

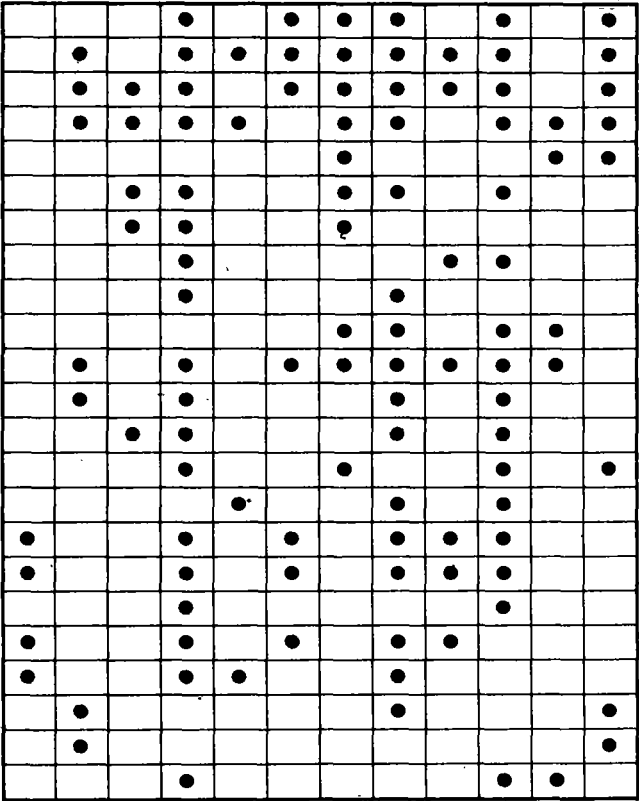
瑞典的超导研究

李月珠

(瑞典皇家工学院物理冶金系)

[本刊讯] 本刊特约通讯员李月珠近几年一直在瑞典从事超导研究,最近特为本刊寄来介绍瑞典超导研究的通讯,现摘登如下:

全瑞典约有100名研究人员从事高临界温度(Tc)超导研究。主要地区分布和主要研究领域示于图1。



- 制备大块材料
- 工艺
- 显微结构特征, 扫描电镜
- 大块材料研究
- 高压研究
- 晶体结构的测定
- 透射电镜、高分辨透射电镜
- 卢瑟福背散射电镜, 二次离子质谱仪, 穆子(μ)自旋共振
- 隧道, 扫描隧道显微镜
- 热学研究
- 传输性能
- 磁性
- 光谱学
- 制备单晶
- 薄膜
- 厚膜
- 表面和界面
- 超导量子干涉器和连接
- 检测器、传感器、开关等
- 射频、微波
- 线材和带材
- 电力、工程
- 理论

瑞典皇家工学院	3
乌默奥大学	6
乌普萨拉大学	15
微电子研究所(皇家工学院)	2
斯德哥尔摩皇家工学院	23
斯德哥尔摩大学	5
林雪平大学	4
国防研究所	2
查尔摩斯工业大学/哥德堡大学	38
隆德大学	3
阿维亚, 布朗, 色文瑞公司	2
爱瑞克松电信公司	2

科学家人数

图1 各单位研究的主要范围

1. 研究机构

基础研究——超导基础理论研究课题的资助主要来自瑞典自然科学研究协会(NFR)和瑞典科学技术研究协会(TFR)。与基础理论研究相对应的进一步研究计划由瑞典国家技术发展局(STU)和瑞典国家能源管理局共同拟定。这类计划的目的在于资助那些与应用有关的基础研究,以促进课题间的合作,便于基础研究和应用研究间的知识转化。

材料学科间的协作研究——瑞典于1990年成立了11个材料科学研究协作网,其中之一是超导材料,设于哥德堡的查尔摩斯工业大学。斯德哥尔摩和林雪平也设有活动点。协作网的活动内容包括制备大块材料和薄膜,研究材料的本质和性能以及发展电力和电子技术应用的材料。

工业合作计划——1987年7月1日瑞典的阿细亚、布朗、包文瑞(ABB)和爱瑞克松(Ericsson)公司以及国防研究所联合成立了“工业超导创始会”,资助来源于瑞典国家技术发展局和国家能源管理局。其宗旨为,发展能源和无线电定向应用的超导材料;开展工业界与大学间的新型合作研究;补充瑞典大学的基础研究计划;支持和鼓励以应用为目的的研究;加速由大学实验室向工业的技术转化。

2. 研究基金

瑞典超导研究基金主要来源于政府的各部门:瑞典国家技术发展局、瑞典自然科学研究协会、瑞典科学技术研究协会和瑞典国家能源管理局,以及全瑞典大专院校委员会(UHÄ)。部分资金来自工业界。详见表1。1989年超导研究经费,按人口平均美国为1.2美元,日本为3.1美元,瑞典为0.6美元。

表1 瑞典超导研究基金的主要来源

基金	瑞典克朗(万)	美元(万)
NFR	550	90
STU	780	130
国家能源管理局	220	40
TFR	280	50
UHÄ	320	50
FOA	120	20
工业界(ABB, Ericsson)	290	50
总计	2560	440

3. 市场

超导的发展并不只受限于临界温度 T_c ,还受限于临界电流密度 J_c 和临界磁场强度 H_c 。因此判定在较高温度下具有超导性的材料能否制成有用的超导体,既取决于是否具有高的临界电流密度,也取决于是否具有高的临界磁场强度。

高温超导材料的临界磁场强度很高,例如 $YBaCuO$ 超导体预期高达100~200特斯拉,因此在高磁场磁体应用方面很有潜力。然而高温超导线材在高磁场强度下的临界电流太低,只有10的数量级,即使在中强磁场下也无法与低温超导铌线相比。不同的应用要求不同的临界电流密度水平(随磁场强度而改变)(图2)。大块超导

材料由于穿越晶界的超导电流变弱而限制了应用范围。但近期,在临界电流密度方面已取得很大进展。

应当指出的是,即使不存在临界电流 J_c 的问题,高温超导材料的应用还会受到力学性能的制约。这些脆性的陶瓷材料在那些既要求高临界电流,又要求良好力学性能的线材型装置中,特别难以得到应用。当然,在应用方面,将高温超导陶瓷材料与现有的低温超导铌材料进行简单的比较是不合适的,应当注意到高温超导材料所显露出来的优异特性。

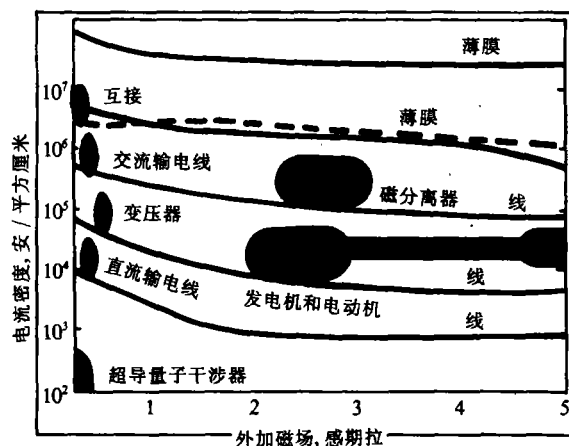


图2 各种应用要求的临界电流密度

4. 展望

高温超导薄膜沉积技术的快速发展为某些初级商业应用(如红外辐射和超导量子干涉器件以及无源微波装置和天线、中继连接、谐振器和过滤器等)铺平了道路。此外,高温超导材料只在某些小范围内得到应用,例如实验室或模型阶段的马达、微型或低磁场磁体以及磁轴承等。

高温超导产品商业化预期实现时间如表2。

表2 高 T_c 产品商业化时间表

1990年	电磁屏蔽: 超导量子干涉传感器;
1992年	VSLI 片间薄膜的互连; 约瑟夫森结/装置; 红外辐射传感器;
1993年	超导体/半导体集成电路; 射频通讯; 微波过滤器; 集成电路组件/基片; 线圈装置(变压器、继电器);
1994年	磁共振成像;
1995年	在印刷电路板中取代铜; 光学开关装置;
1998年	用于非高峰用电时贮存电能的超导磁体和线圈; 磁性金属分离; 磁性液体分离; 磁性金属成形; 电动机;
2000年	用于海底光缆的光信号再生线; 发电机; 机器人的伺服电动机等;
2005年	超导体驱动船;
2010年	发电方面: 磁流体动力学; 代替电池的自动贮电线圈; 发射宇宙飞船; 磁悬浮列车;
2020年	发电: 核聚变

(责任编辑 刘先曙)