

无处不在的氟



山边正显 主编
F&F国际协会 组编
闻建勋 闻宇清 译



无处不在的氟

山边正显 主编
F&F国际协会 组编
闻建勋 闻宇清 译



安徽省版权局著作权合同登记号:第 121414029 号

フッ素の本, First Edition (ISBN 978-4-526-06894-2) by 山边正顕. First published by B&Tブックス日刊工業新聞社 2012

All rights reserved.

This simplified Chinese edition for the People's Republic of China is published by arrangement with B&Tブックス日刊工業新聞社.

©B&Tブックス日刊工業新聞社 & University of Science and Technology of China Press 2014

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of B&Tブックス日刊工業新聞社 and University of Science and Technology of China Press.

This edition is for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan Province) only.

此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)销售。

图书在版编目(CIP)数据

无处不在的氟/(日)山边正显主编;闻建勋,闻宇清译. —合肥:中国科学技术大学出版社,2014.10

ISBN 978-7-312-03558-6

书名原文:フッ素の本

I. 无… II. ①山… ②闻… ③闻… III. 氟—普及读物 IV. O613.41-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 208884 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥华星印务有限责任公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 880 mm×1230 mm 1/32

印张 5.25

字数 183 千

版次 2015 年 1 月第 1 版

印次 2015 年 1 月第 1 次印刷

定价 28.00 元

译者序

《无处不在的氟》的中文版在原田光惠女士的极力推荐及热情协助下，终于和读者见面了。该书的日文原版是2012年5月由日刊工业新闻社初版的科学普及新书。由于在日本畅销，出版不久就进行了第2次印刷。我是有50年从事含氟材料工作经历的专业人员，有幸认真阅读了刚出版的原版新书之后，深深地感到：无论一般的读者，首先是像我这样的专业人员，应该读一读这样的优秀科普著作。

该书有以下几个特点：

第一，非常通俗易懂，但是并不失科学原理的严格性。

第二，紧贴人类社会生活的各个方面，从厨房烹饪用具、手机、液晶电视、抗癌药物到航天员服装及原子能发电等，图文并茂，生动有趣。

第三，知识内容非常前沿，引用了许多最新的科学技术成果。例如在翻译含氟药物的时候，一些新的药物，日文处理很简单，用的是片假名写的外来语，我们中文尚无对应的译名，即便在因特网上也查不到英文名字，只好请原著作者帮忙。

原著之所以有这些特点，是因为作者队伍的强大，以日本著名学者山边正显先生为首的9名编写成员组织的24位执笔者，都是研究开发方面的一线专家，文中不乏他们的研究心得。编辑原田光惠女士及高须贺智子博士的精心编辑，使完全不同的学科内容彼此连贯，浑然一体。

现在，中日氟化工的交流机制已趋于成熟。十多年前，在原田光惠女士的鼓励与帮助下，我们翻译出版了石川延男主编的《含氟生理活性物质的开发和应用》及山边正显、松尾仁主编的《含氟材料的研究开发》。这两本书在大学、研究所及工业部门受到欢迎，不少认识及不认识的读者亲口对我表示：感谢这两本书对他们的帮助。现在原田女士又成功地将《无处不在的氟》介绍给中国读者，不但有利于提高我国读者的科学素质，而且向专业人员介绍了氟材料应用领域发展的最新情况。

我们要向为本书的出版做出贡献的各位朋友表示感谢。首先向泰州市

梅兰集团董事长周虎宏先生表示感谢,是他提出购买《无处不在的氟》日文原版的知识产权,在中国翻译出版。感谢巨化集团的王树华先生支持了这件事。最后梅兰集团与巨化集团共同集资购买了原版的知识产权,参与版权购买事务的有梅兰集团的沈阳先生及巨化集团的胡锡云先生。感谢中国氟硅有机材料工业协会的季刚理事长和葛方明秘书长自始至终关心本书的出版工作。感谢中国科学技术大学出版社的支持,使本书得以迅速出版发行。中国科学技术大学是我的母校,今年恰逢我毕业半个世纪,能够由中国科学技术大学出版社出版本书,我感到无比荣幸。

我的女儿闻宇清翻译了全文,我对全部译文做了校对。由于本书涉及专业领域很广以及我们水平的限制,存在错误之处在所难免,敬请读者不吝指正。

闻建勋

2014年5月8日

前 言

“为什么现在要介绍氟？”这是我们将这本书的策划方案交给日刊工业新闻社书籍编辑部的时候听到的第一个声音。是的，这本书的任务就是回答这个疑问。氟和氯、溴、碘一起被称作卤素元素。在我们身边，氯作为食盐、聚氯乙烯、消毒剂等的组成元素，溴作为塑料的阻燃剂成分，碘也曾作为碘酊、照片的感光材料成分等在很多地方被使用至今。那么，氟又怎样呢？“氟是什么？”“哪里在使用氟？”“为什么是氟？”为了能简单明白地回答这些大家都持有的疑问，让尽可能多的人知道“氟”的魅力，就是策划这本书的氟工作者共通的想法。

日本和国外都出版了很多氟化学入门书、专业书，但是每一本都过于专业，我们感觉对于普通人的阅读来说太难懂了。氟在科学性、学问性上都是趣味无穷的元素，但是氟更是在我们的日常生活中方便地为舒适、安全、放心的生活服务，甚至为高科技提供服务。居住、健康、交通运输、计算机和手机等半导体及通信产业等很多的领域都在使用含氟技术、含氟产品。即便是这样，一般人一听到“氟”，几乎都不知道是什么。是氟利昂？那一定是破坏地球环境的坏东西吧，这样想的人很多。

本书就是在这个背景下，在有志于制造含氟产品的企业的技术人员、在大学老师们的协力下，从“氟是什么”开始，介绍了各种各样的产品和技术，还极力地描绘了氟的未来。

第1章从回答“氟是什么”的疑问开始，对人类是在什么时候注意到了氟的存在，资源有多少，含氟产品有什么特征及怎么制造等问题，做了通俗易懂的介绍。第2章中探索了“我们身边的氟”。相信大家一定对氟被使用在身边没有想到的地方有了实感。第3章总结了“支撑着家电产品的氟”。第4章、第5章是将活跃在“交通、运输”或者“半导体及信息通信”领域的氟列了清单。第6章是将大家去医院看病的时候，在很多的处方笺中默默做贡献的氟介绍给大家。不单是感冒药，在感染症和气喘的治疗、麻醉剂等中也有氟的出现。还有，蔬菜、水果等农作物的收获中氟也起着作用。第7章介绍的

是氟对清洁能源这个决定地球环境问题的关键所做的贡献。通过这些解释说明,本书展示了氟令人意外的活跃现状和氟开拓出的光明未来。

读了这本书以后,我们衷心期待大家能稍稍地对氟多彩的特性抱有兴趣,并有越来越多的年轻人,为了能让这些时候一直为环境恶化烦恼的我们的地球作为蓝色星球得到再生而思考出一点力。

这本书的执笔者是很多的技术人员及开发人员,他们怀着“让大家更多地了解氟”这个热情齐心协力,成功地完成了编辑委员会意图中的“无处不在的氟”,我们为此非常自豪。

最后,最初提出这本书的构想的是原大金工业(株)的円尾惠一先生。以円尾先生为主导的启动会议原定于2010年8月召开,但是非常遗憾的是在7月中旬先生因为中暑非常突然地离开了我们。我们这些相关人员团结起来,继承先生的遗志,终于按预定计划完成了本书的出版。在这里将本书献给円尾先生,表达我们深深的谢意。还有,对于为本书的完成给了我们有益的建议的日刊工业新闻社的藤井浩先生以及各位给予我们帮助的相关人员,我们从内心深处表示感谢。

目 录

译者序	I
前言	III
第 1 章 氟到底是什么？	
1 我们生活中密切相关的氟产品（从不烧焦的烹饪器具到太阳电池和医药）	2
2 其他元素不具备的氟的特征？（位于周期表右上位置的氟元素）	4
3 从遥远的太古时代开始氟就被使用了？（惊心动魄的氟的历史）	6
4 氟能从哪里采集到？（萤石是氟的源头）	8
5 怎样制成含氟产品？（基本原料是氟化氢）	10
6 含氟产品的使用量是多少？（生产量虽少但是有存在感的氟树脂）	12
7 循环使用氟吧（氟也是令人担心会枯竭的资源）	14
第 2 章 找找我们身边的氟	
8 伞和衣服不透水不透油是氟的任务（防水防油剂）	18
9 天然皮革也要氟守护（鞣皮工序中的氟加工）	20
10 活跃在厨房和饭桌上的氟（用氟加工成的烹饪器具）	22
11 氟在住宅和车辆领域为节约能源做贡献（含氟系列发泡剂）	24
12 氟在休息日也很活跃（运动服、鞋子、钓鱼工具）	26
13 氟保护我们安心、安眠（锂一次电池）	28
14 含氟空气溶胶不会燃烧，可以放心（也可以用于吸入性的气喘药）	30

15 在实验室中不能缺少的氟树脂制造的器具(实验器具 不光是玻璃制的)	32
16 塑料大棚也因为含有氟而经久耐用(高耐候、耐久性 氟树脂膜)	34
17 含氟涂料不需要重新涂抹(超耐候性氟树脂涂料)	36
18 圆顶体育场的顶棚也用含氟材料(膜结构建筑物中 使用的含氟树脂膜)	38

第3章 支撑着家电产品的氟

19 电视机、手机的画面都是含氟液晶(含氟液晶具有 出色的特性)	42
20 氟还参与了液晶显示器的技术革新(提高液晶显示器的 视野角度和降低消费电力)	44
21 氟在家电塑料管体的安全上也有用(用氟提高阻燃性)	46
22 氟使触摸屏变得舒服(氟防污防滑)	48
23 用氟冷却的家庭用空调(具有不燃性的安全的含氟 制冷剂)	50

第4章 活跃在交通、运输行业中的氟

24 汽车少不了氟的功能(总篇)(含氟高分子用在汽车的各种 构件上)	54
25 氟守护着汽车发动机的周围(高温部位都是氟橡胶、 氟树脂)	56
26 汽车中流淌着燃料的配管也是含氟材料(燃料很难穿透的 氟橡胶、氟树脂)	58
27 汽车座位和仪表盘也使用了氟(汽车内部也利用着氟的 功能)	60
28 汽车空调当然也使用了氟(蒸发潜热小的含氟化合物)	62
29 氟还活跃在轻量材料的制造中(氟会防止镁的燃烧)	64
30 使用在灭火剂中的氟(飞机中因为有了氟才让人放心)	66

第5章 活跃在半导体、信息通信领域的氟

31 半导体和氟的关系(半导体制造中必要的氟)	70
32 使硅片的使用成为可能是氟的任务(用在除去硅氧化膜上的 氢氟酸)	72

目 录

译者序 I

前言 III

第 1 章 氟到底是什么？

- 1 我们生活中密切相关的氟产品(从不烧焦的烹饪器具到太阳电池和医药) 2
- 2 其他元素不具备的氟的特征？(位于周期表右上位置的氟元素) 4
- 3 从遥远的太古时代开始氟就被使用了？(惊心动魄的氟的历史) 6
- 4 氟能从哪里采集到？(萤石是氟的源头) 8
- 5 怎样制成含氟产品？(基本原料是氟化氢) 10
- 6 含氟产品的使用量是多少？(生产量虽少但是有存在感的氟树脂) 12
- 7 循环使用氟吧(氟也是令人担心会枯竭的资源) 14

第 2 章 找找我们身边的氟

- 8 伞和衣服不透水不透油是氟的任务(防水防油剂) 18
- 9 天然皮革也要氟守护(鞣皮工序中的氟加工) 20
- 10 活跃在厨房和饭桌上的氟(用氟加工成的烹饪器具) 22
- 11 氟在住宅和车辆领域为节约能源做贡献(含氟系列发泡剂) 24
- 12 氟在休息日也很活跃(运动服、鞋子、钓鱼工具) 26
- 13 氟保护我们安心、安眠(锂一次电池) 28
- 14 含氟空气溶胶不会燃烧,可以放心(也可以用于吸入性的气喘药) 30

33 氟还擅长精细作业(在光刻工序中使用的含氟化合物)	74
34 氟是超微加工的内行(半导体制造用的蚀刻气体)	76
35 用氟对装置进行大扫除(半导体装置的清洗气体)	78
36 用含氟溶剂清洗零件(在精密加工零件的清洗上发挥出色的特性)	80
37 信息、通信领域中不能缺少的用氟包覆的电线(全氟树脂的出色的介电特性)	82
38 试着用氟制作光纤(用氟原子置换氢原子制作光纤)	84
39 奇异的氟化物玻璃(提高转换发光)	86

第 6 章 医生的处方笺上也有含氟药物

40 含氟麻醉药没有后遗症且立见功效(含氟吸入麻醉药)	90
41 类固醇药安全吗? 氟来解决问题(氟化类固醇)	92
42 含氟抗癌剂是万能的吗?(抗癌剂)	94
43 氟可以解决青霉素的抗药性(合成抗菌剂)	96
44 卖得最多的药中也含有氟(高脂血症治疗药)	98
45 氟还在对高龄化社会做贡献(排尿困难、青光眼等面向老年人的医药产品中也含有氟)	100
46 目标是建成更安全、更健康的社会(氟和新药)	102
47 在医药农药产品中氟的作用(在医药产品中氟起了什么作用?)	104
48 癌的诊断中不可缺少氟(作为诊断药的有效氟同位素)	106
49 在吃药的时候也稍微注意一下(医药的包装材料)	108
50 最前端的手术中氟也是必要存在的(人造血管, 人造内脏)	110
51 除去杂草的领域氟也起了大作用(除草剂)	112
52 氟带来了美味的水果(杀菌剂)	114
53 氟赐给了我们放心安全的蔬菜(杀虫剂)	116
54 氟守护着您的宠物(动物用药)	118

第 7 章 氟掌握着 21 世纪的清洁能源、环境的关键

55 依靠氟“工作”的燃料电池(最终的能源系统)	122
56 氟守护着太阳能电池(轻量且具有出色的耐候性、耐光性、电绝缘性的含氟膜)	124

57 电池的主角是氟(锂离子电池)	126
58 有了氟我们才能用得上电(活跃于变电及发电设备中的 绝缘气体)	128
59 原子能发电少不了氟(用六氟化铀进行同位素浓缩)	130
60 储存电也是氟的任务(控制介电常数可以储存很多的电)	132
61 含有氟的离子液体(提高器件的安全性、耐久性的 电解质)	134
62 首次氟实用化成功用于烧碱制造的离子交换膜(耐氯、耐碱的 离子交换膜)	136
63 活跃在水处理方面的含氟膜(通过相分离诱起制作的 多孔膜)	138
64 活跃在焚烧炉中的含氟过滤器(集尘器中用含氟过滤器)	140
65 活跃在航天事业中的氟(宇宙服的表面和人造卫星也由氟来 保护)	142

[专栏]

最初介绍氟的人是谁?	16
偶然诞生的含氟产品	40
氟和环境问题	52
汽车空调用的制冷剂的变迁	68
氟能产生电?	88
用氟来制造出没有蛀牙的牙齿吧	120
含氟的化合物在自然界中是怎么做成的?	144

参考文献	145
------------	-----

附录	146
----------	-----

索引	148
----------	-----

后记	150
----------	-----

第 1 章

氟到底是什么？

康产品
走向全新财富时代

大刚道由感味用健
从不要煮凉菜珍器具

想看的胖友赶紧买只

拜拜拜不露脸在脸, 且后真说, 当然是

才上到到到到到到到到到到到到到到到

氟产品 我们生活中密切相关的

从不烧焦的烹饪器具到
太阳能电池和医药

现在，氟和我们的生活有密切的关系，它出色的功能在各种地方得到了充分的发挥。

含氟材料耐热、耐药品、耐紫外线能力很强，更具有摩擦系数、表面张力、黏附力很小，绝缘性高，介电常数和折射率低等特征。氟系列耐热性树脂、橡胶、各种膜、纤维处理剂、涂料等都发挥了这些特性，所以被使用于交通、运输、家电产品、半导体、信息通信、能源、环境等多个领域。例如，飞机、汽车、电视机、计算机、手机、衣服、雨具、运动用具、烹饪器具等，我们虽然不能直接看到“氟”，但是氟却存在于这些材料中，发挥了与通用的碳氢化合物不同的功能。

排水等的水处理膜、像烧碱那样的通用化学品的制造中不可缺少的离子交换膜也少不了氟。作为太阳能电池的组成材料甚至在有些宇宙空间中使用的材料中也有氟。这些都是有机材料，被分类在分子量大的高分子类别中。

另外，医药及农药就是利用了氟原子小、电负性高、含氟原子的化合物在脂中容易溶解等特点。在这些领域中，巧妙地设计了分子量比较小的化合物，凝集了它们的功能，有效地引出了它们的生理活性。

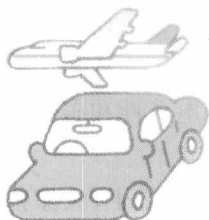
在分子小这件事上，不要忘记氟利昂、半导体制造中用的气体及溶剂。这些分子拥有分子间力小、溶解力强、在什么表面都能沾湿的小的表面自由能、氧化能力显著高等特点，使其功能得到充分发挥。

除此以外，氟在半导体相关材料、无机氟化合物等方面，在各种各样场合的应用都十分活跃。

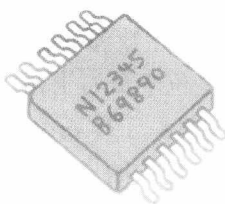
要点 BOX

- 只有氟能实现的性质
- 耐热性、耐药品性、耐候性的氟系有机材料
- 无机氟化合物也在各种场所上市

氟的特征和用途



半导体光刻
半导体蚀刻
清洗材料
光纤纤维



医药品
农药
宠物用医药

汽车发动机
汽车空调
汽油箱
飞机

半导体·信息通信

折射率小
透光
氧化力高
表面能量低

健康·食品

尺寸小
结合强
酸性度高
容易溶解在油中

交通·运输

耐热
耐药品
耐紫外线

液晶显示器件
电线包覆材料
触摸屏
空调

氟的特征

介电常数小
绝缘性高

摩擦系数低
表面张力低
黏合性低

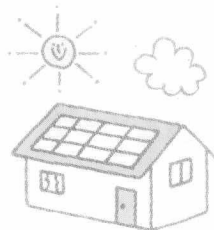
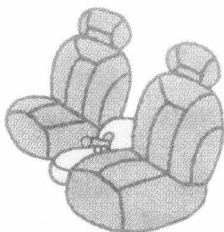
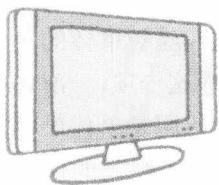
清洁能源·环境

燃料电池
太阳能电池
二次电池
变电所

航天关联材料
离子交换膜
水处理膜
过滤器

生活关联

防水·防油
防止弄脏
非黏合加工
喷雾剂
涂料



2

其他元素所不具备的 氟的特征？

位于周期表右上位置的
氟元素

氟是原子序数为9的卤族元素，在周期表上，除了稀有气体，氟就是位于最右上角的了，它的电子排列是 $1s^2 2s^2 2p^5$ 。这些都说明氟原子体积很小，在所有的原子中只比氢原子大，电负性是最大的。在第5页中总结的是表示氟原子大小的范德瓦耳斯半径、吸引电子能力的指标电负性和碳的结合能等的数值以及与其他原子的比较情况。

F_2 分子由于原子间相互排斥，结合能极其低下，大家都知道它是一种把什么东西都能氧化的强烈的气体。反之，碳—氟键非常强，所以拥有这个键的化合物都具备出色的耐热性、耐化学药品性、耐氧化性、耐候性。

还有，由于碳—氟键的键能大，导致极化率变低，所以折射率、介电常数、表面张力都变小了。更由于分子间力极端弱小，所以化合物具有沸点和熔点低、摩擦力小、黏度低、容易防水防油等性质。因此氟原子以及含氟化合物就具备了其他原子没有的独特的物理、化学性质。

举个氟树脂的例子看看吧。将聚乙烯(PE)的原料(单体)乙烯的氢按照顺序一个一个用氟取代，看看这样合成出来的高分子的各项物性是怎么变化的。从第5页下面的表中可以看出，折射率、表面张力、摩擦系数等特性，随着单体的氟含量的增多一路减少了下来。只有介电常数这一项，一部分的氟取代产物(PVF、PVdF、PTFE)特别大。原因是单体单位上共同拥有了C—F和C—H键，分子内产生了很大的偶极矩。

要点
BOX

- 氟是仅次于氢的最小的原子
- 电负性最大的原子

元素周期表

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIA	0		
1	1 H															2 He		
2	3 Li	4 Be									5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
3	11 Na	12 Mg									13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar		
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	L	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	A															
	L	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
	A	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

典型金属元素
 半金属元素
 非金属元素
 过渡金属元素
 稀有气体

种 类		单 位	H	F	Cl	O
分子的大小	范德瓦耳斯半径	Å	1.20	1.47	1.75	1.52
拉电子的力	电负性	—	2.1	4.0	3.0	3.5
电荷的偏离	极化率(和碳原子的键)	10^{-30} m^3	0.66	0.68	2.58	
键 能	和碳原子的键	kJ/mol	416	487	323	329
	自相结合	kJ/mol	432	155	239	494

含氟聚乙烯类

高分子名称		聚乙烯	聚氟乙烯	聚偏氟乙烯	聚三氟乙烯	聚四氟乙烯
略 称		PE	PVF	PVdF	PTrFE	PTFE
单体结构		$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\text{CH}_2=\text{CHF}$	$\text{CH}_2=\text{CF}_2$	$\text{CHF}=\text{CF}_2$	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$
F 含有率	%	0	41.3	59.3	69.5	76
折射率	n_d	1.51	1.46	1.42	1.36	1.35
临界表面张力	$Y_c(10^{-3} \text{ N/m})$	31	28	25	22	18.5
摩擦系数	μ	0.33	0.3	0.3	0.3	0.04
介电常数	ϵ'	2.3	9	8	7.5	2.1