

非晶磁传感器撬起的百亿产业 热话题与冷“丝”考

/ 中国电器工业协会非晶合金材料应用分会 张默涵 /

2023年11月10日，浙江省科技进步奖揭晓，中科院宁波材料所李润伟研究员领衔完成的相关非晶合金磁材项目获得一等奖。这位深耕磁材应用的科研工作者，致力非晶器件的研究并取得显著成绩。几年前，他们团队制备出一款数字化柔性触觉传感器，作为智能可穿戴设备，具有高刺激辨别力和分辨率，得到了商家热捧。该产品精度和灵敏度高，甚至可探测到蚊子心脏的跳动。这种小型化高灵敏度磁传感器在医疗、军工、人工智能、物联网、地质勘探等众多领域有巨大应用市场。据介绍，这传感器里一种丝材作为磁敏材料起到关键作用。如此地神奇，这究竟是什么材料？

新特性：

非晶磁材迎来新市场

这根丝材是非晶态合金材料。非晶态合金又称液态金属，或称金属玻璃。人类发现这个奇特材料才几十年时间，但其出众的性能得到科学家和产业界高度重视。

非晶合金是目前已知合金中硬度、强度最高的合金材料，是理想的手机结构件材料。华为折叠屏手机铰链用了非晶合金制备，可折叠20万次不变形。多年前，美国苹果公司就布局了很多专利，iPhone4尝试用非晶合金做取卡针。特斯拉、凯迪拉克等高端汽车锁扣拉手等也选用这个材料。

当前，非晶合金在软磁材料领

域应用最为成功。在配电变压器的使用中，对比硅钢铁心，非晶铁心节省75%~80%空载损耗。以一台容量为400kVA一级能效变压器为例，全生命周期内非晶变节能达5.2万kWh，是典型的节能环保材料。已成为新能源汽车、光伏、风力发电等众多磁组件优先选择。世界很多国家重视该材料的发展与应用。日前，美国能源部（DOE）提出，2027年美国配电变压器拟将采用新标准，几乎所有按照新标准生产的变压器铁心都将采用非晶合金。日本、欧盟也有要求，倡导使用非晶变压器为减排做贡献。2022年，我国工信部出台文件，要求到2025年，新增高效节能变压器占比达到

80%以上，铁基非晶合金成为最值得期待的材料。

非晶合金有些特殊磁性能开发与应用为其带来全新的市场。20世纪90年代初，科学家发现非晶合金丝材巨磁阻抗效应十分典型。巨磁阻抗（GMI）是指材料的交流阻抗随外加磁场显著变化的现象。它是科学界研究的前沿，和其他磁传感器比，其优点除了小型化外，更灵敏、更精准和更可靠。

中国科学院院士、南京大学教授都有为在2022年的非晶传感技术研讨会上指出，现代社会为磁信息时代，先进智能化设备离不开磁性能。他对非晶合金磁材及其传感器件未来应用信心十足。

新赛道： 产业已形成百亿规模

非晶丝材及其制备的器件为非晶合金领域带来了全新“丝”路。

军事上，主要在磁探测发挥了重要作用。现代战争中，高精度打击是对武器的基本要求。现代军队为更精准打击目标，已在导弹、火炮、水雷等导航段安装非晶传感器。随着技术进步，虽然主动和被动声呐系统失效技术得到升级，但是深海潜艇捕捉依靠声呐已失去优势，由于潜艇是钢制造的，带有磁性，利用非晶丝传感器类似GPS定位潜艇军舰简单可靠。

据了解，军方磁导航磁探测等应用领域广需求量大，海外市场超过30亿。

在医疗行业，目前最主要的应用市场是电生理领域。当前，国内射频消融手术的数量逐年增长，仅中国快速性心律失常患者中使用导管消融治疗的手术总量（不包含冷冻消融）就从2015年的11.7万例增长到2020年的20.2万例，复合年增长率为11.5%。预计到2024年，电生理手术量将达到45.0万例，复合年增长率为22.1%。作为必需耗材，每台手术要消耗2根以上置有传感器的导管，能带动微型磁传感器使用量大幅增长。预计仅国内就有超2亿元/年的市场规模。

微型磁传感器因其小体积、抗遮挡的特点使其可广泛应用于其他医疗及科研领域，如用于肿瘤学，

组织活检、抽液、放疗过程中跟踪针尖位置；用于脊柱外科，帮助瞄准髓内钉远端锁定孔；用于跟踪内窥镜、腹腔镜的位置和姿态；在肾脏神经介入，支架和引流管放置，副主动瘤手术中跟踪导丝和导管，以及超声影像融合等方面，具有十分广阔的市场前景。医疗行业人士说，仅非晶微型磁传感器在肿瘤穿刺、鼻饲管的需求，2022年国内超过3亿元/年的市场规模。

有资料显示，我国磁传感器年市场需求近400亿，弱磁传感器有近百亿元产业。

新认识： 丝材制备尚需沉淀和积累

非晶合金丝制备技术、生产工艺门槛较高。目前，通常有水纺法、泰勒法等方式，目前日本、以色列等少数国家制备非晶合金丝材技术较为成熟。根据传感器用途方向，对丝材要求也不一样。海外对高质量敏感非晶合金丝材严格管控，日本钴基非晶合金裸丝严格限制出口。

早在20世纪90年代，我国包头稀土研究院科研工作者开始非晶合金丝研发和制备，并取得较大进展。近年来，在 market 需求的推动下，非晶合金丝制备生产装备不断提升，非晶合金丝制备路径和方式也不断取得新的成绩。在国内相关协会和科研单位推动下，国内从事非晶合金丝研发和制备科研单位有

18家左右，有近10家企业从事相关生产研发。中国电器工业协会非晶合金材料应用分会（简称非晶分会）为了促进非晶合金丝产业链形成，从2021年、2022年连续举办了两次非晶合金丝材和传感技术研讨会，邀请国内外专家和企业共同交流和研讨，对提升丰富我国非晶合金丝材产业发展做出重要贡献。

但我国装备制造等和先进国家相比还存在差距。非晶分会负责人介绍，目前国内企业制备非晶合金丝方式有3~4种。近年来，非晶合金丝材质量有了明显进步，但和发达国家比，还存在着连续性不够，均匀性不好，性能不稳定，一致性较差等问题。缺少高质量非晶丝材，对于高精度传感器来说，难以快速形成大批量高稳定市场要求。

高质量发展需要高标准牵引。2022年，中科院宁波材料所牵头，非晶分会协同，开展了非晶合金丝国家标准的制定，有21家企业科研单位参与。标准形成对于选手迈进新赛道提供了方向感。

作为新材料，非晶态合金一直是科学界研究热点。中国科学院汪卫华院士将非晶态与液态、气态、固态并称为自然界四种物质形态，赞美它们对人类发展和科技进步起到至关重要作用。随着科学深入研究发现，非晶态合金新发现新应用新市场不断涌现，人们相信，其在未来生活中必将持续不断为现代社会文明助力赋能。📍