

DARPA 与 BAE 系统公司联手攻克制约下一代氮化镓电子器件的散热难题

来源：美国 Interesting Engineering 网站 发布时间：2026/08/15 原文链接：
<https://interestingengineering.com/energy/bae-systems-darpa-gan-threads-phase-2>

【关键词】 DARPA;BAE 系统公司;氮化镓;电子器件;散热

【具体内容】

BAE 系统公司正在推进一项 DARPA 计划的第二阶段，该计划旨在解决高功率射频电子器件中最顽固的局限之一——热量。BAE 系统公司旗下的 FAST Labs 研究组织已完成 DARPA “器件级电子散热技术”（THREADS）计划的第一阶段，并获选进入第二阶段。这项工作尤其聚焦于氮化镓（GaN）器件，这类器件目前已广泛应用于高性能雷达、电子战及通信系统中。问题原理简单，解决起来却极为困难。提升射频晶体管的功率会产生更多热量。如果这些热量无法被高效移除，晶体管的性能与可靠性就会下降，导致电子设备只能在低于理论功率极限的水平下运行。DARPA 设立 THREADS 计划，旨在从器件内部解决问题，而非仅仅在外部加装更大的传统冷却系统。该机构表示，该计划瞄准两大挑战：在保持电学性能的同时降低晶体管内部的热阻，以及在不过度影响射频性能的前提下，高效地将热量从大功率晶体管区域导出。氮化镓为何至关重要氮化镓是一种宽禁带半导体，对军用射频电子器件愈发重要。与旧式半导体技术相比，它能在更高的功率密度和频率下工作，因而在现代有源相控阵（AESA）雷达及电子战系统中尤为实用。DARPA 此前曾指出，与早期晶体管技术相比，氮化镓的功率密度已提升五倍以上，但如果工程师能攻克散热难题，理论上还有更大的提升空间。这一点至关重要，因为射频功率直接决定了雷达和通信设备等系统的能力上限。更高的可用射频功率意味着更强的信号、更远的探测距离，或是更强大的电子对抗效果。DARPA 目前

对 THREADS 计划的描述显示，其目标是将热阻降低八倍，并使 X 波段晶体管及功率放大器测试器件的功率密度达到 81 瓦/毫米。从散热难题到更远程雷达潜在的作战效益十分可观。

DARPA 此前估计，解决热限制问题可使雷达探测距离提升两到三倍。该机构最新进展通报称，THREADS 计划在第一阶段已实现了射频功率密度较当前最先进水平提升约五倍，相当于在保持作战所需可靠性的前提下，将雷达探测距离大约翻了一番。这并不意味着所有采用 THREADS 技术的雷达都能自动将探测距离翻倍。雷达性能取决于多种因素，包括天线特性、频率、目标尺寸、大气条件及信号处理水平。这些数据的意义在于，它展示了在半导体层面解决热限制问题，可能对整个系统产生巨大的连锁效应。BAE 系统公司正在其位于新罕布什尔州纳舒厄的微电子中心开展相关研究，该中心已具备为国防应用研发和制造氮化镓及砷化镓集成电路的能力。其 THREADS 项目与现代微系统公司，以及宾夕法尼亚州立大学、斯坦福大学、圣母大学和德克萨斯大学达拉斯分校的研究人员开展了合作。基于早期热管理突破的延续 THREADS 计划也是提升氮化镓电子器件散热能力长期努力的一部分。DARPA 此前曾通过“近结热输运”计划展示了“金刚石基氮化镓”晶体管，利用金刚石极高的热导率来降低晶体管结区附近的温度。THREADS 计划则进一步应对更广泛的挑战，从材料、器件结构以及直接在晶体管层面导出热量的方法入手。对 BAE 系统公司而言，进入第二阶段意味着从初步研究迈向对其技术方案的进一步开发与验证。其终极目标不仅仅是制造出更“凉快”的晶体管，而是打造一种能够在不增大体积、不降低可靠性、不受热限制的前提下，输出大幅提升功率的射频器件。