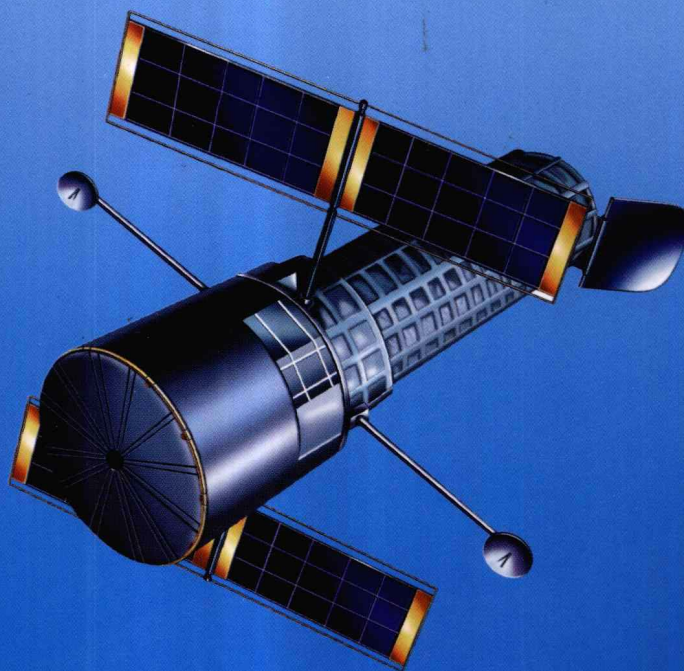
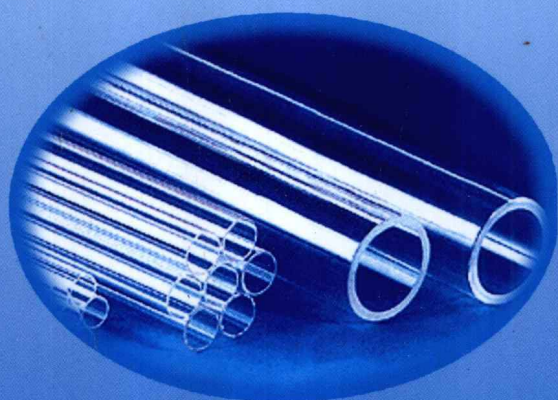


多晶硅和石英玻璃的 联合制备法

刘寄声 著



冶金工业出版社

<http://www.cnmip.com.cn>

多晶硅和石英玻璃的 联合制备法

刘寄声 著

北京
冶金工业出版社
2008

内 容 简 介

本书以传统的多晶硅和石英玻璃的生产方法为基础,介绍了多晶硅和石英玻璃联合制备法的工艺过程、主要设备、操作要点及影响产品质量的因素,提出了降低多晶硅生产成本的几个途径,并总结了相关安全生产的知识。内容紧密结合生产操作实际,阐述由浅入深,通俗易懂,知识丰富,实用性强。

本书可供从事多晶硅和石英玻璃生产的技术人员和管理人员阅读,也可供有关院校材料专业和冶金专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

多晶硅和石英玻璃的联合制备法/刘寄声著. —北京:
冶金工业出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-5024-4403-7

I. 多… II. 刘… III. 光学石英玻璃—生产工艺
IV. TQ171. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 174945 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 张 卫 王 楠 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 栾雅谦 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4403-7

北京兴顺印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 1 月第 1 版;2008 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;10.75 印张;257 千字;160 页;3000 册

32.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

多晶硅和石英玻璃都是当今世界电子工业、光电子工业以及能源转换技术等领域不可缺少的重要基础材料,但二者却是两种互不相关的产品。在传统生产工艺中,两种产品的生产工艺各不相同,也就是说,生产多晶硅的工艺,就只单独生产多晶硅;生产石英玻璃的工艺,就只单独生产石英玻璃。

本书所介绍的多晶硅和石英玻璃的联合制备法是一种综合的生产方法,它是利用制备多晶硅所产生的尾气来制备石英玻璃,这样不仅可以减少排放的废气,而且生产是连续的,设备是串联的,热能可以得到充分利用,因此这种制备方法既节能又环保。与传统的单项生产法相比,这种制备方法设备和厂房少,可以大幅度地减少基本建设投资;生产时,可减轻操作人员的劳动强度,使本来当成废物排放的尾气得到综合利用,从而可以降低生产成本。这种方法的优点还不止如此,与氯碱工业联合还可以形成一种生产上的循环,不仅可以节约资源,而且还可以帮助解决氯碱的平衡问题和污染问题。

多晶硅和石英玻璃的联合制备法是一个新的发明,而且还获得了专利。但了解这种新工艺方法的人还很少。这种状况阻碍了多晶硅和石英玻璃的联合制备法的发展,虽然这种方法已诞生五年多,可至今还无用武之地。为扭转这一局面,笔者撰写此书,目的是向大家介绍多晶硅和石英玻璃的联合制备法,希望本书能对该法的工业应用起到助推的作用,使之早日得到推广应用,为我国科技产业的发展做出应有的贡献。

由于笔者水平所限,书中不妥之处敬请读者指正。

著者
2007年7月

目 录

1 概述	1
1.1 传统生产方法简介	1
1.1.1 多晶硅的传统生产方法简介	1
1.1.2 石英玻璃的传统生产方法简介	3
1.2 多晶硅和石英玻璃的联合制备法简介	4
1.3 多晶硅和石英玻璃联合制备法的优点	5
1.3.1 节约能源	5
1.3.2 环境保护	6
1.3.3 设备费用少	7
1.3.4 基建投资少	8
1.3.5 与氯碱工业联合对平衡问题和污染问题的解决	8
1.3.6 电子工业材料——多晶硅瓶颈问题的解决	8
2 主要产品	9
2.1 多晶硅	9
2.1.1 多晶硅的基本概念	9
2.1.2 多晶硅的主要用途	10
2.2 石英玻璃	11
2.2.1 石英玻璃的基本概念	11
2.2.2 石英玻璃的品种	12
2.2.3 石英玻璃的主要用途	13
2.2.4 石英玻璃的析晶问题	14
3 纯度	15
3.1 纯度的概念	15
3.1.1 纯度概念的起源	15
3.1.2 纯度概念的发展	15
3.2 纯度的表示方法	16
3.2.1 用百分比含量表示	16
3.2.2 用硼含量表示	16
3.2.3 用电阻率推算	17
3.2.4 用其他方法推算	17

3.3 对主要产品及主要原料的纯度要求	18
3.3.1 四氯化硅和三氯氢硅的纯度要求	18
3.3.2 多晶硅的纯度要求	18
3.3.3 石英玻璃的纯度要求	18
4 基本原料	19
4.1 硅	19
4.1.1 硅的基本特性和用途	19
4.1.2 工业硅的生产方法	20
4.1.3 工业硅的质量标准	20
4.2 氢气	20
4.2.1 氢气的特性	21
4.2.2 氢气的用途	21
4.2.3 氢气的制备方法	22
4.3 氧气	22
4.3.1 氧气的特性	22
4.3.2 氧气的用途	23
4.3.3 氧气的制备方法	23
4.4 氯气	23
4.4.1 氯气的特性	24
4.4.2 氯气的用途	24
4.4.3 氯气的制备方法	24
4.5 氯化氢	25
4.5.1 氯化氢的特性	25
4.5.2 氯化氢的用途	26
4.5.3 氯化氢的制备方法	26
4.6 氮气	27
4.6.1 氮气的特性	27
4.6.2 氮气的用途	27
4.6.3 氮气的制备方法	28
5 中间产品	29
5.1 四氯化硅和三氯氢硅的基本特性	29
5.1.1 四氯化硅的基本特性	29
5.1.2 三氯氢硅的基本特性	30
5.2 四氯化硅和三氯氢硅的用途	30
5.2.1 四氯化硅的用途	30
5.2.2 三氯氢硅的用途	31
5.3 四氯化硅和三氯氢硅的传统制备方法	31

5.3.1	四氯化硅和三氯氢硅合成的反应方程式	31
5.3.2	四氯化硅和三氯氢硅制备的工艺流程简图	32
5.3.3	合成的主要设备	33
5.4	四氯化硅的合成	35
5.4.1	工业硅的选择与处理	35
5.4.2	对氯的处理	36
5.4.3	四氯化硅的合成工艺	36
5.5	三氯氢硅的合成	38
5.5.1	工业硅粉的预处理	38
5.5.2	对氯化氢的处理	38
5.5.3	三氯氢硅的合成工艺	39
6	化学提纯法简介	42
6.1	常用术语	42
6.2	精馏的含义	43
6.3	精馏塔简介	44
6.3.1	精馏塔的种类	44
6.3.2	筛板塔和填料塔的结构简介	44
6.4	四氯化硅和三氯氢硅的精馏	46
6.4.1	间断法	46
6.4.2	连续法	47
6.4.3	回流比的选择与控制	49
7	多晶硅的传统制备方法	51
7.1	四氯化硅和三氯氢硅的提纯	52
7.1.1	四氯化硅和三氯氢硅中的伴随物	52
7.1.2	四氯化硅和三氯氢硅的提纯	53
7.2	氢气净化	56
7.2.1	氢气的冷冻除湿	57
7.2.2	氢气的除氧	58
7.2.3	氢气的干燥	60
7.2.4	氢气的钯管(膜)净化法	62
7.3	氢还原	62
7.3.1	四氯化硅的氢还原	62
7.3.2	三氯氢硅的氢还原	63
7.3.3	四氯化硅和三氯氢硅氢还原的工艺流程	63
7.4	尾气回收	64
7.4.1	冷冻分离	64
7.4.2	氢气回收	65

8 石英玻璃的传统制备方法	66
8.1 合成石英玻璃工艺流程	66
8.1.1 氢气带料法的工艺流程	66
8.1.2 氧气带料法的工艺流程	69
8.2 合成石英玻璃的基本反应	70
8.3 制砷	70
8.3.1 卧式制砷	70
8.3.2 立式制砷	71
9 多晶硅和石英玻璃的联合制备法	73
9.1 多晶硅和石英玻璃的联合制备法的基本流程	74
9.1.1 多晶硅生产	74
9.1.2 石英玻璃生产	75
9.1.3 尾气治理	75
9.2 多晶硅和石英玻璃联合制备法的灵活组合	75
9.2.1 串联还原炉	76
9.2.2 回收系统的增加	77
9.2.3 补料和加压设施的增加	78
9.2.4 多晶硅和石英玻璃联合制备法专利申请中举出的最佳实施方案	80
9.2.5 多晶硅和石英玻璃联合制备法与氯碱工业的组合	81
9.2.6 以生产多晶硅为主的工艺流程	81
10 主要设备	85
10.1 精馏塔	85
10.1.1 筛板塔的构造	85
10.1.2 填料塔的构造	96
10.2 氢净化	98
10.2.1 去氧塔	98
10.2.2 干燥塔	99
10.2.3 再生加热器	99
10.3 还原炉	100
10.3.1 还原炉的炉身	100
10.3.2 进出气管	103
10.3.3 热载体	103
10.3.4 电器设备	105
10.4 制砷机	108
10.4.1 制砷机床	108
10.4.2 保温罩	109

10.4.3	喷灯	110
10.4.4	四氯化硅和三氯氢硅专用电磁阀	111
10.5	标准设备	111
10.5.1	冷冻机	111
10.5.2	气体压缩机	112
10.6	仪器仪表	114
10.6.1	流量计	114
10.6.2	温度计	118
10.6.3	压力计	118
10.6.4	露点仪	119
11	工艺操作要点及影响产品质量的因素	121
11.1	四氯化硅或三氯氢硅的合成与精馏	121
11.1.1	四氯化硅或三氯氢硅合成工艺操作要点	121
11.1.2	影响四氯化硅或三氯氢硅合成效果的因素	121
11.1.3	精馏工艺操作要点	122
11.1.4	影响精馏效果的因素	124
11.2	氢气的净化	125
11.2.1	氢气净化工艺操作要点	125
11.2.2	影响氢气净化效果的因素	126
11.3	多晶硅的还原制备	128
11.3.1	还原工艺操作要点	128
11.3.2	影响还原效果的因素	129
11.4	石英玻璃	130
11.4.1	制砵工艺操作要点	130
11.4.2	影响制砵效果的因素	130
12	安全生产	132
12.1	氢气、氧气、四氯化硅及三氯氢硅的危险性	132
12.1.1	氢气的危险性	132
12.1.2	氧气的危险性	132
12.1.3	四氯化硅的危险性	133
12.1.4	三氯氢硅的危险性	133
12.2	多晶硅和石英玻璃的联合制备法对生产设施的要求	133
12.2.1	对厂房的要求	133
12.2.2	对生产设备及管道的要求	136
12.3	储运方面的规定	139
12.3.1	四氯化硅和三氯氢硅储运方面的规定	139
12.3.2	氢气、氧气储运方面的规定	139

12.4 事故的处理	140
12.4.1 突然停电的处理	140
12.4.2 突然停水的处理	140
12.4.3 突然停气的处理	141
12.4.4 四氯化硅或三氯氢硅泄漏的应急处理	141
12.4.5 烧伤处理	142
13 降低多晶硅生产成本的几个途径	143
13.1 厚度沉积速率的提高	143
13.1.1 氢还原反应沉积温度的控制	144
13.1.2 原料气配比的选择	144
13.1.3 还原炉原料气流量的增加	145
13.1.4 原料气体流速的控制	146
13.1.5 进气管喷嘴的设计	146
13.2 载体硅棒最终直径的选择	147
13.2.1 每炉生产时间的确定	147
13.2.2 氢气和四氯化硅(三氯氢硅)的提纯	148
13.3 载体芯直径的选择	148
13.3.1 硅条载体芯	149
13.3.2 钼管载体芯	150
13.3.3 套管式载体芯	150
13.4 节约能源和综合利用	151
13.4.1 节约能源	151
13.4.2 综合利用	152
附 录	153
附录 1 世界多晶硅各主要生产厂家的生产状况	153
附录 2 几种多晶硅制造方法的总投资对比	153
附录 3 国内部分单位氢气管道流速	154
附录 4 工业氢、超纯氢、高纯氢、纯氢的纯度标准	154
附录 5 各行业所需氢气主要技术参数	154
附录 6 露点温度、水蒸气压力和水蒸气含量关系	155
附录 7 常用单位换算表	158
参考文献	160

1 概 述

多晶硅和石英玻璃都是社会经济发展急需的热门产品,是当今世界电子工业、光电子工业和能源转换技术(如太阳能电池等)不可缺少的重要基础材料。这些材料虽然重要,但目前它们的产量都很低,还远不能满足需求,特别是多晶硅,目前世界年产量仅2万多吨(见附表1)。我国的多晶硅产量更少,据统计,2006年仅275t左右。这根本无法满足日益增长的需求。为了保证科技产业的发展,我国每年从国外大量进口多晶硅,其进口量占国内需要量的85%以上。多晶硅的奇缺,已影响了电子工业的发展,成为发展的“拦路虎”。

造成这种状况的主要原因是,目前生产多晶硅和石英玻璃都是采用传统的单项生产工艺,这些单项的生产工艺不仅要消耗大量的能源,而且还要排放大量有毒的废气和废液,也就是说,目前要想获取多晶硅和石英玻璃都是以舍弃我们美好环境为代价的。很显然,代价过大,必然会阻碍这些产品的发展。

多晶硅和石英玻璃的联合制备法是一种新型节能环保的绿色生产方法,其特点是生产方式简单、设备投入少、上马快。采用这种联合制备法,不仅可以节约资源,减轻对环境的污染,而且还可以节省大量的资金。也就是说,采用这种联合制备法,可以减轻我们付出的代价。减轻代价,就必然会促进这些产业的发展。从目前来看,这种联合制备法是一种先进的生产方法,是取代传统的单项生产方法最为现实和最有前途的技术措施之一。

1.1 传统生产方法简介

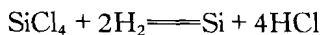
1.1.1 多晶硅的传统生产方法简介

多晶硅的传统生产方法有多种,但目前世界上最常见的有三种:四氯化硅氢还原法、三氯氢硅氢还原法(西门子法)和硅烷裂解法。我们现在只简单介绍与多晶硅和石英玻璃的联合制备法最密切相关的两种方法:四氯化硅氢还原法和三氯氢硅氢还原法。

1.1.1.1 四氯化硅氢还原法

四氯化硅氢还原法是以四氯化硅和氢气为原料,在还原炉内发生化学反应来生成多晶硅的方法。

(1) 四氯化硅氢还原法的基本反应。在1150~1250℃温度时,四氯化硅与氢气主要发生下列反应:



这是一种氢还原反应。

(2) 四氯化硅氢还原法的工艺流程。该工艺所采用的原料(四氯化硅和氢气)都是经过净化和提纯,达到一定纯度的合格的原料。其生产流程参见图1-1。

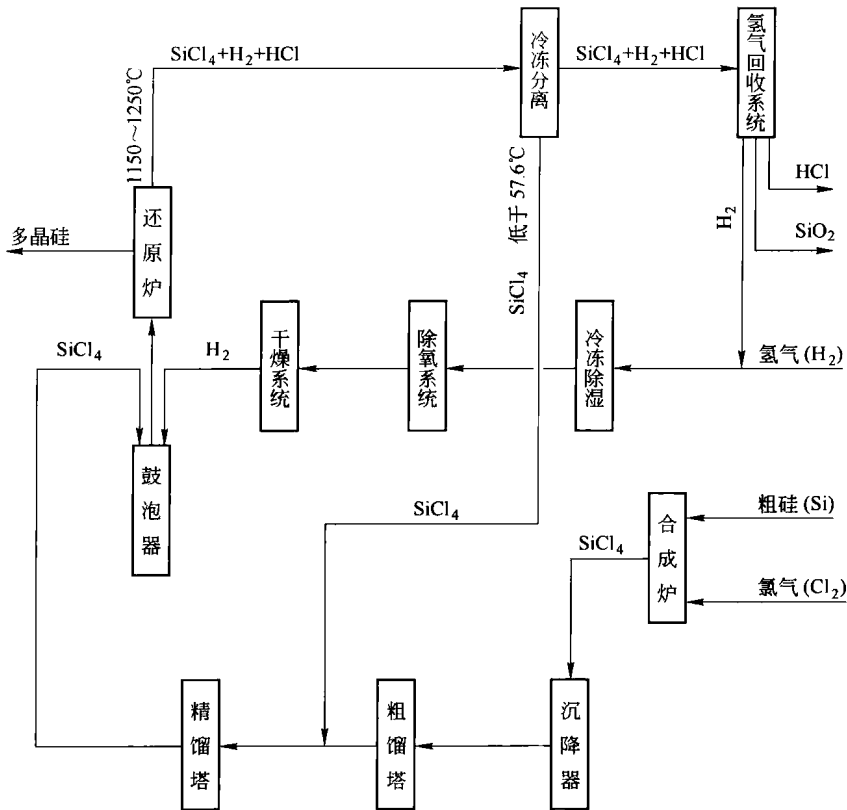


图 1-1 四氯化硅氢还原法的工艺流程简图

先将经过粗馏和精馏提纯、达到六个“9”以上纯度的四氯化硅通入鼓泡器；再将经过冷冻除湿、除氧、干燥过并达到标准的氢气通入鼓泡器鼓泡。氢气通过在鼓泡器里鼓泡，混进了四氯化硅，使本来纯净的氢气变成了氢气和四氯化硅的混合物。这混合物被称为还原料。还原料被送进还原炉，经 1150~1250°C 的高温，发生了氢还原反应，并生成了多晶硅。

为了确保多晶硅的质量，需要向还原炉内通入过量的还原料。这样一来，进入还原炉的还原料一部分参加反应，生成了多晶硅；另一部分被当作尾气放了出来。参加反应的只有少数（一般认为 10%~20% 左右），而绝大多数没有参加反应，都被当作了尾气。

最初，这些尾气被当成废气放掉了。我们知道，这些尾气里有大量纯净的氢气和四氯化硅。获得这样多的高质量氢气和四氯化硅是需要付出很大代价的，放掉尾气是一个极大的浪费。

为避免浪费，人们把还原尾气接入冷冻分离器和氢气回收系统，将尾气中的氢气和四氯化硅回收，经净化提纯后再利用。

1.1.1.2 三氯氢硅氢还原法

如图 1-2 所示，三氯氢硅氢还原法（西门子法）也是一种在还原炉内通过发生化学反应来生成多晶硅的方法，它的工艺流程与四氯化硅氢还原法的基本相同，只不过三氯氢硅氢还原法不是以四氯化硅和氢气为原料，而是以三氯氢硅和氢气为原料。

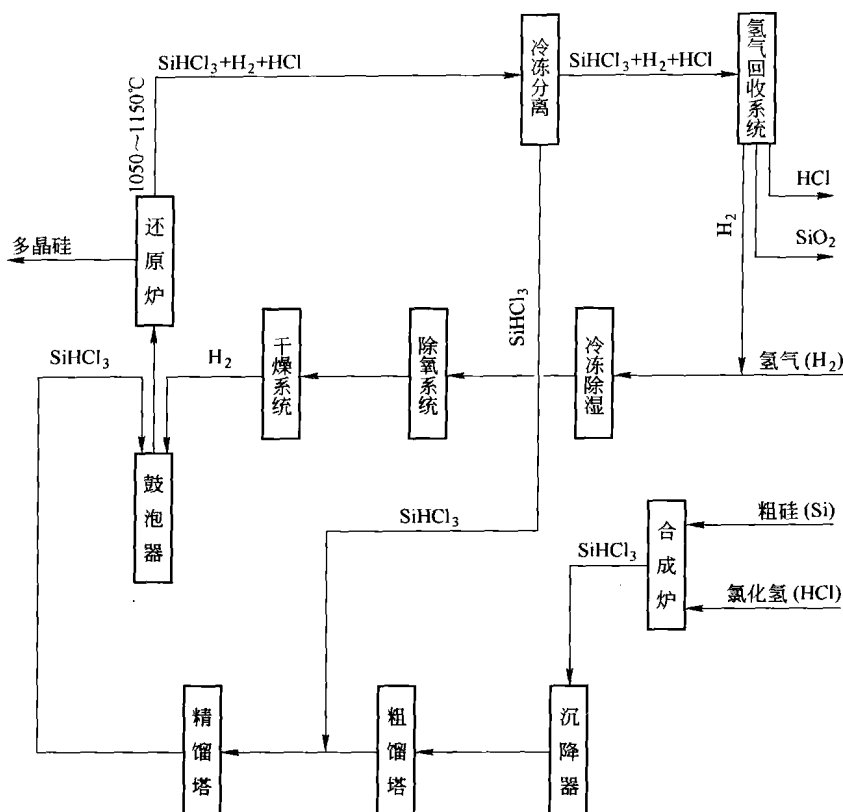
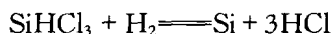


图 1-2 三氯氢硅氢还原法的工艺流程简图

(1) 三氯氢硅氢还原法的基本反应。在 1050~1150℃ 温度时,三氯氢硅与氢气主要发生下列反应:

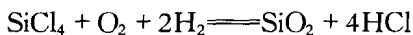


这是一种氢还原反应。

(2) 三氯氢硅氢还原法的工艺流程。三氯氢硅氢还原法与四氯化硅氢还原法的工艺流程基本相同,只是所采用的原料有所不同,另外,三氯氢硅氢还原法的反应温度比四氯化硅氢还原法低约 100℃ 左右,其最佳反应温度应该在 1050~1150℃ 之间。

1.1.2 石英玻璃的传统生产方法简介

(1) 基本反应。在 1400~1600℃ 的高温时,四氯化硅与氧气和氢气主要发生下列反应:



(2) 石英玻璃的生产工艺流程。该工艺所采用的原料(四氯化硅、氧气和氢气),其中四氯化硅和氢气是经过净化和提纯的,氧气一般用的是液氧,纯度很高,不用净化,可直接使用。其生产流程参见图 1-3。

先将经过粗馏和精馏提纯,达到四个“9”以上纯度的四氯化硅通入鼓泡器,再将经过冷冻除湿、除氧、干燥过并达到标准的氢气通入鼓泡器鼓泡。氢气通过在鼓泡器里鼓泡,而混

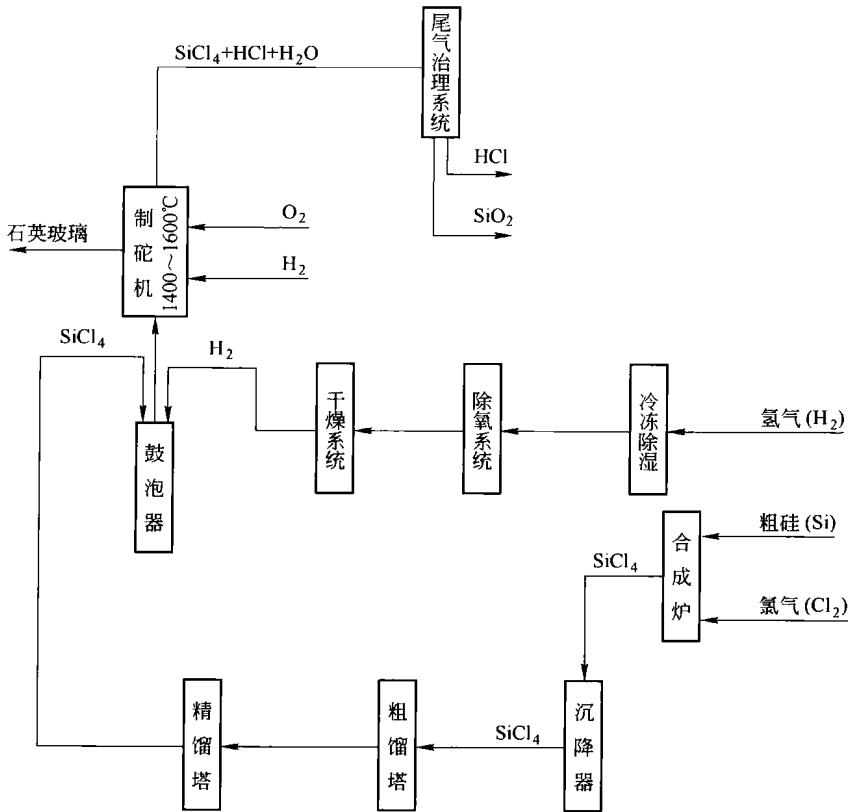


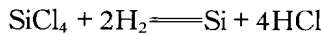
图 1-3 石英玻璃的生产工艺流程简图

进了四氯化硅,使本来纯净的氢气成了氢气和四氯化硅的混合物。这混合物被称为合成料。合成料被送进制砵机,经 1400~1600℃,发生化学反应,并生成石英玻璃。

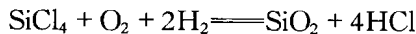
1.2 多晶硅和石英玻璃的联合制备法简介

(1) 基本反应。采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产,其生产过程中发生的基本反应与传统单项生产方法是一样的,只不过反应是分阶段、分地点的。虽说是联合制备,但生产这些产品不是在同一设备里生产,而是每一种产品都在各自的生产设备里生产。每种设备里发生的反应是不同的。

在生产多晶硅的设备里发生四氯化硅与氢气的氢还原反应(在 1150~1250℃ 温度时):



在生产石英玻璃的设备里发生四氯化硅与氧气和氢气的化学反应(在 1400~1600℃ 的高温时):



(2) 多晶硅和石英玻璃的联合制备法的工艺流程。联合制备法的生产工艺是连续的,其生产设备是单独的。也就是说,每一种产品都有各自的生产设备。这些设备是串联关系,从生产四氯化硅设备里出来的产品被直接送入生产多晶硅的设备里,从生产多晶硅设备里

放出来的尾气被直接送入生产石英玻璃的设备里,其工艺流程参见图 1-4。

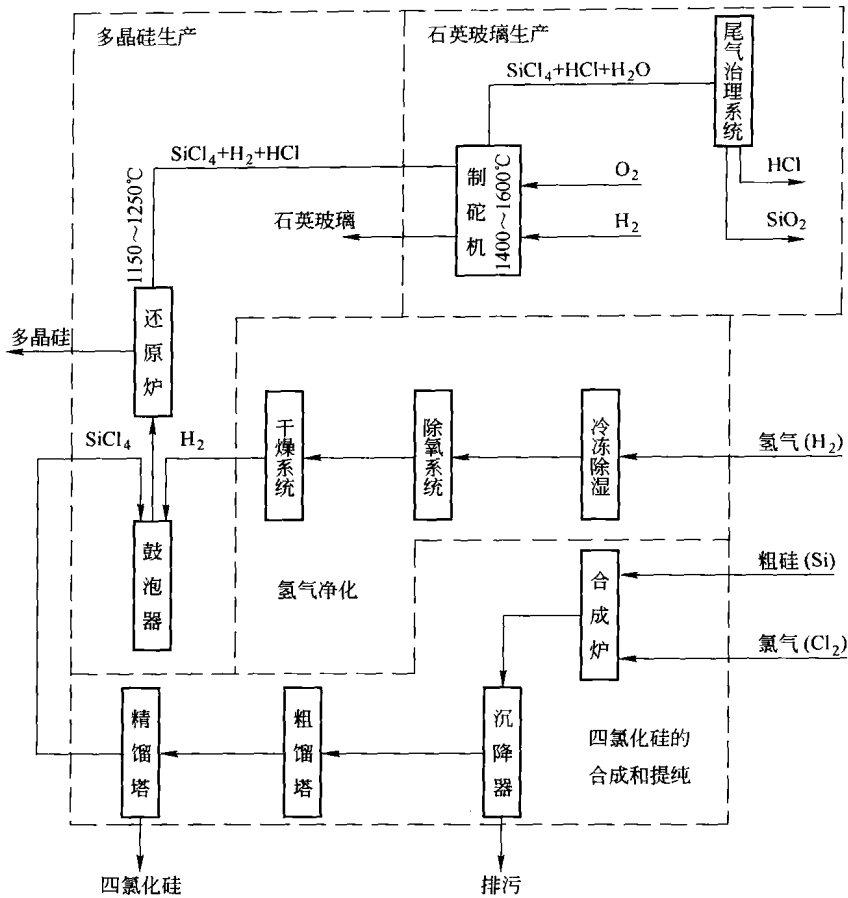


图 1-4 多晶硅和石英玻璃联合制备法的工艺流程简图

1.3 多晶硅和石英玻璃联合制备法的优点

1.3.1 节约能源

多晶硅和石英玻璃的联合制备法的热能是被充分利用的,其生产过程没有反复升降温的现象,因此可以节能,而且节能的数字是相当可观的。

采用传统的单项生产法生产多晶硅,还原料从鼓泡器里出来后被送进还原炉。在炉内还原料被加热到1150~1250°C,发生了氢还原反应,生成多晶硅。采用这种生产法,进入还原炉的还原料只有少数(一般认为10%~20%)参加反应,生成了多晶硅,绝大多数被当作尾气排放了。最初,这些尾气被当成废气放掉,造成极大的浪费。为避免浪费,人们把尾气中的氢气和四氯化硅回收,经净化提纯后再利用。这样一来,出来的高温料,进入由冷冻分离器和氢气回收组成的回收系统回收。在回收系统里,还原料被冷冻降温至四氯化硅的沸点(57.6°C)之下,一般认为应在40~38°C为好。如按还原料在还原炉里的低限温度1150°C,

降温后的上限温度 40℃ 计算,也要降温 1100℃。问题是,回收后 40℃ 的常温还原原料要重新被送入鼓泡器里,然后通进还原炉,再次被加热到 1150~1250℃ 的高温。

从上述工艺中可以看出,进入还原炉被加热的大部分还原原料(占进炉料 90%)没有被利用就被送出降温,而且降温后又被重新送入还原炉成为参加新一轮反应的还原原料。很明显,这是一种浪费,没有参加反应的还原原料按理说应该不加热。可问题是,在还原炉里,没有参加反应的还原原料与参加反应的还原原料是混在一起的,根本无法分开,如果没有参加反应的还原原料不加热,那么,参加反应的还原原料也无法加热。我们知道,参加反应的还原原料温度低是无法进行化学反应的,也就无法生产出多晶硅。所以,如果采用传统的单项生产法生产多晶硅的话,上述浪费是不可避免的。

如果采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法,由还原炉里出来没有参加反应的还原原料不进入回收系统,而被当成生产石英玻璃的原料直接进入制砵机,因此不用降温。也就是说,采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产多晶硅是可以避免上述浪费的,可以节约 80%~90% 的能源。

这只是生产多晶硅,采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法来生产石英玻璃也一样具有明显的节能优势。

采用传统的单项生产法生产石英玻璃,也需要将送进制砵机的合成料加热,而且升温的幅度要更大。一般认为,制砵机的反应区里要达到 1400~1600℃ 的高温,而要达到如此高温需要消耗大量的能源。传统的单项生产法生产石英玻璃是靠氢氧燃烧来获取高温的。我们知道,在单项生产的合成料里已经含有氢气了,可为了达到此高温,还得另外向制砵机的反应区里通入燃料氢气和助燃的氧气,而且燃料氢气的量要大于合成料所含的氢气。

如果采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法,由还原炉里出来没有参加反应的还原原料被当成合成料直接进入制砵机。该料温度已经很高,在 1150~1250℃ 左右。这样的料通入制砵机就不用再另外向制砵机的反应区通入燃料氢气,因为该料所含的氢气燃烧所产生的热量已经完全可以满足化学反应的需要了。由此可以看出,采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法来生产石英玻璃可以节省 50%~60% 的氢气。

可见这些数字是相当可观的。

1.3.2 环境保护

多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产是连续的,设备是串联的,是将上一个产品的尾气或尾液作为下一个产品的原料,使本应作为废气排出的尾气得到了综合利用。因此,它不仅可以减少废气的排放量,而且还可以减轻对环境的污染。

采用传统的单项生产法生产多晶硅,要放出尾气,即使有了由冷冻分离器和氢气回收组成的回收系统,也还是要排放出尾气,只不过,尾气的数量少得多。上述尾气是由没有参加反应的还原原料与参加反应后产生的废气共同组成。没有参加反应的还原原料主要是由氢气和四氯化硅组成;参加反应后产生的废气主要是氯化氢。氢气的排放不会对环境造成污染,可四氯化硅和氯化氢就不同了,它们都是有毒物质,会对环境造成严重的污染,是不可以直接排放到大气中的。四氯化硅是有强烈刺激性的物质,可以使人窒息。据说,在第二次世界大战时德国人曾经想把四氯化硅当作化学武器来使用,由此可以想像到它的危害有多大了。氯化氢气体的毒性也是相当大的,它遇水会变成三大强酸之一的盐酸,对人体、建筑物、设

备、环境都有极大的危害。

采用传统的单项生产法生产石英玻璃,也要排放出尾气。该尾气中也同样含有有毒的氯化氢,因此也同样会对环境造成危害。

如果采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法来生产多晶硅和石英玻璃,尾气问题就会解决了。多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产多晶硅的还原炉放出尾气没有直接放空,而是被直接送入制砵机里来生产石英玻璃。这样一来,生产多晶硅的尾气污染问题就会大大减轻了。

采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产石英玻璃,制砵机出来的尾气被送入尾气处理系统。该尾气处理系统可将制砵机放出来的尾气转变为稀盐酸和二氧化硅。二氧化硅是无害的,它的颗粒细小而且纯度极高,是高级的纳米级材料,其用途是比较广的。它不仅成为制药、制漆添加剂,而且还可以成为很多化工生产的原材料。稀盐酸是有害的,但可以把它回收,浓缩成为成品酸。成品盐酸也是重要的化工产品,用途广泛。稀盐酸也可以不回收,只要再加进一些碱,使其中和,危害就没有了,也就可以排放了。由此看来,采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法来生产多晶硅和石英玻璃,不仅可以减少废气的排放量,而且还可以减轻对环境的污染。

1.3.3 设备费用少

多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产可以省掉一些设备,从而可以节约投资,并可减轻操作人员的劳动强度。

采用传统的单项生产法生产多晶硅,需要有一台四氯化硅合成炉和一套四氯化硅提纯系统。采用传统的单项生产法生产石英玻璃,同样需要有一台四氯化硅合成炉和一套四氯化硅提纯系统。如果采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产四氯化硅和多晶硅,上述设备是合一的,从设备数量上看,多晶硅和石英玻璃的联合制备法比传统的单项生产法减少一半。只是设备要大一些,但单个设备的投资增加不会太多。比如四氯化硅合成炉,它的直径加大一倍,它的产量就可以增加四倍。四氯化硅提纯系统里的设备也同样,尺寸增加一点,产量就会增加很多。

采用传统的单项生产法生产多晶硅和采用传统的单项生产法生产石英玻璃都同样需要有一套由冷冻除湿、除氧、干燥组成的氢气净化系统和一个鼓泡器。如果采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产,这些设备也是合一的。

采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产比单项生产法节省最多的地方还不在于此。

采用传统的单项生产法生产多晶硅,需要一套由冷冻分离器和氢气回收系统组成的回收系统,而采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产就不需要这套回收系统。这套系统是由科技含量高、造价高的成套设备组成的。我们知道,家用的冰箱的最低温只有摄氏零下十几度,一般的冷库的最低温也只有摄氏零下三十几度,可这套系统所用的冷冻温度要到摄氏零下八十几度,甚至更低;家用的冰箱只是单级压缩,要求深冷的冷库也只有双级压缩,而这套系统所用的冷冻机是复叠式的,是在双级之上再加了一级压缩的,而且组合方式也是特别的。据估算,这套系统所需的费用应占总设备费用的三分之一左右。就此一项,采用多晶硅和石英玻璃的联合制备法生产就可节省设备费三分之一左右。

很显然,设备少,不仅可以节约投资,而且还减轻了操作人员的劳动强度。