



新闻动态

科技新闻

通知公告

支部活动

学习园地

信息公开

科技新闻

当前位置: 首页 | 新闻动态 | 科技新闻

中国科大实现深亚波长电磁场的局域和检测

来源: 科研部 发布时间: 2021-11-08 浏览次数: 173

我校郭光灿院士团队在纳米尺度量子传感研究中取得重要进展。该团队孙方稳教授课题组将量子传感技术与光学超分辨成像技术相结合, 研究纳米尺度电磁场的超小局域和高精度探测, 实验实现了百万分之一波长尺度电磁场局域。基于该发现, 进一步将局域电磁场能量和与物质相互作用强度分别提升了8个和4个量级。该成果以“Focusing the electromagnetic field to $10^{-6}\lambda$ for ultra-high enhancement of field-matter interaction”为题, 于11月4日发表在国际知名期刊《自然-通讯》上。

一般情况下, 电磁波因为其波动性, 最小可以被束缚在其波长范围内。然而, 为了追求与物质的强相互作用, 纳米科学需要实现更小尺度的电磁场局域和检测, 推动纳米加工, 信息存储, 生物传感, 微波光子学和量子信息等技术的发展。当前, 基于倏逝场耦合, 已经可以实现亚波长尺度的电磁场局域, 并在微纳光子学等领域得到广泛应用。此外, 高空间分辨率的电磁场有效探测也制约着纳米尺度电磁场与物质相互作用的机理研究和应用发展。

孙方稳课题组一直致力于利用量子传感技术实现微纳电磁场的高精度探测。基于金刚石氮-空位系统, 提出并发展了超低泵浦功率的电荷态耗尽纳米成像术, 实现了4.1纳米空间分辨率的成像和量子态调控 (Light: Science & Applications 4, e230(2015); Phys. Rev. Appl. 7, 014008(2017))。

在本研究中, 课题组将电荷态耗尽纳米成像与氮-空位色心的量子传感技术结合, 用于对纳米尺度微波场的表征。实验上, 通过探测纳米线周围局域微波场(波长: 10.4厘米)泵浦下不同轴向氮-空位色心电子的自旋跃迁, 实验观察到微波场可以被局域在纳米线附近约291纳米区域内, 相当于其波长的 10^{-6} 倍。进一步测量纳米尺度电磁场的强度和矢量信息, 发现该深亚波长的局域来自于二维纳米导电材料中电子运动的近场辐射, 而非电磁波的倏逝场。基于该实验结果, 课题组设计了金属纳米线-蝴蝶结天线结构, 用于对自由空间微波场收集、局域并增强与电子自旋的相互作用。通过测量局域微波场泵浦下电子自旋的拉比振荡, 观察到此结构可将局域微波能量增强8个量级, 提高与自旋相互作用强度4个量级。利用该纳米线-蝴蝶结天线的偏振依赖特性, 课题组还通过改变自由空间微波场的偏振实现对自旋比特的选择性操控, 验证了该结构用于高空间分辨率量子比特操控。

该成果将高空间分辨率量子传感成功应用在纳米科学研究中, 为探索纳米尺度下的电磁场与物质相互作用提供了一种有效工具。实验中实现的深亚波长电磁场局域及超强电磁场与物质的相互作用不仅可用于远场量子比特操控, 还可用于极弱电磁信号的测量, 如发展基于量子比特的微波雷达等技术。

文章第一作者为中科院量子信息重点实验室副研究员陈向东博士, 通讯作者为孙方稳教授。该工作得到了科技部、基金委、中国科学院和安徽省的资助。

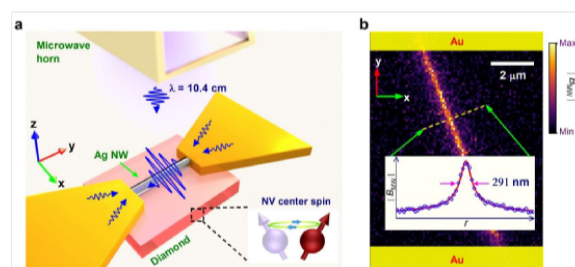


图1 纳米线-蝴蝶结天线结构对自由空间电磁场的局域和增强。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-26662-5>

(中科院量子信息重点实验室、中科院量子信息和量子科技创新研究院、科研部)

