth rate of CdS thin films

### 3 结 论

采用化学水浴法制备 CdS 薄膜时,各工艺参数对薄膜生长速率都有不同程度的影响,通过以上分析可得如下结论:

1) 温度、醋酸铵浓度、搅拌强度是薄膜生长速率的主要影响因素;醋酸镉浓度、硫脲浓度、氨水浓度是次要因素。

2) 醋酸镉和硫脲都存在一个临界浓度,当小于临界浓度时,薄膜生长方式为离子离子机制,生长速率较小且随浓度增大变化缓慢;当大于临界浓度时,离子离子机制和簇簇机制两种生长方式并存,薄膜生长速率随浓度增大而快速增加;当两者的浓度过大时,生成大量沉淀,抑制薄膜的生长。

3) 氨水和醋酸铵同时作为络合剂存在,氨水在

降低游离  $\text{Cd}^{2+}$  浓度的同时升高  $\text{S}^{2-}$  离子的浓度,所以对薄膜生长速率的影响较小。醋酸铵在增大  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  浓度的同时,也降低  $\text{OH}^-$  的浓度,对降低  $\text{Cd}^{2+}$  和  $\text{S}^{2-}$  离子的浓度都有作用,对薄膜生长速率的影响较大。

4) 增大转速,加快  $\text{OH}^-$  和  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  传质速度和 CdS 纳米颗粒的传输,促进薄膜的生长,转速增大到 100 r/min 时,薄膜生长速率达到最大值;继续增大转速,过于强烈的搅拌使得颗粒在衬底上的吸附减少、脱离增多,削弱了簇簇生长机制,薄膜生长速率降低,最后趋于稳定。

### [参考文献]

- [1] Morales-Acevedo A, Vigil-Galan O, Contreras-Puente G, et al. physical properties of CdS thin films grown by different techniques: A comparative study [A]. Proceedings of the 29<sup>th</sup> IEEE Photovoltaic Specialists Conference: [C], Las Vegas: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002, 624—627.
- [2] Liu Q Q, Shi J H, Li Z Q, et al. Morphological and stoichiometric study of chemical bath deposited CdS films by varying ammonia concentration [J]. Physica B: Condensed Matter, 2010, 405(20): 4360—4365.
- [3] Kozhevnikova N S, Rempel A A, Hergert F, et al. Structural study of the initial growth of nanocrystalline CdS thin films in a chemical bath [J]. Thin Solid Films, 2009, 517(8): 2586—2589.
- [4] 敖建平, 孙云, 刘琪, 等. CIGS 电池缓冲层 CdS 的制备工艺及物理性能 [J]. 太阳能学报, 2006, 27(7): 682—686.
- [4] Ao Jianping, Sun Yun, Liu Qi, et al. Deposited technology and photo-electric properties of CdS thin films [J]. Acta Energetica Solaris Sinica, 2006, 27(7): 682—686.
- [5] Li Wenyi, Cai Xun, Chen Qiulong, et al. Influence of growth process on the structural, optical and electrical properties of CBD-CdS films [J]. Material Letters, 2005, 59(1): 1—5.
- [6] Vigil O, Arias-Carbajal A, Cruz F, et al. Modification of the properties of chemically deposited CdS thin films grown under magnetic field and variable growing parameters [J]. Materials Research Bulletin, 2001, 36(3-4): 521—530.
- [7] Liu Fangyang, Lai Yanqing, Liu Jun, et al. Characterization of chemical bath deposited CdS thin films at different deposition temperature [J]. Journal of

- Alloys and Compounds , 2010 , 493( 1-2) : 305—308.
- [8] Vigil O , Morales-Acevedo A , Cruz-Gandarilla F , et al. Characterization of CBD-CdS layers with different S/Cd ratios in the chemical bath and their relation with the efficiency of CdS/CdTe solar cells [J]. Thin Solid Films , 2007 , 515( 15) : 6085—6088.
- [9] Ortega-Borges R , Lincot D. Mechanism of chemical bath deposition of cadmium sulfide thin films in the ammonia-thiourea system [J]. Journal of the Electrochemical Society , 1993 , 140( 12) : 3464—3473.
- [10] Dona J M , Herrero J. Chemical bath deposition of CdS thin films: an approach to the chemical mechanism through study of the film microstructure [J]. Journal of the Electrochemical Society , 1997 , 144( 11) : 4081—4091.
- [11] 李华维 , 羊 亿 , 黄岳文 , 等. 化学沉积法中立方相和六方相 CdS 薄膜的制备及其特性 [J]. 太阳能学报 , 2007 , 28( 5) : 508—512.
- [11] Li Huawei , Yang Yi , Huang Yuewen et al. Fabrication and property of cubic and hexagonal CdS thin films by chemical bath deposition [J]. Acta Energetica Solaris Sinica , 2007 , 28( 5) : 508—512.
- [12] Ximello-Quiebras J N , Contreras-Puente G , Rueda-Morales G , et al. Properties of CdS thin films grown by CBD as a function of thiourea concentration [J]. Solar Energy Materials and Solar Cells , 2006 , 90( 6) : 727—732.
- [13] Moualkia H , Hariech S , Aida M S , et al. Structural and optical properties of CdS thin films grown by chemical bath deposition [J]. Thin Solid Films , 2009 , 518( 4) : 1259—1262.
- [14] 张 辉 , 杨德仁 , 马向阳 , 等. 化学沉积制备 CdS 及超声振动处理 [J]. 太阳能学报 , 2003 , 24( 2) : 249—252.
- [14] Zhang Hui , Yang Deren , Ma Xiangyang , et al. CdS thin films fabricated by chemical bath deposition and ultrasonic vibration treatment [J]. Acta Energetica Solaris Sinica , 2003 , 24( 2) : 249—252.

## INFLUENCE OF CHEMICAL BATH DEPOSITION PARAMETERSON ON GROWTH RATE OF CdS THIN FILMS

Wang Zhiping<sup>1,2</sup> , Zhao Jing<sup>1</sup> , Wang Kezhen<sup>2</sup>

(1. School of Materials Science and Engineering , Lanzhou University of Technology , Lanzhou 730050 , China;

2. Renewable Energy Laboratory , Lanzhou University of Technology , Lanzhou 730050 , China)

**Abstract:** CdS thin films were prepared by using chemical bath deposition ( CBD) method in aqueous solutions with cadmium acetate , thourea ammonia and ammonium acetate. An orthogonal experiment of six factors and five levels was designed to study the influence of the deposition parameters on the growth rate of CdS thin films. The results indicate that temperature ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  concentration and stirring speed are the major factors ,  $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  ,  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  and  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  concentration are the secondary causes when the growth rate is varied from 0.68 to 43.12nm/min. The influence of the chemical bath deposition parameters on the growth rate of the CdS films are all different. The growth rate increases along with the increase of the temperature , and decreases along with the increase of  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  concentration. As the stirring speed increases , the growth rate increases first , then decreases and finally keep stable. The influential regularity of  $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  ,  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  and  $\text{NH}_4\text{OH}$  exist a critical concentration , the change regularities of the growth rate are different on both sides of the critical concentration. When  $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  ,  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  and  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  concentration is too high , the growth rate begins to decline.

**Keywords:** chemical bath deposition ( CBD) ; CdS thin films; orthogonal experiment; growth rate