

电化学材料科学的发展前景

Prospects for Development of Electrochemical Materials Science

唐 电

(福州大学材料研究所,教授 350002)

陈再良

(北京机电研究所,研究员 北京 100083)

材料学和电化学交叉领域的研究越来越受到有关科技工作者的关注。1987 年国际电化学学会召开了一届以“新材料之电化学和电化学之新材料”为主题的国际电化学年会,此后,材料经常成为电化学研究的重点领域之一。在 1989、1991、1994、1998 和 1999 的国际电化学年会上,材料学都为年会讨论的主题之一。笔者有幸参加了其中的 3 次会议。有关这一领域的讨论,在材料学界也在进行,如国际热处理和表面工程联合会在澳大利亚召开的 2000 年的大会将电化学作为第一主题会场讨论的主题。这一主题之所以近年来备受关注,其主要原因是电化学反应在很大程度上依赖于材料;而材料的许多作用和性能又与电化学反应有关。

“电化学材料科学”这一概念的提出是学科发展的必然,它将促进这一处于材料学和电化学的交叉领域研究的发展。在此,我们拟通过分析“电化学材料科学”这一概念提出的背景、定义、覆盖领域和区域划分,力图揭示“电化学材料科学”这一概念的内涵和外延,仅供参考。

一、“电化学材料科学”产生的背景

“电化学材料科学”(Electrochemical Materials Science, EMS)是 1999 年德国的斯卡尔茨教授在意大利的帕威尔召开的第 50 届电化学年会上提出的^[1]。这一词的提出引起有关人士的强烈反响。但他未就这一词予以确切定义,只是认为,该年会所讨论的材料合成和加工控制、薄膜技术、材料表征、表面处理、腐蚀等属于 EMS 这一主题。其实,在“电化学材料科学”提出以前,这一领域的研究已经受到有关学科的关注。

电化学工作者关心材料领域的研究由来已久。200 年前伏特电堆的发明^[2]以后,不同电池材料对电池电性能的影响逐渐被人们所认识。1896 年人造石墨的出现和它在氯碱生产中发挥的作用,给电

化学工作者以极其深刻的影响,此后对有关石墨电极材料改性以及其它电极材料如铅阳极、磁铁矿阳极的探索,一直持续到上世纪 70 年代^[3]。活性氧化物电极材料在 1965 年的问世^[4]并于 1968 年进入工业应用,材料的作用才越来越受到电化学工作者的关注。

材料科学工作者对电化学的关切可以追溯到上世纪初,20 年代著名的英国科学家伊文思^[5]对金属腐蚀理论进行了大量的分析。他认识到金属的腐蚀可以归结为电化学反应,与学生一起建立了金属腐蚀的电化学历程并提出金属腐蚀极化图。腐蚀对材料的破坏是惊人的,有估计认为全世界因腐蚀损失的钢铁材料约相当于全年钢铁产量的 30%。对腐蚀电化学机理的研究和认识,为金属的防护措施的建立打下了良好基础。尽管牺牲阳极的电化学保护技术^[6]最早出现在 1842 年,但直到 20 世纪 30 年代在工业上才开始采用,而阳极保护技术则是 1954 年由艾德利纽提出的,1948 年得到工业应用。上世纪 50 年代以前,金属的高温氧化被看成是典型的化学腐蚀,1952 年瓦格纳分析了氧化机理,提出了氧化膜的生长加厚阶段可完全归结为电化学反应,从而为高温腐蚀问题的解决开辟了正确道路。材料科学工作者感兴趣的另一方面是材料的电化学沉积技术。实际上,电镀技术是一种古老的技术,到 20 世纪 30 年代才开始有很大的发展。

二“电化学材料科学”的定义

定义是揭示某一概念内涵的逻辑方法。顾名思义,电化学材料科学是电化学和材料科学的交叉科学。因此,要明确“电化学材料科学”这一概念,首先要了解“电化学”和“材料科学”。而“电化学”和“材料科学”均是已被高度综合的概念。对“电化学材料科学”,可以在了解“电化学”和“材料科学”概念的基础上,借鉴肖纪美院士的分析方法^[7,8],从宏观和

微观两个角度来理解。

电化学是边缘学科 (interdisciplinary),是多领域的跨学科 (multidisciplinary)。对“电化学”,古老的定义认为它是“研究物质的化学性质或化学反应与电的关系的科学”。以后 Bockris 下了定义,认为是“研究带电界面上所发生现象的科学”。当代电化学领域已经比 Bockris 定义的范围又拓宽了许多。实际上还有学者认为电化学领域更宽。如,日本的学者小泽昭弥则认为,电化学涵盖了电子、离子和量子的流动现象的所有领域,它横跨了理学和工学两大方面^[9],从而可将光化学、磁学、电子学等收入版图之中。若从宏观和微观两个角度来理解的话,可以认为,宏观电化学是研究电子、离子和量子的流动现象的科学。微观电化学还可以有广义的和狭义之分,广义的微观电化学是“研究物质的带电界面上所发生现象的科学”,而狭义的微观电化学则是“研究物质的化学性质或化学反应与电的关系的科学”。

材料科学也是多领域的跨学科边缘学科。而“材料科学”一词是在 20 世纪 60 年代初才提出的。1957 年苏联的人造地球卫星先于美国上天,引起美国朝野震惊,认为落后的主要原因是材料的落后,为此成立了 10 余个材料科学研究中心,“材料科学”一词便流传开来。有人认为,材料科学是研究材料组织结构、加工技术和性能特点之间关系的科学。用肖纪美院士的观点,它是研究“可为人类社会接受的、经济地制造有用器件的物质”的科学。“微观材料学是着眼于材料——单个或集体的——在外界自然环境作用下所表现的各种行为,以及这些行为与材料内部结构之间的关系和改变这些结构的工艺”;而宏观材料学则着眼于考察它与社会环境之间的交互作用。

综上所述,可以认为微观电化学材料科学作为电化学和材料科学的交叉科学的研究领域,涵盖了材料的有关带电界面上所发生的现象,以及这些现象与材料内部结构之间的关系和利用此现象来改变内部结构的工艺;而宏观电化学材料科学则着重于考察所有与电子、离子和量子的流动现象和材料有关的问题以及它们与社会环境之间的交互作用。

三、“电化学材料科学”研究的领域

电化学材料科学是电化学和材料科学的交叉科学,而电化学和材料科学又是已被高度综合的多领域的跨学科边缘学科。这一交叉学科领域覆盖的领域和研究的具体问题与有关科技工作者的看法有关。

根据上述意见,从狭义的角度来理解,微观电

化学材料科学的覆盖领域是材料的化学变化并涉及电的有关问题。因此,它的主要研究内容就比较明确了。据此,可以将其主要研究对象列于表 1。从广义角度来理解,微观电化学材料科学还将涉及所有与带电界面有关的问题,它不仅涉及电子,还涉及到离子。从这个意义上我们才能理解斯卡尔茨教授所认识的 EMS 的领地。而宏观电化学材料科学则覆盖了材料的所有与电子、离子和量子的流动有关的现象及它们与社会环境之间的交互作用。

表 1 微观电化学材料科学主要研究对象与内容

大类	子类	主要研究内容
电极材料	阳极材料	碳材料、氧化物材料、金属材料、聚合物、复合材料等
	阴极材料	碳材料、氧化物材料、金属材料
	其它电极材料	选择性电极材料、中间电极材料
电解材料	电解质材料、隔膜材料	电解质、快离子导体、隔膜材料
电池材料	蓄电池、干电池、光电解池材料,太阳电池、燃料电池材料,贮氢电池材料,锂离子电池材料	正极材料、负极材料、电解质、硅材料、半导体、密封材料等
表面工程	电沉积	电镀、化学、电泳、电铸
	化学转化膜	阳极化、磷化、发黑
	表面着色	电解着色、染色
	涂层与精饰	防护性涂层、装饰性涂层
电化学加工	切削、抛光等	电解磨削、电解抛光、电溶蚀、电化学热处理
腐蚀与防护	腐蚀	腐蚀、老化、氧化、高温材料
	防护	阴极防护、阳极保护、缓蚀剂、覆盖材料
传感信息材料	传感材料	气体传感材料、生物传感材料、湿度传感材料等
	信息材料	信息转换材料、电接触材料等

四、“电化学材料科学”的区域划分

“电化学材料科学”的划分因着眼点不同而异,可以从宏观的和微观的角度来划分,即是宏观电化学材料科学和微观电化学材料科学。也可以根据材料类型或电化学角度来划分。

根据材料类型的不同可以有不同的划分办法,如将电化学材料科学划分为电化学无机材料科学和电化学有机材料科学,或者电化学结构材料科学和电化学功能材料科学等。

如果从电化学角度着眼,可以将电化学材料科学划分为理论电化学材料科学和应用电化学材料科学,或者腐蚀电化学材料科学、分子电化学材料科学和工业电化学材料科学等。

这里鉴于电化学材料科学是一个交叉科学,我们更关切电化学和材料科学这两学科的交互作用情况。故此我们可以将其分为 3 个区域(如图 1 所示): (1) 材料的电化学制备科学; (2) 材料的电化学; (3) 电化学的材料学。

材料的电化学制备科学属于材料制备科学的

学术自由与大学办学自主权

Academic Freedom and Decision - Making Right of Running Universities

周光礼

(华中科技大学教育科学研究院 武汉 430074)

自 20 世纪 70 年代末中国改革开放以来, 高校的办学自主权问题始终是高教界关注的一个核心问题。这个问题的提出, 在当时主要是回应此前 30 年间政府对大学的集权管理以及大学因沦为政府的附属机构而失去办学的主动性和创造性的状况。在随后的讨论中, 这个问题大体上是沿着“如何适当处理政府、社会与高校三者之间的关系, 以转

变政府职能, 增强高校主动适应经济和社会发展需要的能力^[1]及“理顺政府与学校的关系以建立现代大学制度, 逐步确立高校的法人地位, 进一步明确学校的权利与义务^[2]”这一维度展开的。应该说, 这种从高等学校外部关系的向度思考大学的办学自主权在某种程度上是把握了问题的症结之所在的, 对改变大学受政府的单一控制也起到了相当大的

范畴, 其区域坐落于材料学领域之中, 它指采用电化学技术制备各种材料, 主要包括材料的电化学加工和表面工程。材料的电化学也是电化学的一个组成部分, 在图 1 中最接近电化学的中心, 它研究材料的电化学现象, 主要有腐蚀与防护和电化学传感器等。电化学的材料学, 指的是电化学材料即电化学系统中的材料的组织、加工和性能的科学, 从其所处的位置来看, 它既位于材料学的边缘, 又处于电化学的边缘, 距离两个学科的中心地带较远, 因此, 这一区域应当是电化学材料科学关注的重点区域。这一区域是研究电解和电池所涉及的材料, 它包括电极材料、电解材料和电池材料。

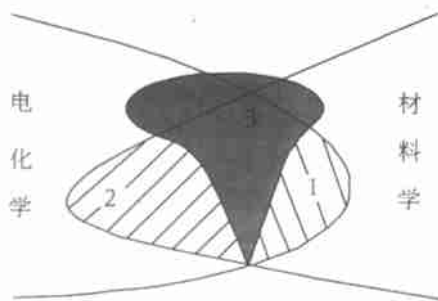


图 1 电化学和材料学交叉领域的分区

1. 材料的电化学制备科学; 2. 材料的电化学; 3. 电化学材料学。

所谓的“电化学的材料”, 对电化学来说是电化学反应的组件和辅件; 对材料学而言, 又属于电化学能量转换功能性材料。而仿佛是配角的电化学材料又恰恰是维系电化学反应的不可或缺的材料。在

电化学技术的高度发展的今天, 电化学工业的高要求和电化学新系统的出现, 必然对电化学材料有更高的期待, 以致于对其研究也愈加重视。这也许是近来这一领域的研究备受关注^[10]的原因, 兴许也是“电化学材料科学”在近期才被提出的原因。

“电化学材料科学”的提出, 必将促进电化学和材料科学的研究与应用, 促进交叉领域间的相互渗透和相互发展。这一学科的发展, 必将在今后的科研、生产和基础设施建设中逐渐发挥积极作用。

参考文献

- [1] Schultza J W. Electrochemical Materials Science [J]. Electrochem Acta, 2000, 45: 3193-3203
- [2] Volta A. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds [M]. Milan: Hoepli, 1999
- [3] 唐电. 电化学工业用电极材料[J]. 材料科学与工程, 1989, 7(1): 42-45
- [4] Trasatti S, Lodi G. Electrodes of conductive metallic oxide [M]. Part A and B. Amsterdam: Elsevier, 1980 and 1981
- [5] 魏宝明. 金属腐蚀理论及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1984
- [6] 肖纪美. 腐蚀总论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1994
- [7] 肖纪美. 材料学的方法论 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994
- [8] 肖纪美. 材料学方法论的应用 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000
- [9] 小泽昭弥. 现代电化学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1995. 1-7
- [10] Trasatti S. Electrocatalysis: Understanding the success of DSA [J]. Electrochimica Acta, 2000. 45: 2377-2385

(责任编辑 王宏章)