

美国大学陶瓷研究课题综述

Summarization on Ceramic Research Projects of U. S. Universities

孙淑珍 余 红 钟代发

(武汉工业大学)

摘要 综述了美国一些大学在陶瓷材料研究方面各自的侧重点及重点、热点。并对设立课题的部门进行了分类和分析。

关键词 陶瓷材料 研究课题 大学 美国

Abstract The U. S university's speciality respectively and current focal points on ceramic material researchs are summarized. The departments which the ceramics research projects come from are classified and analysed.

Ksy words ceramic material, research projects, university, U. S

陶瓷材料是材料科学的重要研究领域之一,世界各国竞相投入研究力量,其中美国以其雄厚的人才资源和物质基础独占鳌头。美国的大学中更是有一支实力极强的研究力量。本文以1992~1993年公布的一批美国大学有关陶瓷领域的研究课题为基础,对有关各大学的研究侧重点,课题来源情况,研究的重点和热点进行归纳分析,以期对我国陶瓷领域的研究有一些启示作用。

1 美国大学的陶瓷课题及研究侧重点

美国承担陶瓷研究课题的主要大学有40余所,这批课题总量有1500余项,其中高技术陶瓷约占90%以上。各大学因拥有的技术力量和技术条件不同,课题数量、重点和特长也不尽相同,表1列出了拥有课题量较多的大学和较有特色的大学及其研究侧重点和代表性研究课题。

表1 美国大学陶瓷课题分布及侧重点

大学名称	课题数	主要课题负责人	侧重点	代表性课题
艾尔弗雷德大学	67	J. E. Shelby	玻璃、超导体	铋超导体颗粒取向研究
亚利桑那大学	60		材料的微观物理性质	固体中的离子辐射作用、固体中电子的光子激发
凯斯西部保留地大学	34	A. R. Coopwr A. H. Heuer	界面、力学性质	陶瓷-陶瓷复合材料高温下的界面摩擦
克莱姆森大学	05	G. C. Robinson	碳质材料	高导热性碳纤维
			超导体型材,铁电、压电陶瓷	PLZT 陶瓷的防反射涂层、大块超导体的制造
康奈尔大学	34	R. Raj	界面、纳米材料	纳米粒子超塑性陶瓷
麻省理工学院	66	H. L. Tuller J. S. Haggerty M. J. Cima	化学合成 反应结合氮化物 结构缺陷	化学方法制备铁电薄膜 用于超高音速整流罩的 反应结合氮化硅
新墨西哥矿业理工学院	14	N. N. Thadhani	爆炸和冲击合成	ZrO ₂ 爆炸初化氧化铝

北卡罗莱那州立大学	50	R. F. Pavis	金刚石薄膜 设备开发 超导材料	单晶金刚石薄膜的生长、特性及 用于高速电子设备的高温超导薄 膜
俄亥俄州立大学	41	J. J. Lannutti S. A. Akbar	陶瓷降解 高温超导体	燃烧气氛下陶瓷的气体降解
宾夕法尼亚州立大学	52	L. E. Cross R. E. Tressler	压电、铁电陶瓷 高温陶瓷	用于超声成象中的压电复合材料 低热膨胀陶瓷复合材料的低温网 状合成
拉特格斯大学	34	R. A. Haber A. Safari	压电陶瓷、 陶瓷铸模 光纤传感器	掺杂物对 PbTiO ₃ 陶瓷机电性质 的影响 先进灵巧复合材料的发展
伊利诺大学	34	R. C. Buchanan R. P. Wool	薄膜、聚合物 界面	新型复合材料-碳纤维增强液体 结晶聚合物基质
加州大学-伯克利	39	G. Thomas	超导体	过渡金属掺杂物在高温超导体中 的作用
密苏里大学-罗拉	36	H. U. Anderson	生物材料、 电子陶瓷	用于治疗肾癌的放射玻璃微珠
宾夕法尼亚大学	35	D. Bonnell	界面、物理性质	单个颗粒边界的电结构及性质
新墨西哥大学	51	D. Smith	溶胶凝胶技术 钛酸盐	SrTiO ₂ 边界层电容器的制备
华盛顿大学	30	I. A. Aksay	陶瓷粉体和成型物	粉末,带,膜和纤维的制备
佛罗里达大学	35	D. E. Clark	溶胶-凝胶技术	制备溶胶-凝胶的光波技术
乔治亚技术研究院	19	W. J. Lackey	CVI, CVD	用 CVD 技术生产超导体涂层和 线圈陶瓷基复合材料 CVI 加工 科学
布朗大学	16	A. Wold	溶胶-凝胶技术	凝胶法制备含稀土玻璃
卡内基梅隆大学	16	M. J. Readey	TZP 陶瓷 单晶体	Mg-TZP 和 Ti-TZP 陶瓷的加工 和性质
克拉克森大学	17		颗粒粉体	雾化法生产微细颗粒
德雷克塞尔大学	19	M. Barsoum F. Ko	Li 陶瓷 陶瓷部件	Li-陶瓷反应;基础研究 先进陶瓷冷却透平机叶片
利哈伊大学	26	M. P. Harmer	陶瓷结构	陶瓷材料中激光产生的受控裂纹
西北大学	29	H. M. Jennings	水泥材料	微结构的计算机模拟
珀杜大学	28		结构陶瓷、超导体	自然调幅高温超导复合材料研究
密歇根大学	18	I. W. Chen	疲劳初化	纤维状整料制备的韧性陶瓷
特拉华大学	17		力学性质	短纤维增强陶瓷基复合材料的蠕 变性质

2 陶瓷材料研究的重点

从这批课题分析,陶瓷材料的研究重点是功能陶瓷和结构陶瓷,两者各占课题总量的1/3。其他课题主要涉及聚合物、合金、胶凝材料和碳基材料,工具陶瓷的课题较少。

功能陶瓷的研究重点是超导体型材的制

备及特性,铁电薄膜和涂层,固体燃料电池,压电陶瓷-聚合物复合材料,金刚石薄膜和纳米材料等。在性状方面主要探讨功能陶瓷的绝缘性能、缺陷、相转变、颗粒边界及界面。应用研究及开发主要在集成电子陶瓷插件、电容器、磁放大器、压敏微电机、超声成象、ZnO 压敏电阻、陶瓷复合材料热敏电阻、铁电开

关、高频超声换能器及防反射涂层等方面。

结构陶瓷则集中于研究 Si_3N_4 、 SiC 、 AlN 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ 、 $\beta\text{-SiC}$ 等的韧化及韧度优化。通过纤维、晶须、片晶等补强增韧。另外还研究材料的界面摩擦、蠕变、超塑性、热稳定性、高可靠性、疲劳等问题,特别是作为高温工程材料时的性能。结构陶瓷的开发应用主要在超高音速整流罩、透平转子、陶瓷轴承、热膨胀陶瓷部件、轻型陶瓷构件,生物齿和骨陶瓷等方面。

3 陶瓷材料研究的热点

3.1 高温超导体

据报道高温超导体已进入实用领域,美国各大学除继续寻找具有高温超导特性的材料,如铋基、钨基超导体外,正在推进其大批量实用化的进程,有关超导体的课题达87项,占总课题的5.5%。主要集中于超导体型材的制备,如粉末、薄膜、涂层、线圈、带材、腔体、电路元件以及大断面和大块超导体的制备。另一方面,从制造电气设备的前景入手,研制适于强电流密度、大通量的超导体。主要制备和加工技术有管制粉末技术、等离子体喷涂、爆炸冲击合成、激光烧蚀、激光表面改性,改性及压实、双离子束溅射沉积、增强光束合成、溶解合成及超声波微滴伺服氟化法、CVD法等。

3.2 计算机应用

计算机在材料研究和制备方面的应用也逐渐活跃起来。一方面使用计算机模拟材料的内部结构及迁移现象、材料流变、晶粒生长、微观结构或复合材料中填料的分布、界面关系。另一方面使用计算机控制材料的制备,如烧结、干燥、挤压等,甚至在双离子束溅射沉积法制备超导体时用计算机进行控制,另外还用计算机进行材料设计。

3.3 界面研究

近几年来,材料界面研究引人注目。界面研究的课题有53项,占总量的3.5%。研究的主要界面关系有:氧化物-氧化物、陶瓷-金属、陶瓷-陶瓷、陶瓷-聚合物、聚合物-金属、

纤维-水泥、石膏-灰浆等。研究的重点是界面结构和特性,界面间的迁移、摩擦,界面粘合,高温界面现象,以及界面的设计、制备与利用,如开发界面惰性材料。

3.4 纳米材料

纳米级材料的出现促进了材料应用的发展,纳米陶瓷材料的研究内容有:纳米多孔材料、纳米复合材料,高性能纳米脱水复合材料、半导体纳米材料、纳米压电材料和纳米结晶沸石。使用的制备方法包括:有机金属气溶胶燃烧合成、化学合成、激光烧蚀合成、SSG工艺制备,含初级粒子的溶液母体制备,特别是上述第一种方法可望用于纳米结构材料的大批量生产中,同时对纳米材料的结构和性质、超塑性及多种组分结构的控制等研究也给予了重视。

3.5 CVI 技术

化学气相渗入(CVI)法直接来源于CVD法,特别适于 SiC 类陶瓷基复合材料的制备,其基本原理是首先使气体状初级粒子原位沉积形成陶瓷基多孔纤维坯体,然后渗入其他物质使坯体致密化。美国几所大学中有关CVI法的研究主要是用这种方法制备超高温陶瓷基复合材料,并对施加外力等制备情况进行模拟,同时也对得到的复合材料进行物理和力学性质分析。

3.6 溶胶-凝胶技术

该技术是制备超细超纯粉体材料的重要技术,正广泛用于制备光学玻璃,如稀土玻璃、磷酸硼玻璃、氟化物玻璃、含过渡金属的硅酸盐玻璃。另外还用于合成氧化锌、铈酸锂、氧化铝、铝酸钙、莫来石等陶瓷材料,形式可为颗粒、涂层、薄膜、晶须增强微孔陶瓷,陶瓷复合材料等。

3.7 其他方面

其他比较新的陶瓷课题有氟增殖用锂陶瓷,材料分子级设计、放射疗法用生物降解陶瓷、抗蠕变铝酸钨纤维、铝硅酸盐玻璃、将SHS技术用于建筑陶瓷产品生产等。

4 设立课题的部门分类及分析

由于课题涉及的学科和部门不同,研究

深度和阶段不同,本着国家鼓励和扶持,各政府部门和企业分担并各有侧重的原则进行课题的立项和资助,根据课题来源分析,研究课题可以分为以下几类。

4.1 国家科学基金、联邦政府基金

国家科学基金支持的课题占课题总量的10%,达160余项。课题侧重基础研究和应用方面的理论研究以及影响面较大的课题。如采用高分辨率显微技术研究固体表面和界面、工程陶瓷磨损模型的发展等等。

4.2 军事部门

新材料的应用前沿多集中在军事领域,所以军事部门的课题立项占有重要的地位。立项的主要单位有海军研究部(68项)、空军科学研究局(70项)、先进防卫研究实验室(32项)、军事研究局(18项),共占课题总数的15%以上。课题侧重于应用理论研究及针对性强的应用课题,如 β -SiC的基础研究及设备开发,用于长波红外辐射成像的新材料和新技术等。

4.3 政府部门

政府部门的课题主要来源于能源部(123项)、航空航天局(32项)、贸易部和内政部等,占课题总量的11%。能源部除必要的基础研究外,还有诸如强电流用改进超导体陶瓷,辐照下陶瓷的化学分解这类应用性课题,而航天局的课题大都涉及航空航天材料。

4.4 国家科研机构及国家实验室

立项的国家科研机构主要有大气研究院、太阳能研究院、标准及技术研究院、电力研究院、健康研究院等,课题内容与本行业关系较大,如陶瓷腐蚀的基础研究。另外还有一批国家实验室,如Ames、Oak Ridge、Sandia、Draper、Argonne和Savannah,它们有些与大学是合作关系,有些则设在大学里面。

4.5 基金及联合会、学会

有些课题资助来源于各种公立和私立基金,如石油研究基金、Alcoa基金、静电印刷基金、Chrysler挑战基金、Edward Drton Jr.陶瓷基金等。资助课题的专业联合会、学会组织有化学粘合陶瓷联合会、金刚石及相关材料联合会、电子密封材料联合会、化学学会

等。

4.6 专题中心及合作项目

为了强化专项研究,设立了相应的研究中心。立项的中心主要有复合材料中心、绝缘研究中心、高温工程材料研究合作项目、精细工程中心、Albert Einstein 医疗中心、工业沸石项目、麻粒玻璃研究等。

4.7 企业和私立研究机构

具有很强经济实力的美国一些大企业和私立研究机构,在陶瓷材料市场前景和政府政策的诱导下,也十分积极地投资于陶瓷课题的研究。这类企业包括3M、IBM、波音、洛克希德、Ford 发动机、联合碳化物、Dow 化学、Crucible 磁性材料、Lanxide 等数十家大企业,还有贝尔实验室、爱迪生焊接研究所。

4.8 与国际组织和其他国家及企业合作

美国的一些陶瓷课题是由国际组织委托的,如北大西洋公约组织、国际铅锌组织、国际标准化组织。还有一些是与其他国家或企业合作或接受委托、如日本、法国、韩国、加拿大、印度、还有台湾地区。

4.9 本校课题或校际合作

拉特格斯大学的陶瓷研究中心和光纤材料研究项目自立课题达数十项,其他大学也有许多各系自立的课题。另外校际间的合作也很活跃。

希望上述对美国一些大学在陶瓷研究领域的重点和热点的介绍,能有助于国内陶瓷界研究人员有目标地跟踪学科前沿,掌握发展动向。

参考文献

- 1 Ceramic Bulletin, 1991;70(8):1328
- 2 殷声,现代陶瓷及其应用,北京科学技术出版社,1990
- 3 霍立浦,材料导报,1994;(1):1
- 4 David Pye L.,Ceram. Eng. Sci. Proc., 1993; Mar-Apr. 1
- 5 Fedon R. et al.,J. Mat. Syn. Proc., 1993; Jan. 1(1)
- 6 Fedon R. et al.,J. Mat. Syn. Proc., 1993; Mar. 1(2)

(责任编辑 张 明)