



理化所发明金属相变吸热方法可消除移动电子设备发热问题

文章来源：理化技术研究所

发布时间：2013-05-14

【字号：小 中 大】

近期，中国科学院理化技术研究所低温生物与医学实验室的科研人员首次将低熔点金属及其合金作为相变材料引入到电子散热领域，从而使手机等移动电子设备中日益严峻的发热问题得以消除，也为各类瞬态高功率电力电子设备的灵巧冷却开辟了一条全新途径，相应工作发表于 *ASME Journal of Heat Transfer, Renewable and Sustainable Energy Reviews* 等刊物上。

长期以来，电子芯片的集成度始终朝着著名的摩尔定律预测的那样随时间呈指数增长，如今手机的CPU主频已从过去的MHz提升至当前的GHz，对应功耗则从mW到十几瓦。在手机如此狭小的空间里，大量热量很难及时排散到外部环境，这给用户带来了很大不适，比如，手机持续通话、游戏一段时间后，其外壳会很快出现过热乃至发烫的现象，严重者甚至会对人体皮肤造成低温烫伤。无疑，出于对超小体积、低功耗、低噪音乃至高品质体验的要求，常规的风扇、热管和水冷散热并不很适用。可以说，相较于体积大许多的笔记本电脑乃至台式计算机，手机散热更显棘手，业已成为制约高端手机发展的瓶颈。

在此项题为 *Keeping smartphones cool with gallium phase change material* (Ge and Liu, *ASME Journal of Heat Transfer*, 135: 054503, 2013) 的研究中，科研人员借助于金属材料的蓄冷及固液相变吸热机理，将手机在高负荷运行中产生的热量迅速吸收掉，手机温度得以保持在30°C附近10余分钟，由此确保了无发热情况下的通话；一旦当手机处于待机状态，熔化成液态的相变材料则可通过向环境释放热量而发生凝固，从而为下一次吸热作好准备。整个过程仅由嵌于机壳内的金属吸热薄片承担，无需额外装置和能源，因而手机体积并不会因此明显增大，且全程无噪音。

研究中，科研人员还发现了十分有趣的现象。金属材料因吸热而变成液态后，必须及时将热量释放到空气中并重新返回到固态，才能满足后续的吸热需要。然而，由于过冷度的存在，液态金属材料在其温度低于熔点时并不立即发生凝固。研究小组引入了成核剂，还尝试对液态金属辅以震荡和敲击作用，结果证实两种途径均可显著降低材料的过冷度（从30°C降至2°C）。在手机类消费电子设备的使用过程中，晃动和敲击是时有发生现象，由此易于确保相变吸热功能的持续高效发挥。这种因机械力作用而诱发的相变效应，也是热科学领域饶有兴味的新颖问题。

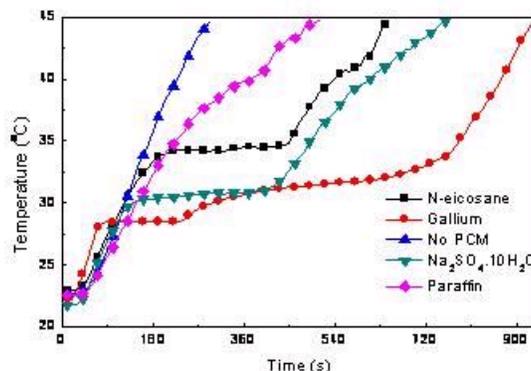
进一步地，研究小组还将上述方法扩展用于冷却高速数据传输中的U盘、闪存及固态硬盘等(H. Ge, J. Liu, *Phase change effect of low melting point metal for an automatic cooling of USB flash memory, Frontiers in Energy*, 6: 207 - 209, 2012)。实验证实，设置有金属相变材料的U盘在运行中由原来的42°C降到了28°C并能维持1刻钟以上，显然，较低的工作温度一方面保障了数据传输的可靠性，也延长了U盘的使用寿命。事实上，对于更大功率如数十瓦的瞬态发热设备，研究还表明，金属相变冷却技术的优势更加明显，系统热响应时间可呈数量级缩短，而散热装置体积则减小数倍，且加工工艺得以大为简化。此外，理化所的工作也揭示出，低熔点金属相变吸热方法还易于与风冷、热管或水冷方法相结合，由此提升电子设备的抗热冲击性能，这在许多计算机超频应用中有独特价值。除电子设备外，低熔点金属相变热管理方法在更多光电器件，以及太阳能、风能、潮汐能等间歇式能源的高效储存，乃至建筑保温节能、人体热舒适、特殊功率电力电子设备领域，也有得天独厚的优势。理化所已围绕有关应用形成了技术专利。

总的说来，借助如冰蓄冷一般的金属相变材料的交替性蓄冷-熔化过程，可以达到灵巧的冷却目的，这种无需额外设置专用冷却系统的热管理方式，特别适合于手机等移动电子设备。以往，尽管学术界也曾尝试采用相变方法来冷却手机，但因受限于既定材料的物性而制约了实际应用。比如，传统有机类相变材料如石蜡、烷烃、醇类以及脂肪酸等虽然性能稳定、过冷度小、成本低，但热导率小、热响应慢，相变时体积变化率较大从而会使系统体积显著增加；而无机类相变材料如结晶水和盐、熔融盐等，虽价格便宜，储热密度大，但过冷度高，熔化之后会因无机盐与结晶水之间的密度差而造成相分离，同时还会因结晶水蒸发引起再凝固继而产生低水化合物，最终使得相变材料

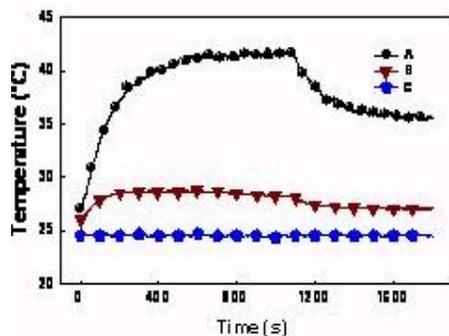
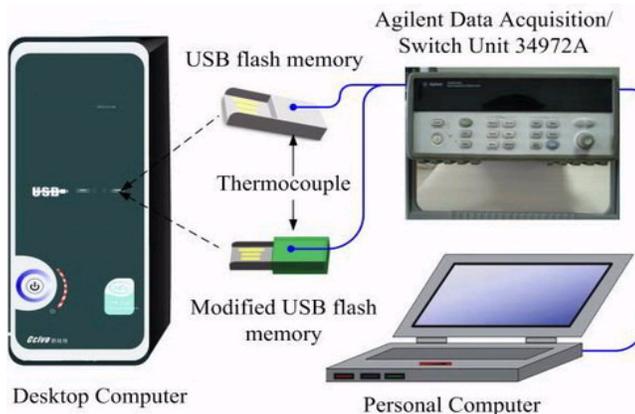
的长期工作稳定性变差。高熔点金属作为相变材料虽有提出，但因在常温下无相变行为，无法用于电子设备热管理。综合而言，常温附近即可熔化的金属及其合金材料则体现出诸多诱人的优势：1. 导热率高，是传统相变材料的数十甚至上百倍，这有利于吸热系统的快速响应，同时也减小了热源与环境之间的热阻；2. 金属材料稳定性好，在相变过程中不会出现相分离、相分层现象，经无数次熔化凝固之后依然表现出完好的相变特性；3. 低熔点金属密度大、单位体积相变潜热高，且相变过程中体积变化率小，远低于传统材料，这有利于实现高度紧凑的热管理系统。

考虑到低熔点金属相变热管理方法有着广泛而重要的应用前景，为推动这一新兴方向的形成与发展，理化所科研小组于近期发表了一篇全面综合的长篇评述文章(H. Ge, H. Li, S. Mei, J. Liu, *Low melting point liquid metal as a new class of phase change material: An emerging frontier in energy area, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21: 331 - 346, 2013)，系统阐述了新方法的应用特点和基本原理，并具体提出了一系列新的发展方向 and 实现策略，旨在促成相应技术的研究和应用。

论文链接: [1](#) [2](#) [3](#)



典型相变冷却器受热升温曲线(金属相变效应可维持设备在30°C附近10余分钟)



U盘数据传输过程中采用金属相变机理冷却后的效果(对应曲线B)

