

学校编码: 10384

学号: 19920061151849

分类号__密级__

UDC__

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

连续铸锭生产线控制系统开发

The Development of Control System for Incessant Ingot
Casting Production Lines

薛 文 东

指导教师姓名: 洪永强 教授

专 业 名 称: 机械电子工程

论文提交日期: 2009 年 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（“太阳能级多晶硅产业化关键技术及设备开发”科技计划项目（编号：3502Z20073003）及“年产千吨太阳能级多晶硅的技术开发及产业化”科技计划项目）课题（组）的研究成果，获得（“太阳能级多晶硅产业化关键技术及设备开发”科技计划项目）课题（组）经费或实验室的资助，在（机电控制）实验室完成。

（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

2009 年 5 月 1 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于2012年6月30日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

2009年5月1日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

随着生产的发展，工业自动化控制的要求越来越高，尤其是多晶硅的定向凝固提纯生产线的控制系统要求更加苛刻。

本论文在掌握铸锭法提纯多晶硅的原理的基础上，为本课题设计的连续铸锭生产线开发一套温度控制系统，并达到生产工艺的控制要求，实现 5N-6N 级多晶硅产品的年产千吨级的产业化稳定生产。同时为该生产线建立自动化监控系统，实现对生产过程的实时监控，数据记录，自动化控制等，方便生产的运行和管理，提高生产效率，为产品质量的提高开发了分析平台并提供关键性的数据和图表分析等。论文主要包括以下研究：

1、掌握铸锭法生产多晶硅的原理，结合连续铸锭系统，设计了生产线总体控制方案；

2、根据连续铸锭炉的特点和铸锭提纯的工艺要求，设计了温度测控系统，包括炉膛温度检测，加热、冷却控制方案设计，各元件设备的选型以及电气图纸设计等；

3、设计连续铸锭生产线组态监控系统的总体方案

4、建立组态系统通信网络，将温控仪表、PLC 等 RS485 通信接口数据转为 TCP/IP 数据包通过以太网传输，可接入广域网中，实现了组态系统通信距离无限远；

5、设计并制作了多晶硅锭编号器，编写了 PLC 的控制程序代码，实现了多晶硅锭编号的远距离编号和显示的功能，并为组态监控系统提供硅锭编号。

6、建立了 SQL Server 2000 数据库记录系统，记录了连续铸锭炉各个温区实时温度数据，硅锭编号，加热功率等信息，并实现了数据库的定时自动备份。

7、建立了上位机组态监控系统，完成了组态系统程序的编写。根据生产信息，虚拟出连续铸锭生产线的实时运行状态，实现了生产线的远程控制和管理并建立了各种温度曲线的查询系统，为产品质量和工艺提高提供图表分析等。

8、完成了系统的调试运行，并将系统投入了正常的生产运行中。

关键词：多晶硅；铸锭；组态；生产线

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

With the development of production, industrial automatic control has become increasingly demanding, especially polysilicon product line of incessant ingot casting requires higher control system.

A set of temperature control system for incessant ingot casting product line is designed in this paper based on the polysilicon purification principle by casting ingot. It meets the production process control requirements and achieving industrial and stable production of 5N-6N grade polysilicon products, kilotons per year. Additionally an automated production supervisor control system has set up. It achieves real-time monitoring, data logs and automation controls of production process, which provides a very critical analysis of data and charts for product quality improvement, and greatly facilitates the operation and management of the production line. The contents of this paper are as follows:

1. Master the production of polysilicon ingots casting principle, combined with incessant ingot casting production line, make an overall control scheme.
2. According to the characteristics of incessant ingots casting furnace and directional solidification process requirements, design the temperature measurement and control systems, including temperature measurement, furnace heating system, cooling control system design. The components of equipment are selected and circuit diagram is finished.
3. Design the overall scheme of configuration monitoring system for incessant ingot casting product lines.
4. Establish a communication network for configuration system, converting communication data from RS485 port to TCP/IP packet and transmitting it to configuration system via ethernet, realing the unlimit transmission distance.
5. Design and make a polysilicon-ingot number display system, which is control by PLC, realizing polysilicon-ingot number display in long distance and preparing number data for configuration system.

6. Establish SQL Server 2000 database recording system, recording product line real-time temperature data, number of polysilicon ingots, and heating power etc., and realizing auto backup of database at regular time.
7. Set up PC configuration monitoring system, and complete programming the configuration system. According to production information, simulate real-time operating state of continuous casting production line, realizing remote control and management of production line, and establish an inquiry system of a variety of temperature curves, providing critical chart analysis for product quality and process control.
8. Complete debugging the system, and put the system into current production.

Keywords: Polysilicon; Ingot Casting; Configuration; Production Line

第一章 绪论	1
1.1 太阳能级多晶硅的制备方法及其研究现状.....	1
1.1.1 传统的制备方法.....	2
1.1.2 太阳能级多晶硅制备新工艺.....	4
1.1.3 多晶硅的市场需求及我国多晶硅的生产研究现状.....	5
1.2 本研究课题的提出背景及其意义.....	7
1.3 本文研究目标以及主要工作.....	7
第二章 定向凝固法提纯太阳能级多晶硅的原理和方法	9
2.1 定向凝固法提纯太阳能级多晶硅的原理及方法.....	9
2.1.1 定向凝固法提纯多晶硅的基本原理.....	9
2.1.2 目前实现多晶硅定向凝固生长的主要方法.....	13
2.2 连续铸锭系统提纯多晶硅的方法.....	15
2.3 本章小结.....	17
第三章 连续铸锭生产线控制系统的总体方案设计	19
3.1 连续铸锭生产线的控制要求.....	19
3.2 连续铸锭生产线的总体控制方案.....	20
第四章 连续铸锭炉的温度测控系统设计	23
4.1 温度测控系统的设计方案及元件选型.....	23
4.1.1 硅钼棒及配套变压器的选型.....	23
4.1.2 电力调整器的选型.....	26
4.1.3 控温仪及热电偶的选型.....	31
4.2 温度测控系统的电气原理图设计.....	38
4.3 多晶硅连续铸锭炉的降温冷却系统.....	44
4.4 本章小结.....	46
第五章 连续铸锭生产线的组态监控系统	47
5.1 组态软件的介绍.....	47
5.2 连续铸锭炉组态监控系统的方案设计.....	48
5.3 多晶硅锭的编号器设计.....	50
5.3.1 多晶硅锭编号器硬件设计.....	51
5.3.2 多晶硅锭编号器程序设计.....	57
5.4 连续铸锭生产线组态监控系统通信网络.....	61
5.5 连续铸锭生产线上位机组态设计.....	67
5.5.1 SQL2000 数据库记录系统设计.....	68
5.5.2 组态程序设计.....	71
5.6 本章小结.....	82

第六章 连续铸锭生产线控制系统的调试运行	83
6.1 SR94 温控仪表和 PAC16P 的设置和调试	83
6.2 多晶硅编号器和组态程序的调试运行	84
第七章 总结与展望	89
[参考文献]	90
致 谢	94
硕士期间发表的论文	95

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENTS

Chapter 1 Preface	1
1.1 Solar grade polysilicon producing methods and research status.....	1
1.1.1 Traditional producing methods	2
1.1.2 Solar grade polysilicon producing new methods.....	4
1.1.3 Polysilicon market demands and our country research statuses	5
1.2 The background and significance of the research	7
1.3 Target and Works of this paper.....	7
Chapter 2 Principle and Method by Directional Solidification.....	9
2.1 Purification principle and method by directional solidification	9
2.1.1 Main purification principle by directional solidification.....	9
2.1.2 Present main methods to realize directional solidification.....	13
2.2 Polysilicon purification method by incessant ingot casting system	15
2.3 Summary	17
Chapter 3 Overall Scheme for Control System Design.....	19
3.1 Requirements for incessant ingot casting product line	19
3.2 Overall scheme for product line control system	20
Chapter 4 Temperature Measurement and Control System.....	23
4.1 Scheme for measure and control system and Component Selection.....	23
4.1.1 Mo-Si component and transformer selection	23
4.1.2 Power regulator component selection	26
4.1.3 Temperature controller and thermocouple selection	31
4.2 Design of electrical schematics.....	38
4.3 Incessant ingot casting product line cooling system	44
4.4 Summary	46
Chapter 5 Incessant Ingot Casting Product Configuraton System.....	47
5.1 Configuraton software introduction	47
5.2 Scheme for configuration system	48
5.3 Polysilicon ingot Number display system design.....	50
5.3.1 Number display system hardware design	51
5.3.2 Number display system program design.....	57
5.4 Configuration system communication network design.....	61
5.5 Configuration program design	67
5.5.1 SQL2000 database recorded system design	68
5.5.2 Configuration program design	71
5.6 Summary	82

Chapter 6 Control System Debugging and Running	83
6.1 SR94 temperature controller and PAC16P setting and debugging	83
6.2 Display system and configuration program debugging run	84
Chapter 7 Conclusion and Outlook	89
[References]	90
Acknowledgement	94
Achievements	95

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

本章主要介绍了太阳能级多晶硅的制备方法及其研究现状,提出了本课题的背景和意义,并简明扼要的说明了本文的研究目标及主要工作。

1.1 太阳能级多晶硅的制备方法及其研究现状

在世界经济高速发展的过程中,能源的短缺、环境的恶化已成为制约经济可持续发展的瓶颈。当传统的燃料能源日益短缺的时候,可再生能源就成为维持长远的可持续发展、改变能源结构的主要选择之一^[1]。在可再生能源中,太阳能以分布广泛、储存量丰富和清洁无污染等优点成为解决能源危机和环境污染的首选新能源^[2],因此作为可将太阳能转化为可直接利用电能的主要装置——太阳能电池的研究备受世人关注^[3]。图 1-1 给出了太阳能光伏产业链的结构^[4]。由于硅是自然界中含量极其丰富的元素,且提取方便,因此,硅太阳能电池是太阳能电池中的主流产品,所占份额在 95%以上。因此,研究低成本高效率的太阳能级多晶硅的制备方法就显得尤为重要。

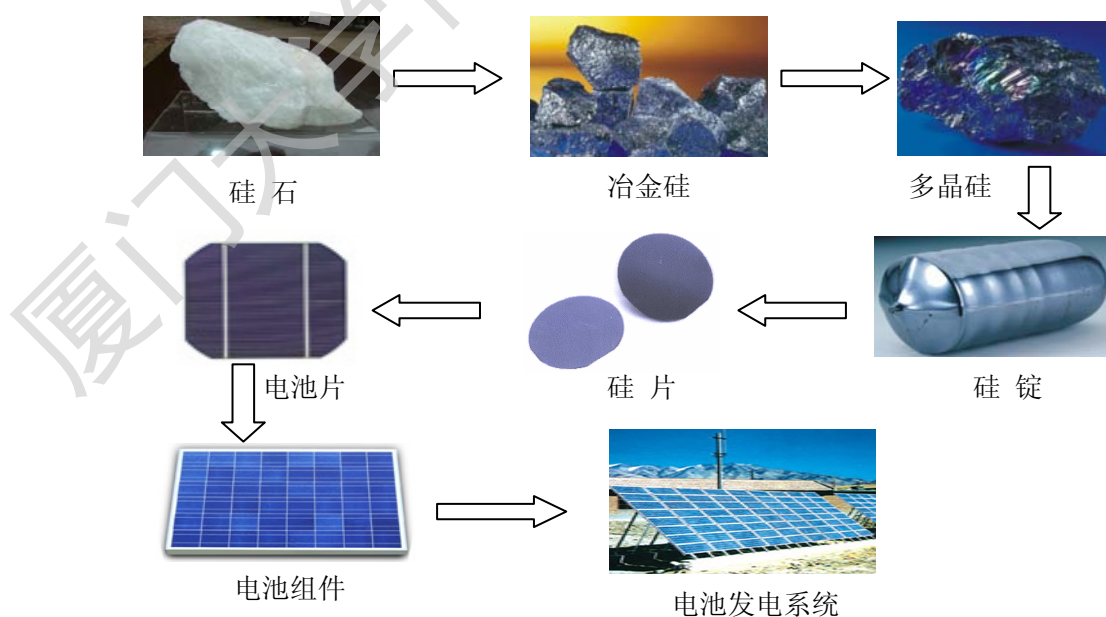


图 1-1 太阳能光伏产业链结构

1.1.1 传统的制备方法

多晶硅材料是以工业硅为原料，经一系列物理化学反应提纯后达到一定纯度的半导体材料，是硅产品产业链中制造硅抛光片、太阳电池及高纯硅制品的主要原料，是信息产业和新能源产业最基础的原材料。世界先进的多晶硅生产技术长期以来一直由美、日、德三国的七家公司所垄断，其现有生产线工艺技术的产品质量定位几乎均为电子级多晶硅。多晶硅的生产技术主要有以下三种。

A. 改良西门子法

西门子法^{[5][6]}主要是以 HCl(或 Cl₂、H₂)和冶金级工业硅为原料，在高温下合成为 SiHCl₃，然后对 SiHCl₃进行化学精制提纯，接着对 SiHCl₃进行多级精馏，使其纯度达到 6N 以上，最后在还原炉中 1050℃ 的硅芯上用超高纯的氢气对 SiHCl₃进行还原而生长成高纯多晶硅棒，其主要工艺流程如图 1-2 所示：

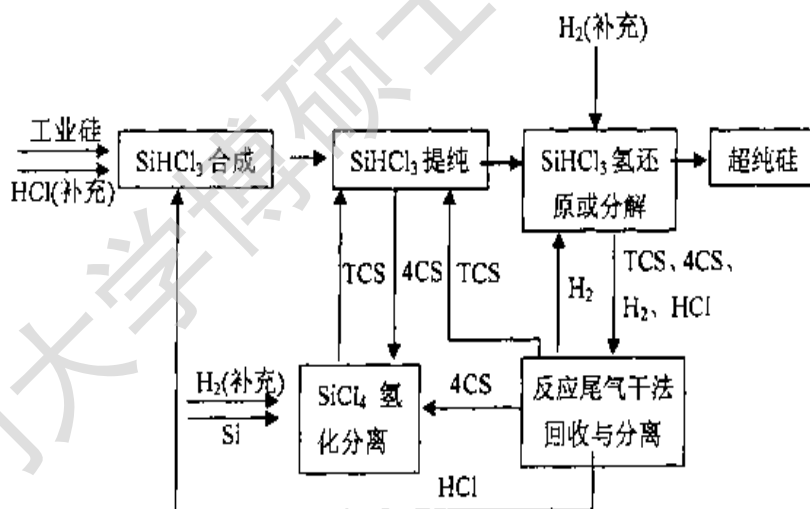


图 1-2 改良西门子法的工艺流程

B. 硅烷法

硅烷法^[7]是以氟硅酸、钠、铝、氢气为主要原料制取高纯硅烷，然后硅烷热分解生产多晶硅的工艺，其主要工艺流程如图 1-3 所示：

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库