

★ 高技术前沿

3月4日,芬兰推出欧洲首台50量子比特超导量子计算机,引发广泛关注。

何谓超导?这个概念想来大家并不陌生。

超导材料具有独特的绝对零电阻、完全抗磁等物理特性。在需要突破传统功能材料电磁能力极限的地方,超导材料具有不可替代的作用。

在科幻电影《阿凡达》中,潘多拉星球正是因其盛产天然超导矿石“Unobtanium”,才成为人们向往的资源圣地。

超导材料——

电力高速公路上的“零能耗跑车”

■姚昌松 李佳锐

百余年发现历程

超导材料的神奇“魔力”,要从它独特的物理特性说起。

在特定临界条件下,超导体能够呈现两种令人惊叹的现象。首先是“绝对零电阻”——电流可在其中流动而不产生任何能量损耗;其次是“完全抗磁性”——外部磁场被完全排斥,在材料周围形成一道无形的磁力屏障。这两个独特的物理特性,使超导材料成为物理学和材料科学领域的“宠儿”。

超导材料的发现始于1911年。

当时,一次实验,荷兰物理学家昂内斯在接近绝对零度的液氦环境(−268.98℃)中,观察到一个神奇的现象:汞的电阻完全消失,导电性大大增强。

这一发现,拉开了超导材料研究的序幕。

科学界将这种现象概括为“超导现象”:某些材料在温度降低到某一特定值后,电阻会变为零,而转为超导体的温度就是临界温度。

1957年,3位美国科学家巴丁、库珀、施里弗提出超导微观理论,取得了自发现超导现象以来的最大成就。物理学家基于这一理论,推断超导体的临界温度存在一个约为−233℃的上限,这个上限后来被人们称为“麦克米兰极限”。

临界温度过低限制了超导材料的实际应用,物理学家们很快认识到,提高临界温度是实现超导材料实用化的关键。

1987年2月,美国休斯敦大学未经武团队和中国科学院物理研究所赵忠贤团队,相继在钇钡铜氧材料上发现了超导现象,并把临界温度提高到−180.15℃以上。

2015年,科学家相继在氢基超导材料和镍氧化物体系中发现超导现象,这些突破不仅将临界温度提升至干冰温区(−78.5℃)以上,也标志着人类对超导体的探索进入新阶段。

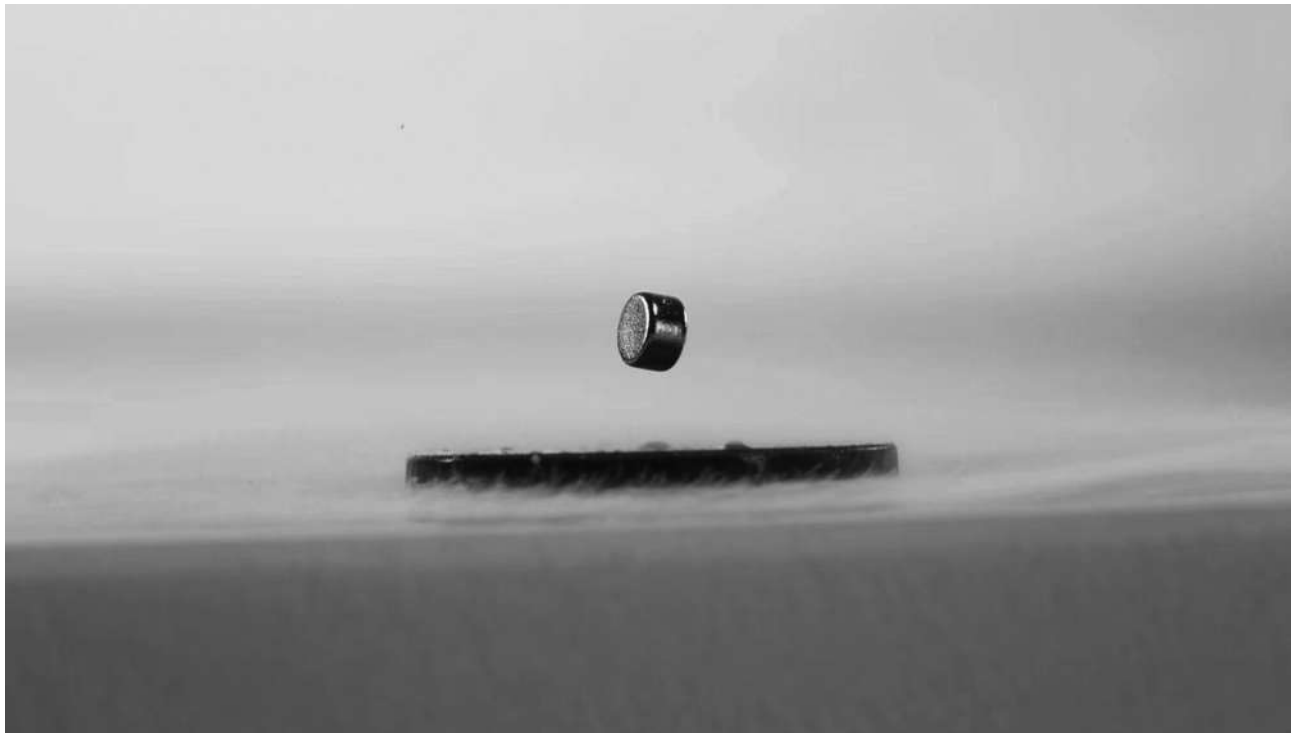
最终,科学家们总结出了提高超导材料临界温度的2个技术方向。

一方面,通过对材料施加极大压力,让其在高压环境下改变特性,成为超导体。目前,这一路径虽已取得显著突破,但还停留在实验室中,且成本较高,很难转化到实际应用中。

另一方面,各国众多研究团队致力于寻找在常压条件下稳定存在的新型超导化合物材料。

今年2月,我国南方科技大学、粤港澳大湾区量子科学中心与清华大学联合组成的研究团队在高温超导领域取得了一项重大突破。

他们使镍基材料成为第三类在常压下实现超导的材料体系,为解决高



超导体的“完全抗磁性”使磁石在空中悬浮。

资料图片

温超导机理的科学难题提供了全新突破口,相关成果已发表于学术期刊《自然》上。

常温超导是目标

一般来说,很多材料要在−250℃以下才能实现超导状态。

自1911年超导现象被发现以来,找到温度更高、更适于应用的超导体,成为无数科学家竞相追逐的目标。

在超导材料领域,能够在−233℃以上实现超导状态就属于高温超导材料。目前,超导材料主要划分为高温超导材料、低温超导材料和常温超导材料3种类别。

低温超导材料是最早实现技术落地的超导材料类型。稳定的性能和成熟的制备工艺使低温超导材料成为当前超导技术产业的主力军。

以铌钛合金和铌三锡为代表的两种低温超导材料,已在多个领域展现出不可替代的价值。尽管需要利用价格高昂的液氮冷却系统才能实现超导,但鉴于在强磁场精密测量与高能物理实验中的不可替代性,铌钛合金、铌三锡等低温超导材料始终是超导技术的重要载体之一。

在医疗领域,核磁共振成像仪(MRI)借助铌钛合金低温超导线圈产生稳定的强磁场,其成像精度可达亚毫米级,使早期诊断发现肿瘤成为可能;

在基础科学探索前沿,欧洲核子研

究中心的大型强子对撞机(LHC)内,9300块低温超导磁体组成27公里环形隧道的核心模块,引导接近光速的粒子束对撞,助力科学家揭秘宇宙起源。

与低温超导材料相比,临界温度突破液氮温区的铜氧化物高温超导体和新兴的铁基高温超导体,为超导技术的广泛应用提供了更为经济可行的解决方案。

在能源领域,采用铜基超导材料的输电系统可消除传统电网近7%的能源损耗。这不仅意味着全球每年可节约几乎相当于三峡电站全年发电量的电能,还为可再生能源的远距离输送扫清技术障碍。同时,超导电缆的能量密度比传统铜缆高出近十倍,这意味着,在相同空间内,超导电缆可以输送更多电力,为城市电网升级提供理想的解决方案。

在电力储存方面,高温超导材料的磁能储存系统(SMES)能以近乎完美的效率存储电能,并在毫秒级响应时间内释放电能,这为智能电网的稳定运行提供坚实保障。

高温超导材料也在量子技术领域展现出独特的优势。

一方面,超导量子干涉仪(SQUID)能探测到人体内产生的微弱磁场,为无创脑功能检测开辟了新路径;另一方面,在量子通信领域,基于高温超导材料制造的纳米线单光子探测器如同数字世界的“光子捕手”,能以近乎完美的效率精准捕捉单个光子信号,探测效率最高可达98%,为量子密钥分发网络构筑起牢不可破的安全屏障。

另外一种类型的常温超导材料,旨在追求接近室温、常压环境下实现超导状态。

截至目前,虽然真正意义上的常温常压超导材料尚未被证实存在,但其作为科学探索的目标,已在理论和实验层面取得了突破性进展。而每一次对临界温度的突破,都刷新着人类对物理极限的认知,引发全球科研界的实验复现验证热潮。

目前,从理论探索角度看,人工智能辅助材料的设计正在加速超导材料的筛选进程。

借助深度学习算法,研究人员可以实现对超导材料结构与性能关系的精确建模,能够从数万种理论可能的化合物中快速锁定具有潜在常温超导特性的候选材料,大幅缩短从理论推测到实验验证的时间周期。

有学者表示,这种智能化超导材料设计方法正在重塑传统材料研发模式,为常温超导的实现提供了全新技术路径。

挑战与机遇并存

试想这样几个场景——

超导磁悬浮列车的悬浮间隙突破厘米级限制,摆脱了对精密轨道的依赖,时速可达1000公里,如同磁力编织的空中走廊,融入现有交通网络。每天乘坐超导磁悬浮列车上班的你,通勤时间大幅缩短;

基于超导量子比特构建的百万位

量子计算机成为现实,只需要数小时,工作人员就能够完成药物分子的全构象模拟,进而使开发个性化癌症疫苗成为可能。而对比传统超级计算机,其对药物分子的全构象模拟的运算时间往往需要若干年;

依托超导单光子探测器的量子加密通信网络,研发人员理论上可以构建无法破译的全球安全传输体系,带领金融交易和数据传输进入绝对可信时代,你在进行金融交易时再也不用担心交易有风险……

这些场景的实现,都需要基于未来某一天,科学家能掌握成熟的常温常压超导技术。科学界普遍认为,合成常温常压下的超导体预示着“第四次科技革命”的到来。

这句话也足以体现,掌握常温常压超导技术的难度。

到目前为止,科学家们尚未在常温常压下实现真正意义上的室温超导,许多发现的室温超导材料都需要限定在极高的压力条件下才能表现出超导特性。

例如,2020年10月,美国迪亚兹团队宣布其在267万个大气压下,实现了临界温度为15℃的超导现象。但由于实验条件极端且难以复现,该研究成果受到质疑,相关论文也被撤回。

2023年7月,韩国科研团队宣布其发现了名为LK-99的材料,声称这种材料在常温常压下具有超导特性。然而,全球多家实验室对其研究成果复验,该发现的可信度存疑。

我们可以看到,如今,超导技术的实际应用潜力尚未完全释放。经过总结和验证,科研人员将主要制约因素概括为两个方向的挑战。

——材料性能限制。

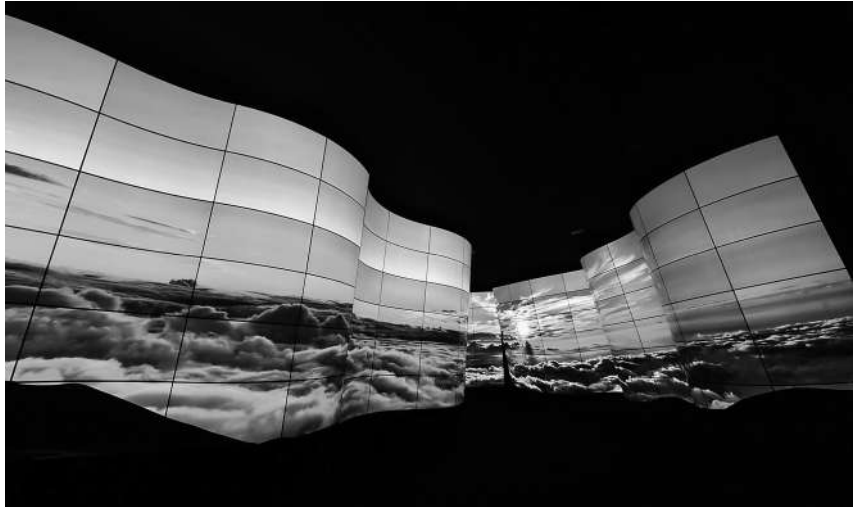
以氢化镧材料为例。在极端高压条件下,该材料在−23℃就能实现超导。而如果把氢化镧材料放置在常压环境下,其超导临界温度会骤降至干冰温区;又如,陶瓷超导材料的脆性问题,决定了这种材料难以加工成柔性线材。

——承载能力和工程领域的制约。

首先,铌系、钇系等超导材料每公斤数千美元的制造成本及原子级精密工艺要求,构成了商业化应用的现实矛盾;其次,一些超导材料在大电流的强磁场环境下,超导状态容易被破坏,这对超导材料在核聚变装置等极端场景的应用中将形成制约。

不过,尽管挑战重重,超导材料领域的每一次微小突破,都勾勒出让人振奋的未来图景。超导材料的发展代表了材料科学领域的巨大飞跃,是人类探索自然极限、突破认知边界的重要体现。

也许在不久后的将来,超导矿石“Unobtanium”会在我们这颗蓝色星球的某间实验室中诞生,解锁另一种属于人类的科技文明密码。



柔性显示屏示意图。

资料图片

2025年CES国际消费电子展上,相关参展商推出的一款可弯折显示屏,代表着柔性显示技术发展的新趋势,其折叠状态下为13.1英寸,展开后可变为18.1英寸,能够在“平板一笔记本一显示器”3种模式下自由切换,快速构建高效办公场景。

柔性显示技术是一种将发光层集成

于可延展基底材料的创新显示技术。这项创新技术重塑了设备的形态与边界,为未来产品设计带来了更多可能。

柔性显示技术正式进入大众视野,最早可以追溯至20世纪90年代。当时,《自然》杂志刊发了一篇关于柔性有机发光二极管的报道,介绍了科学家们围绕有机发光二极管材料特性展开的

“弯折屏”背后的柔性显示技术

■蔡殊威 李 芮

研究。

进入21世纪,随着材料科学与显示技术的发展,柔性显示屏迈入了可变形显示的新阶段,为消费者带来了前所未有的视觉体验。

有机发光二极管技术,是目前市面上主流的柔性显示技术之一。基于该技术制成的柔性有机发光二极管屏幕,其发光源是有机发光材料。与其他材料相比,这种材料在电流作用下可以激发出红、绿、蓝三原色的光,具有更强的抗冲击性能、更高的对比度和色彩饱和度等优点。柔性有机发光二极管屏一经问世,就迅速引领了显示技术潮流。

在军事领域,柔性显示技术同样具有重要作用。

——应用于战场隐身和伪装。

在现代战争中,将柔性显示屏嵌入到士兵作战服表面,可以实时采集周围环境的图像并在显示屏上同步显示,使作战服与周围环境实现有效融合,达到士兵动态伪装的目的。

比如,以色列国防军研发的自适应伪装系统,通过集成柔性显示阵列模块,实时采集战场背景光谱数据,生成动态伪装图案覆盖装备表面,可以有效规避热成像侦察与红外制导攻击。

——应用于单兵装备,提高战场态势感知能力。

将柔性显示屏制成头戴式显示器、腕带或眼镜,可以为士兵提供诸如战场地图、敌情动态等实时战场信息,提升单兵战场感知能力。比如,美国陆军研究实验室计划推出的增强现实单兵眼

镜,采用了超薄曲面柔性显示屏。这款显示屏能完美贴合士兵面部轮廓,实现了超广视角战场态势投影、微光夜视增强和武器数据同步等核心功能。

总的来说,柔性显示技术保证了显示屏在弯曲、折叠、卷曲、压缩等状态下的正常运行,未来发展重点仍将继续聚焦于材料科学创新方面,如柔性储能装置、透明导电膜等关键材料的研发,确保柔性显示设备在各种极端环境下的适应性、可靠性。期待未来柔性显示技术带来更多的应用突破,融入人们日常生活的方方面面。

热点追踪

★ 科技云

科技连着你我他

■本期观察:张诗宏 陈李辉 德力夏提

据悉,我国有色金属企业金川集团和宝武太原钢铁集团在铜、镍和钢这3种金属领域实现了重要突破,其研发的手撕铜、手撕镍和手撕钢填补了国家技术空白,相关成果已通过认证。本期我们关注这3种金属材料。

手撕铜



金川集团镍都实验公司宣布,其研究团队在铜材加工领域取得了重要突破,成功研发出厚度仅有0.05毫米、可徒手轻易撕开的铜带。手撕铜也称“高精密度铜带”,其问世标志着我国在超薄铜材领域取得重大技术突破。

研发团队声称,其通过轧制工艺创新,不断实验和改进相关工艺,克服了传统加工手法中超薄铜带的问题,最终突破加工极限,使铜带厚度达到毫米级别。

据悉,作为重要的基础材料和功能材料,手撕铜未来有望广泛应用于电子通信、机械制造、新能源汽车、计算机和信息网络工程等领域。

手撕镍



金川集团镍合金公司宣布,其实现了0.05毫米超薄纯镍带材的规模化生产。研发人士表示,手撕镍在保持纸张级厚度的同时,展现出高强度特性,相关成果已通过国际认证。

据悉,该材料通过创新性技术在镍晶体生长过程中植入界面层,精准控制温度,使材料在特定条件下实现自主分层剥离。这种原子级精度技术不仅避免了传统高能耗工序,还能保持材料的完整性,提升成品的导电性和抗拉强度。

此外,研发人员还表示,超薄的手撕镍未来有望应用于制造微型电磁屏蔽罩、柔性电路基板等,大幅度减少机械加工损耗,有望推动5G通信设备轻量化、医疗植入器械微型化发展。

手撕钢



中国宝武太原钢铁集团宣布,其成功研制出0.015毫米超薄高温合金钢——手撕钢。手撕钢厚度只有头发丝的六分之一,被誉为“钢铁行业皇冠上的明珠”,相关人士表示,该技术的成功标志着我国成为全球第三个掌握此类特种钢材生产能力的国家。

手撕钢虽然薄,但同样具备所有钢具备的特性。研究团队表示,经国家钢铁材料测试中心检测,手撕钢展现出强度高、硬度大、电阻值高、耐高温等优异性能。

此外,该团队创新工艺体系,以手撕钢为核心,制成了一种即时发热的新型复合材料。该材料可以帮助飞机机翼快速除冰,不仅能大幅降低飞机的能耗,更能大大降低升空挂冰给飞行带来的巨大安全隐患。

据悉,在人们的日常生活中,手撕钢还有望用作柔性显示屏的基本材料,应用于手机折叠屏幕制造等方面。