

Plasma Sciences
and the Creation
of Wealth

等离子体科学 与财富创造

[印] P.I.约翰 著 王守国 等 译



科学出版社

等离子体科学与财富创造

Plasma Sciences and the Creation of Wealth

[印] P. I. 约翰 著

王守国 等 译

科学出版社

北 京

图字: 01-2011-5974

内 容 简 介

本书为等离子体学科的应用读物, 涉及内容广泛, 汇集了等离子体的基本介绍及其广泛应用, 它不仅包括等离子体基本概念、基本描述和基本原理, 而且更多内容是充分运用图表的方式, 对等离子体的广泛应用进行阐述, 内容涉及等离子体在新能源、新材料制备、超硬涂层、高分子薄膜表面改性、表面清洗、表面灭菌、纺织应用、微电子制造、光伏制造、废气和废水治理、智能玻璃、等离子体光源和显示、循环经济等众多领域。本书语言生动、通俗易懂。

本书不仅可为广大高校师生提供科技知识阅读, 也可供广大新技术爱好者参考使用。

书名原文 “Plasma Sciences and the Creation of Wealth”

© P. I. John, 2005

图书在版编目(CIP)数据

等离子体科学与财富创造/ (印) 约翰(P. I. John)著; 王守国等译. —北京: 科学出版社, 2013. 9

书名原文: Plasma Science and the Creation of Wealth

ISBN 978-7-03-038413-3

I. ①等… II. ①约… ②王… III. ①等离子体-研究②等离子体应用-研究 IV. ①O53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 194325 号

责任编辑: 刘凤娟 尹彦芳 / 责任校对: 鲁 素 桂伟利

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 9 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2013 年 9 月第一次印刷 印张: 28 3/4

字数: 382 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

这本书是奉献给那些具有创新思想的读者朋友！
利用神奇的等离子体来造福人类！

译者序

《等离子体科学与财富创造》，当人们看到书名时，就会情不自禁地对这本书产生兴趣。作为从事等离子体专业的学者来说更是如此。仔细翻阅该书，感到它不但是对等离子体技术应用的一个很好诠释，而且还总结了科学技术在过去工业革命中所发挥的历史作用，阐述了影响和推动新世纪变革的新型技术。书中的内容新颖、实用，充满创意，通俗易懂，内容广泛涉及等离子体在新能源、新材料、表面处理、先进制造、环保及医疗器械等高新技术领域的应用。

为了让更多的读者了解这本科学专著，我们萌生了把它翻译成中文的想法。通过与原作者协商，我们购买了其版权，并开始着手翻译工作。翻译团队经过一年多的艰苦努力，本书的翻译工作终于完成了。通过这次翻译工作，我们深深体会到翻译工作的艰难，也深切体会到自己能力和水平的有限。虽然我是翻译工作的主要参与者，但是本书的最终出版归功于我们团队的集体劳动和智慧。我们这个团队包括：北京印刷学院的陈强教授、美国加州大学伯克利分校的王英博士、美国肯塔基大学王守国博士、山东大学刘振前教授、中国科学院微电子研究所的同事赵玲利高级工程师、杨景华和贾少霞助理研究员、韩传宇和吴元伟博士、中国农业大学陈小雪博士等。他们在翻译工作中都付出了智慧和心血。在此，我要对他们表达崇高的敬意和感谢！

在此，特别感谢山东大学梅良模教授的精心校正工作，他放弃了周末和假期休息时间，让我们分享了他的智慧。梅良模教授的校正也极大地提高了本书的译文水准。

在翻译本书之前，还得到了中国科学院力学研究所吴承康院士和北京大学宗秋刚教授关于翻译出版的热情推荐，在此表示真诚的感谢！

本书的最终出版归功于中国科学院微电子研究所国家“02”专项课

题出版经费的大力支持。

由于这本书涉猎内容广泛，它不仅包括等离子体物理，还包括与其相关的高分子材料表面改性、金属材料改性和再制造、纺织新工艺、微电子、新光源和等离子体显示、表面灭菌和清洗、环保和新能源等，因此该书可为广大理科生（包括专科、本科和研究生）、科技工作者、技术工程师、技术官员和企业家等提供参考。

由于本书涉及的领域非常广泛，加之译者在物理与中英文方面知识的欠缺，不足之处在所难免，敬请读者给予批评指正。

王守国

前 言

《等离子体科学与财富创造》论述了各种不同类型的等离子体状态,描述了等离子体作为一个特有的技术手段,在工业制造领域、环境治理领域以及工程领域中的实际应用。书中介绍等离子体技术在材料加工工艺以及制造方面的成功实践和商业运作。

作者编写这本书的目的是为当今社会的技术变革提供技术食粮。本书可为广大研究生(包括本科生)、企业家、商业家、科技专家和顾问提供技术参考。

第一章是从历史发展的视角论述科学技术在历次工业革命中所发挥的历史作用,并简要描述新兴技术对 21 世纪的工业生产方式、制造方式以及人们的生活方式带来的影响;此外,还介绍等离子体科学的发展以及对其他学科的影响和贡献,如热核聚变、空间科学和天体物理等学科;这一章还全面概述了基于等离子体学科发展而催生的各种新型工业应用。第二章论述等离子状态的物理和化学,描述等离子体状态的独特性质以及基于这些性质所蕴涵的潜在应用。第三章描述在实验室中常见的人造等离子体的方法,并讲述这些实验室等离子体为进一步工业应用奠定了基础。第四章描述等离子体作为一种特殊工业工具在工业中的广泛应用,并介绍等离子体状态是如何产生出极高的温度,等离子体催化效应是如何颠覆传统的化学催化,以及如何采用等离子体技术产生强带电粒子束和金属粒子束。第五章至第十九章广泛论述等离子体在工业领域的各种应用。这些应用领域涉猎范围包括材料表面工程、消费产品、等离子体光源和显示、环境整治、微电子和光伏太阳能设备、冶金工业、资源再利用等。在其中每一章中,只是重点介绍一个应用领域,并针对这一应用领域所采用的等离子体类型和相关工艺流程进行详细描述。

本书内容更注重实际应用,而不是基础研究。书中特意选择了已经

在工业中得到实际应用的等离子体技术进行论述。例如，在第五章中，所描述的等离子体是从已经实际应用的等离子体氮化反应器和氮化工艺开始的，应用范围从氮化各种刀具到汽车零部件。

最后一章讨论的是等离子体核聚变。尽管该技术尚未真正实现商业化，然而这章所讲述的内容将会证实：一旦商业聚变装置最终获得成功，它将对未来人类的经济和生活产生巨大的冲击和影响。

因此，本书概述的内容证实了这样的一个命题：等离子体技术中蕴藏着巨大的财富，它会使人们所使用的材料增值，并使人们的浪费减少，从而使人们的生存环境得到改善、生活质量得到提高。

P.I. 约翰

致 谢

本书虽然是由我来编写完成的，但这本书的问世归功于我的很多同仁朋友以及很多研究机构和公司，他们为本书的编写提供了大量素材和建议。

十分感谢印度等离子体研究所的同仁，是他们一直在用不同的方式激励着我。工业等离子体技术促进中心的同仁教会我在面对科学与技术之间转换的困难时，该如何坚持下去。

印度等离子体研究所所长 P.K.Kaw 教授一直帮助我澄清在技术研发和工业应用上的想法；A.Sen 教授在很多方面给我提供了大量有益的建议。

我十分感激塔塔-麦格劳-希尔出版公司，尤其感谢 Deepa Varadara-jan 女士和 Chandra Sekhar 先生对出版这本书的大力支持。

很多朋友和公司为这本书提供了重要的素材，包括图片和数据等。在此，我向他们表示衷心的感谢！

为这本书提供重要素材的单位和个人如下：

印度 Cdr. (Pfeiffer India Ltd) 提供了 Balzers 的 PVD 设备照片；

印度塔塔 BP 太阳能公司提供了所研发的太阳能电池板照片；

德国 Metaplas Ionon 公司提供了工业表面技术系统的照片；

德国弗劳恩霍夫研究所的 Nicolas Schiller 博士提供了在织物涂层上的介质薄膜材料；

印度社会汽车制造商 S.K.Gandhi 博士；

美国麻省理工大学 Daniel Cohn 教授提供等离子燃料转化资料；

美国的 SAE 国际提供燃料转化资料；

瑞士 ScanArc 等离子技术公司的 Jan Thornblom 教授提供商用等离子体炬照片；

美国华盛顿大学的 Jesse Ausubel 教授提供脱碳资料；

Kristine Bruland 教授提供工业循环相关材料；

德国杜伊斯堡-埃森大学的 Horst Ehrich 教授提供 PET 瓶子表面阻隔涂层资料；

美国 Plasmaco 公司的 Larry F. Weber 博士提供等离子显示面板资料；

Van de Sanden 教授提供等离子体增强化学气相沉积系统资料；

美国 NASA 的 J.Pramberger 博士和 B.Banks 博士提供等离子体清理画面资料；

PV News (太阳能新闻网) 编辑, Paul Maycock 博士提供光伏模块销售资料；

美国强生公司旗下 ASP 机构的 Robert Platt 博士提供等离子体灭菌资料；

Plasma Etch 公司提供等离子体清洗设备资料；

维也纳国际原子能机构提供聚变相关资料；

Vishnu Prajapati 先生帮助整理繁杂的图片；

最后, 要感谢我的家人 Minnu、Joseph、Thomas、Priya Shanti 和 Rahul, 他们在我无休止地论述等离子体的神奇之处时, 作为我最忠实的听众。感谢他们为本书所花费的时间和精力。

P.I. 约翰

目 录

译者序

前言

致谢

第一章 永恒的创新时代 —— 科学、技术和工业革命.....	1
工业革命	1
新技术范例	4
研究与生产相统一	5
灵活性	5
技术融合与集成	5
生态友好	5
人文伦理	6
全球一体化	6
知识型制造业	6
微电子	7
信息技术	7
生物技术	8
先进制造技术	9
超纯材料	9
人工构建技术	10
新兴技术	10
纳米技术	11
微机电系统	11
自组装材料	12
智能材料	13

等离子体制造	13
等离子科学	17
天体物理与空间等离子体	20
等离子体辅助加工的诞生	20
参考文献	25
第二章 物质的第四态 —— 电离气体的物理和化学	28
物质的等离子态	28
电中性	32
等离子体电势	34
等离子体振荡	36
电导率	37
电子能量分布	38
粒子碰撞	40
等离子体中的化学效应	41
等离子体中的粒子扩散	45
磁场中的等离子体	46
等离子体波	48
等离子体中的宏观粒子	50
等离子体的辐射	50
等离子体的基本描述	51
参考文献	52
第三章 驯服闪电 —— 实验室等离子体源	53
电子碰撞电离	53
电击穿	54
直流辉光放电	56
增强辉光放电	59
高频电容放电	62
高频感应放电	66

高频波放电·····	67
电子回旋共振放电·····	68
大气压辉光放电·····	69
电弧放电·····	72
金属蒸气等离子体·····	76
参考文献·····	79
第四章 等离子体的工业应用 —— 等离子体在材料处理过程中的应用 ·····	82
等离子体处理·····	82
等离子体热源 —— 等离子体炬·····	86
等离子体化学催化·····	94
等离子体高能粒子源·····	98
金属蒸气的溅射生成法·····	103
参考文献·····	105
第五章 氮化物防护层 —— 表面合金的扩散处理 ·····	108
磨损问题·····	108
氮与金属表面的相互作用·····	110
等离子体渗氮·····	112
多种等离子体渗氮方式·····	114
渗氮层特性·····	116
改进行学性能·····	117
等离子体渗氮反应炉·····	118
其他热化学扩散处理方法·····	122
工业应用·····	123
塑料零件制品·····	125
水力发电机部件·····	128
汽车部件·····	129
机械配件·····	130

铁路系统部件	131
齿轮的等离子体渗氮	132
铬电镀层的等离子体渗氮	133
等离子渗氮将取代镀铬工艺	133
参考文献	134
第六章 注入法炼金术 —— 离子注入表面改性	136
等离子体离子注入	138
等离子体离子注入反应器	142
摩擦学中的应用	145
钛和铝	147
类金刚石	148
生物应用	148
半导体掺杂	149
加温情况下的等离子体离子注入	151
工业情况	152
参考文献	154
第七章 工具的表面处理 —— 功能涂层的表面工程学	157
表面工程	157
物理气相沉积的工艺和反应器	160
电子束沉积	161
真空电弧沉积	163
磁控溅射涂层	166
离子镀	171
等离子体辅助化学气相沉积	172
薄膜涂层产品	174
钎合金涂层	177
氮化铬涂层	178
多组分涂层	178

复合涂层·····	179
纳米组合涂层·····	181
超硬涂层·····	181
参考文献·····	184
第八章 等离子体清洗机 —— 一种精细的表面清洗技术 ·····	188
清洗是工业处理过程中的一道重要工序·····	188
对先进清洗技术的呼唤·····	190
精细清洗技术·····	191
等离子体辅助清洗·····	192
等离子体清洗反应器·····	196
洁净度的测量方法·····	198
清洗在工业中的作用·····	200
油质污染物的清洗·····	201
黏合前的清洗·····	201
等离子体清洗在半导体制造中的应用·····	202
执行行星探测任务的航天器的清洗·····	203
等离子体清洗在标记和印刷方面的应用·····	204
食品容器的消毒和除臭·····	204
去除生物污染物·····	205
等离子体清洗美术作品·····	205
等离子体化学清洗考古文物·····	207
等离子体清洗的经济价值·····	207
参考文献·····	208
第九章 生物材料与等离子体 —— 聚合物材料的表面改性 ·····	210
生物医用材料·····	210
等离子体技术和聚合物表面·····	213
等离子体表面改性工艺·····	214
医疗器件的等离子体处理·····	216

等离子体消毒	222
参考文献	225
第十章 皇帝的盛装 —— 等离子体纺织品处理技术	228
纺织业的发展趋势	228
等离子体处理纺织基布	229
早期的等离子体织物处理工艺	231
等离子体纺织品处理技术的新研究计划	232
无水退浆技术	234
等离子体活化染整工艺	235
连续纤维表面处理技术	235
等离子体工艺在工业用纺织品中的应用	236
等离子体工艺处理无纺布	237
有机聚合物的表面金属涂层	238
利用液体作为前驱反应物的等离子体处理	238
参考文献	239
第十一章 玻璃化 PET 涂层 —— 食品包装材料中的阻隔涂层 ..	241
食品包装	241
聚合物材料存在的问题	243
开发阻隔涂层的动力	245
卷绕涂覆工艺	248
包装瓶涂覆工艺	250
拓展阻隔涂层的新市场	254
参考文献	256
第十二章 收获阳光 —— 等离子体技术在太阳能产业中的应用 ..	258
太阳能经济	258
光伏设备	259
薄膜非晶硅设备	261
薄膜太阳能电池的等离子体处理	264

控光智能玻璃	267
光伏技术的未来	271
参考文献	275
第十三章 等离子体与微电子工业 —— 等离子体在微电子器件加工中的应用	277
微电子技术的发展	277
微电子器件的等离子体处理	279
半导体器件制造中的刻蚀工艺	282
等离子体沉积技术	287
等离子体掺杂工艺	289
参考文献	292
第十四章 梦幻之光 —— 先进等离子体发光源	295
天然光源及人工光源	295
非平衡等离子体光源	297
汞蒸气灯	299
钠灯	299
金属卤素灯	301
空心阴极灯	302
无电极灯	303
等离子体发光球	305
无汞荧光灯	306
经济及环境考量	307
参考文献	309
第十五章 等离子体技术与平板电视 —— 等离子体显示技术	310
平板显示技术	310
等离子体平板显示屏	314
微放电光源	321
市场是第一推动力	323