

Photocatalyst

光催化 创造未来

环境和能源的绿色革命

〔日〕藤岛昭 著 上官文峰 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

光催化 创造未来

环境和能源的绿色革命

〔日〕藤岛昭 著 上官文峰 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



内容提要

本书通俗易懂地解说了作者从发现光催化分解水现象,到光催化在环境净化等领域中的应用。主要介绍了光催化技术在空气净化、超亲水、自清洁、抗菌除臭等方面的技术应用,以及光催化在农业和医疗等领域展现的应用前景。全书图文并茂、形象生动,可供广大科普爱好者阅读,也适合青少年知识拓展使用。

图书在版编目(CIP)数据

光催化创造未来 / (日)藤岛昭著;上官文峰译.

—上海:上海交通大学出版社,2014

ISBN 978-7-313-12219-3

I. ①光… II. ①藤… ②上… III. ①光催化—研究

IV. ①0644.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第242413号

HIKARI SHOKUBAI GA MIRAI O TSUKURU

Kankyo, Enerugi o kurin ni

by Akira Fujishima

© 2012 by Akira Fujishima

First published 2012 by Iwanami Shoten, Publishers, Tokyo.

This simplified Chinese edition published 2015

by Shanghai Jiao Tong University Press, Shanghai

by arrangement with the proprietor c/o Iwanami Shoten, Publishers, Tokyo

上海市版权局著作权合同登记号:图字:09-2014-386

光催化创造未来

——环境和能源的绿色革命

著 者:[日]藤岛昭

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出 版 人:韩建民

印 制:常熟市文化印刷有限公司

开 本:787mm×960mm 1/32

字 数:83千字

版 次:2015年1月第1版

书 号:ISBN 978-7-313-12219-3/O

定 价:22.00元

译 者:上官文峰

地 址:上海市番禺路951号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:6

印 次:2015年1月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0512-52219025

在人类面临能源与环境问题巨大挑战的今天,人们企望儒勒·凡尔纳在他的科幻小说《神秘岛》(1874年)中所描述的情景能成为现实:“我相信总会有一天可以用水来做燃料……,水将是未来的煤炭。”

被称为“本多-藤岛效应”的光解水现象的发现,使人类朝着实现这个预言迈出了第一步。这一被誉为化学界“圣杯”的重要科学研究,告诉人们只需要阳光和水就可获得理想的清洁能源——氢能,这给人类带来的将是一场能源革命。

本书作者——被称为“光催化之父”的藤岛昭教授给我们讲述了光催化现象发现中的趣事,形象生动地介绍了光催化技术在清洁空气、超亲水、自清洁、抗菌除臭等方面的技术应用,以及光催化在农业、医疗、太阳能光解水制氢等领

域展现的应用前景。全书图文并茂，深入浅出，可供广大科普爱好者阅读，也适合青少年拓展阅读。翻译本书之目的，正像本书作者所说的，“我希望本书的读者，特别是年轻人，能通过本书唤起他们对科学的兴趣，不要害怕失败，要勇敢地去挑战”。

作为一位光催化领域的研究者，译者感谢出版社选择了这本书的翻译出版。同时也衷心感谢我的太太谢晓青对翻译本书给予的支持。

上官文峰

第 1 章 激动时刻1

- 1976年,东京大学研究室 / 3
- 光分解水产生氧气 / 7
- 重温电解水 / 11
- 改变时势的《自然》论文 / 13
- 搭上能源末班车 / 15
- 两位大恩人 / 18

第 2 章 催化和光催化20

- 什么是催化 / 20
- 什么是光催化 / 24
- 光催化剂的代表性物质——氧化钛 / 25
- 氧化钛表面发生的氧化还原反应 / 28
- 光从何而来 / 29
- 传送给地球的太阳能总量 / 32
- 光谱和光催化 / 34
- 无光不动 / 35
- 量子论的恩惠 / 36
- 爱因斯坦的光量子假说和光电效应 / 38

第 3 章 先从环境问题的应用入手40

- 能量转换很难 40

转变思维 / 43

确定目标在微量物质上 / 45

在瓷砖和玻璃上涂覆光催化薄膜 / 47

从除烟味的窗户纸到空气净化器的过滤器 / 50

污染的大气可以清洁吗 / 52

超亲水性——氧化钛光催化的另一个功能 / 53

第 4 章 氧化钛的功能 (I)56

有色水的颜色消失了 / 56

什么是氧化分解 / 58

氧化分解如何分解 / 61

第 5 章 氧化钛的功能 (II)66

热气也不会使镜面起雾 / 66

什么是超亲水性 / 69

哪些领域可以应用 / 71

第 6 章 不会脏的房子74

我家的房子 / 74

高层大楼的外墙和窗户玻璃 / 77

高速公路的隔音墙 / 80

帐篷材料的屋顶 / 81

上海世博会上大显身手 / 83

向世界扩展 / 84

第 7 章 空气变清新了88

去除烟味儿 / 88

- 生活用品上的应用 / 91
- 抗病毒 / 93
- 电冰箱中的应用 / 95
- 空运货物 / 98
- 大气能净化吗 / 99
- 世界上第一条空气净化道路 / 102

第 8 章 光催化的扩展105

- 防止热岛效应 / 105
- 水可以净化吗 / 108
- 农业上的应用 / 110
- 不臭的牲畜圈 / 114

第 9 章 室内光催化的应用116

- 开发能利用可见光的材料 / 117
- 氧化钛纳米管的世界 / 120
- 新居综合征 / 122
- 不会脏的衣服 / 124
- 超亲水性和超憎水性表面的可能性 / 128

第 10 章 医疗领域的应用131

- 手术室的应用 / 131
- 癌症治疗 / 135
- 导管、医疗器具上的应用 / 138
- 流行性感病毒上的应用 / 142
- 牙科上的应用 / 143

第 11 章 向能源问题发起的挑战145

- 重拾氢能梦想 / 145
- 向植物学习 / 147
- 创造高效的制氢系统 / 149
- 二氧化碳的利用 / 155

第 12 章 光催化的规范化进程157

- 冒牌货和正品 / 157
- 什么是标准化 / 159
- JIS 规格、日本的标准化进程 / 162
- 从 JIS 到 ISO / 164
- 光催化的安全性 / 166

结束语169

- 光催化博物馆 / 171
- 太阳能热电站反射镜的应用 / 172
- 光催化综合系统研究中心的设立 / 173
- LED 光源的导入 / 173
- 新光催化过滤器的开发 / 174
- 新干线上窗户玻璃保洁的尝试 / 175
- 光催化在汽车上的应用 / 178

参考文献182



第 1 章 激动时刻



“光催化”一词，大家第一次是从哪里听到的呢？从电器商店里？还是从电视上或新闻报道里？

20世纪90年代后期，光催化才开始普及而应用于产品，并出现在人们的日常生活中。进入21世纪以后，光催化已经应用到更广泛的领域，受到更多人的关注。

例如，光催化剂作为空气净化器的过滤器，净化室内空气；光催化剂涂覆在住宅和大楼外墙上，利用太阳光照射和雨水冲洗，去除污渍，保持清洁。这些内容在后面的章节将会详细介绍。实际上，10多年前，我家房子的外墙上就涂覆着光催化透明薄膜（见图1.1）。即使是现在，只要下雨，外墙就被冲洗得干干净净，始终保持洁净状态。另外，汽车门上的后视镜，由于使用了光

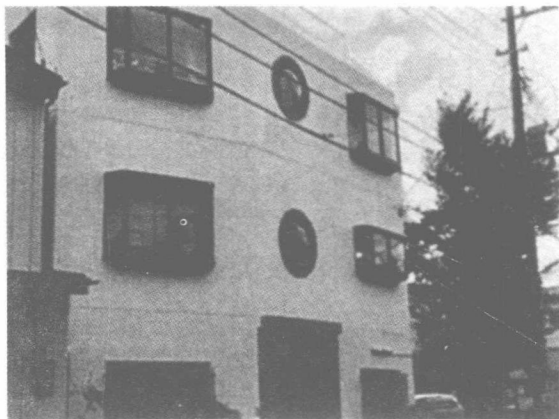


图 1.1 外墙涂覆光催化剂的作者住宅

催化技术,不再容易起雾,对防止交通意外发挥了重要作用。

10多年来,通过观察自己家房子的外墙,我对光催化技术的真实性确信不疑。因此,我一直以来都希望光催化技术不仅造福日本,而且让世界上更多的人可以利用光催化技术,为营造更好的环境,过上更好的生活发挥其作用。为了实现这个目标,现在我仍然和很多同行一起继续推进这项研究。

2006年开始,初中的理科教材和高中的化学教材上也开始介绍光催化方面的内容了。实际

上,光催化的原理还要追溯到40年前,那时我还是硕士研究生,研究中发现了“可以利用光能分解水”的现象。

当时这一发现让我非常激动。现在回想起来,那是我作为一个科技工作者第一次感到激动的瞬间。直到现在,那时的激动和兴奋还像昨天发生的一样,清晰地留在脑海里。

在本书中,除了尽可能浅显易懂地介绍光催化剂的结构和利用光催化技术成功开发的产品,以及开发过程中的一些幕后花絮外,还会让读者分享到一些研发过程中发生的让人感动的事情,时而还有失败和挫折以及克服重重困难后终于取得成果时那种任何东西都无法换来的喜悦!

如果本书对年轻人在选择未来人生道路时,哪怕是有一点点的启发,我将感到非常荣幸。

1976年,东京大学研究室

那么,就让我们把时针拨回到40多年前,了解一下我在研究生时代发现的“光解水”到底是个什么现象吧,为什么我会那么激动。

1966年3月,我从横滨国立大学工学部电气

化学科毕业后，进了东京大学研究生院菊池真一先生的研究室，从事感光化学和光化学方面的研究。虽然大学四年级的时候，我已经通过了国家公务员的上级考试，当时的通产省和文部省都有意愿录用我，但我反复考虑后还是觉得读研究生进一步深造最适合自己。在菊池真一先生的研究室里，看到很多优秀的学长对研究充满热情，自己内心也升腾起一股跃跃欲试的劲头。

现在，我也总是强调，从事研究和开发的环境里，最重要的就是“环境氛围”，这句话就出自研究生时代的菊池研究室。那时在菊池研究室里，有一位对光电气化学兴趣浓厚的副教授，他就是后来成为东京大学教授的本多健一先生。在他的指导下，我把各种各样的半导体扔进水中，研究光照后的反应。

所谓半导体，就是对物质进行分类时，位于导电性质的物体（导体：例如铁、铜、铝、铅等金属）和非导电性质的物体（绝缘体：例如玻璃、橡胶等）之间的物质，在条件允许的情况下也可以导电。代表性的半导体有硅和锗。特别是硅，现在被广泛地应用于家电产品中，有“工业大米”的美誉。

我在本多先生的指导下,将照片胶卷和相纸上使用的卤化银等半导体作为电极,反复进行光照实验,但毫无进展。就在陷入僵局时,我想,有没有一种可以感光的新半导体材料呢?于是,我每天跑图书馆去查,同时也向其他研究室的人请教。

有一天,听说隔壁研究室从事复印机等基础研究的博士生饭田武扬正在研究一种叫氧化钛的物质,就向他请教,他告诉了我制作氧化钛单晶的厂家。

氧化钛单晶是一种具有类似钻石特性的物质,所以被饰品行业当作贵重宝物,甚至出现了专门制造氧化钛单晶的风险投资企业。所谓单晶,是指任何部位的结晶轴的方向都一致的晶体。硅和水晶的单晶一般应用在电子机器和精密机器上。

对我来说,正值研究走进死胡同,所以无论如何也想搞到氧化钛单晶,用它进行光照实验,找到线索打破目前的僵局。于是,我大胆地给制造氧化钛单晶公司的中住让秀社长写了一封信。至于那位社长会不会给一个刚读研究生的小青年回信,其实完全没有把握。但自己知道,什么都不做,干等着是不会有好运降临的!

“如果刀剑短了，只要向前走一步就长了。”这是江户时代的第三代将军、德川家光的剑术老师柳生宗矩的名言，也是我最喜欢的座右铭。结果，真的幸运地收到了中住让秀社长的回信，并且拿到了氧化钛单晶。时间正是1967年的春天。

虽说拿到了氧化钛单晶，但麻烦仍然不少。像钻石一样坚硬的单晶，如何才能做成实验用的电极？完全没有方向，真是吃尽了苦头。

为了将氧化钛单晶切割成1~2 mm厚的圆板形，我跑到东大的物性研究所试样制作室，借用他们的钻石切割刀才终于解决了问题。另外，我

还想办法增加氧化钛单晶的导电性，与铜线连接起来等，总之通过一番工夫，总算做成了氧化钛电极。其结构如图1.2所示。

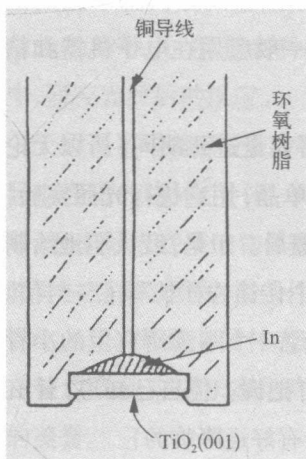


图 1.2 氧化钛电极的光解水实验（截面图）

光分解水产生氧气

电极总算做成了。我查阅了做好的氧化钛单晶电极的电气化学特性之后开始试验,将氧化钛单晶电极放进水溶液中,观察发生的电化学反应。

当光线照射到水溶液中的氧化钛电极外侧时,其表面开始咕嘟咕嘟地冒气。一旦停止光照,就不冒气了。图1.3显示了当时的实验情景。

真是不可思议。再仔细观察安装在线路中的电流计,仅光照时有大电流通过,停止光照时,

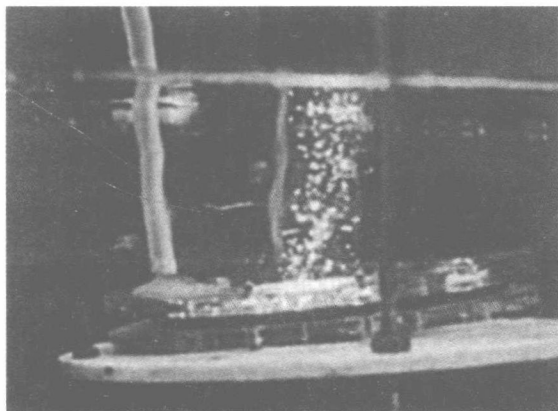


图 1.3 世界首次发现光解水的实验现象图

电流就恢复到零。我又通过改变光的强度观察了电流的变化,推测出产生的气体可能是氧气。对气体进行实际分析,采用气相色谱法检测后得到了验证,完全与推测的一致,氧化钛表面产生的气体就是氧气!

在本次实验稍早前,已经有德国的研究小组报告,他们采用与氧化钛具有同样半导体特性的氧化锌作电极进行光照后,也生成了氧气。

那个研究小组的核心人物,就是德国柏林弗里茨哈伯研究所的Gerischer教授。他被誉为是当时世界上半导体研究领域最优秀的人。但是,报告显示,Gerischer教授使用氧化锌进行研究时,产生的氧气是由氧化锌的结晶自身溶化而生成的。我也采用氧化锌进行了实验,结果氧化锌的表面溶化后变得千疮百孔。

那么,氧化钛电极的表面又如何呢?无论光照几天,还是和实验前一样光溜溜的。同时我还检查了氧化钛电极的重量,发现实验前和实验后重量没有发生任何变化。这是一个重大发现,我兴奋不已。

让我对图 1.3 中生成氧气时的检测状态稍微做些详细的说明吧。通常情况下,水的电解实验