



1908年荷兰 Leiden 大学的 Kamerling Onnes 小组将He液化, 1911年测量水银 Hg 的电阻温度曲线时发现在4.2K (零下269℃) 左右电阻突然消失。此性质被命名为超导性。目前已有数千种超导体被发现, 但是具有实用化价值的仅有低温超导材料 Nb47wt%Ti (NbTi)、Nb₃Sn(Al), 高温超导材料 Bi-2223、Bi-2212、MgB₂、ReBCO, 共6种。

政府及企业应更多关注和支持 超导材料研究及产业发展



超导材料进展专题由甘子钊院士(右一)和周廉院士(右二)主持。西北有色金属研究院张平祥研究员(左二)和南京大学闻海虎教授(左一)分别作了题为“实用化超导材料研发及应用进展”和“高温超导材料研究和应用展望”的报告。

低温超导应用方面已具有较好的材料基础 张平祥研究员指出, 超导材料宏观/微观尺度的均匀性、材料性能/制备技术的综合性价比是实用化超导材料能否大规模应用的关键。大科学工程及NMR(核磁共振)等高端仪器装备将是我国实用化超导材料发展驱动力。通过参与国际热核聚变实验堆计划(ITER), 提升了我国低温超导的研发及产业化能力。西北有色金属研究院和西部超导材料科技有限公司在ITER用和MRI用NbTi超导线材方面拥有多项自主知识产权的关键技术, 生产的ITER用NbTi超导线所有性能及性能稳定性均符合ITER要求, 其中NbTi导体通过了ITER认证测试, 进入批量化生产。同时, 介绍了ITER用内锡法Nb₃Sn超导线材和青铜法Nb₃Sn超导线材、实用化MgB₂及Bi2212超导材料的研发进展和产业发展。展示了西北有色金属研究院研制的300 mm MCZ单晶硅制备用超导磁体和重离子加速器用超导磁体。中国聚变工程堆(CFTR)项目目前已开始立项, 其对超导材料和磁体系统提出了严苛的要求, 有助于加速我国超导材料和磁体的研究及产业发展。

中国铁基高温超导材料研究国际领先 闻海虎教授的报告首先介绍了超导现象产生的原因——BCS理论(电-声子耦合)及其简单图像。指出这一理论在解释高温超导现象时具有局限性, 但这也是超导这个传统物理问题仍然焕发生机的原因。目前铁基高温超导材料临界温度接近60 K, 需要进一步提高。在已发现的铁基高温超导材料中有一半是由中国科研人员研究发现的, 中国科学家在铁基超导领域占领主导地位。报告介绍了可能解释铁基超导现象的新理论——交换反铁磁涨落机制, 并展示了其研究小组在实验验证这一机制方面取得的研究成果。指出铁基超导体在中温区强磁场下具有广阔应用前景, 目前采用粉末套管法(Powder-in-Tube, PIT)已生长出铁基超导线材。未来某种程度上可以围绕反铁磁性寻找新型高温超导体, 并在元素周期表上预测了碱金属、碱土、稀土, 过渡金属和 C、N、O、F 等几类元素均可能是新型高温超导体需要的元素。

院士点睛:

周廉院士 认为我国低温超导材料、高温超导材料的研发取得了很大进展, 两个报告十分鼓舞人心, 但我国超导材料科研及产业发展仍存在3个问题, 并提出了相应建议:

①我国低温超导材料产业已基本形成, 但基于低温超导材料的如核磁成像系统等应用产业仍未形成, 超导应用型企业国内还属空白; ②高温超导体如MgB₂的应用研究及产业化早期领先, 但目前已远落后于美国, 必须加紧追赶; ③国内超导材料研发没有大的国家项目计划支持。建议超导领域学者、专家应该聚集起来就国际国内超导材料及产业发展现状、发展趋势写出报告书及计划书, 积极申请进入十三五规划。

王崇愚院士 关于高温超导材料研究提出了3个问题:

①高温超导材料的研发重点是努力使铁基超导材料临界温度突破液氮温度(70 K), 还是加快研发新型高温超导体?

闻海虎教授: 在未来几年, 这两个方向都是高温超导材料研究的重点。

②在元素周期表上预测可能具有高温超导性能的元素, 有

没有考虑过化学元素组合性、化合物结构无限性方面的规律?

闻海虎教授: 确实需要探讨这两方面的规律去指导新型高温超导材料的发现, 目前从研发过程中也总结出一些经验体会。

③是否可以从马约拉纳费米子理论出发, 去寻找新型高温超导体?

闻海虎教授: 马约拉纳费米子理论的提出是一个非常重大的物理发现, 目前研究人员已认识到该理论可为超导量子计算提供新的量子态; 在未来, 拓扑超导体结合马约拉纳费米子理论, 将会产生一个新兴的物理领域。

甘子钊院士 指出在超导领域科学研究方面, 超导不光是物理、电子学的课题, 也是材料学研究的重要内容。目前超导应用方面的前景十分广阔, 应用基础也基本成熟, 希望国家、地方政府给予超导研究及产业发展更多支持。



热烈讨论:

ITER项目的进展情况及中国和其他国家的聚变工程堆项目进展如何?

张平祥研究员: 由全球7个地区和国家参与的ITER项目正在建造, 计划将于2019年点火。我国CFTR在立项建议阶段, 日本、韩国、欧美国家也已开始计划。