半导体超晶格研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/2357.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

最近由中国、西班牙和德国组成的研究团队(中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、国防科技大学、西班牙皇家马德里第三大学和德国Paul-Drude固体电子研究所)，通过研究证明了利用噪声，可以在一种由量子共振隧穿效应引起的具有多自由度非线性动力学系统的半导体超晶格器件中诱导出空间和时间序，用于检测并放大高频微弱信号。这种物理效应可以用来识别隐藏在强噪声中的未知微弱信号;或者将有用的微弱信号嵌入到噪声背景中并恢复出来，这样可以对捕获到的有用信号进行加密。例如，从噪声环境中提取对话信号、进行天文观测、雷达信号探测、图像处理等。目前，其研究结果分别以两篇连续论文的形式发表在国际刊物《物理评论快报》(简称PRL)上，其中一篇侧重于物理实验研究[PRL121，086806(2018)]，另一篇侧重于数值模拟的理论研究[PRL121，086805(2018)]。

该研究团队将噪声与微弱周期信号耦合应用于Al含量为45%的GaAs/(Al,Ga)As弱耦合超晶格非线性系统中，获得了较为理想的物理结果。噪声能促使静止状态的系统进入周期性振荡模式，导致电流自激振荡的频率范围在100 MHz左右，这被称为相干共振;同时，基于离散的弱耦合超晶格级联共振隧穿模型，进行的电子输运数值模拟很好地再现了实验结果。图1给出了实验和理论模拟得到的振荡峰间隔的标准方差和噪声均方根值的关系图。进一步，在噪声背景中叠加频率接近电流自激振荡频率的微弱周期信号，非线性系统的相干共振模式会被这个叠加的微弱信号锁相，把背景噪声的能量转换给微弱信号，既实现了微弱信号放大，同时又改善了信噪比，这种现象被称为随机共振，如图2所示。这种随机共振可以作为被动锁相放大器使用，用于探测和识别被噪声背景淹没的微弱信号，不需要参考信号，并且具有比传统锁相放大器更短的积分时间。目前，所有检测微弱信号的方法都是基于已知参考信号，是主动探测模式而不是被动探测模式，这样就不能用于识别隐藏在强噪声背景中的未知信号。典型的锁相放大器需要几十Hz到MHz范围的参考信号和毫秒量级的积分时间。在相干共振的宽频率范围内，利用超晶格器件的随机共振效应，允许在没有参考信号的情况下进行未知微弱信号的检测与识别，并且可以显著减少处理信号的积分时间。

该项工作由邵铮铮和殷志珍作为共同第一作者完成，得到苏州纳米所课题组内所有同事以及M. Carretero，E. Mompo，S. W.Teitsworth研究团队的支持，得到中科院战略先导专项(XDA06010705)、国家自然科学基金(61070040和61204093)、国家重点研发计划(2016YFE0129400)、探索项目(7131266)等的资助和支持。

文章链接：12

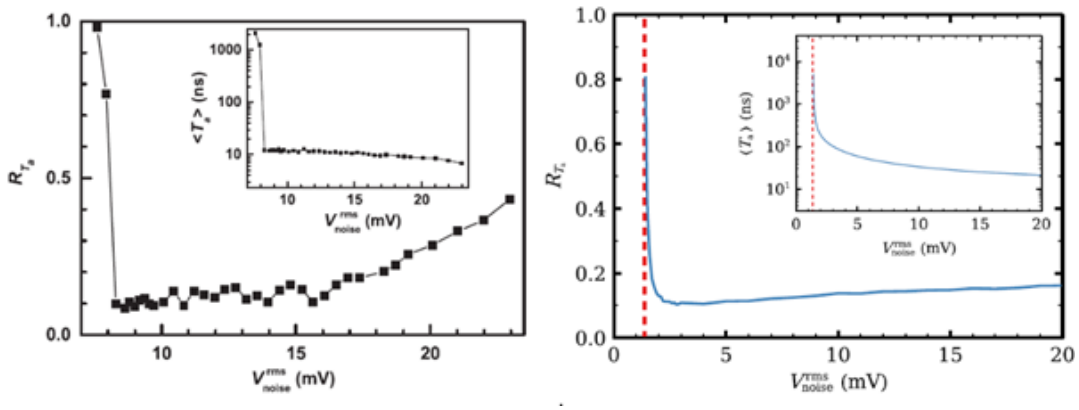


图1.实验和理论模拟得到的振荡峰间隔的标准方差和噪声均方根值的关系图

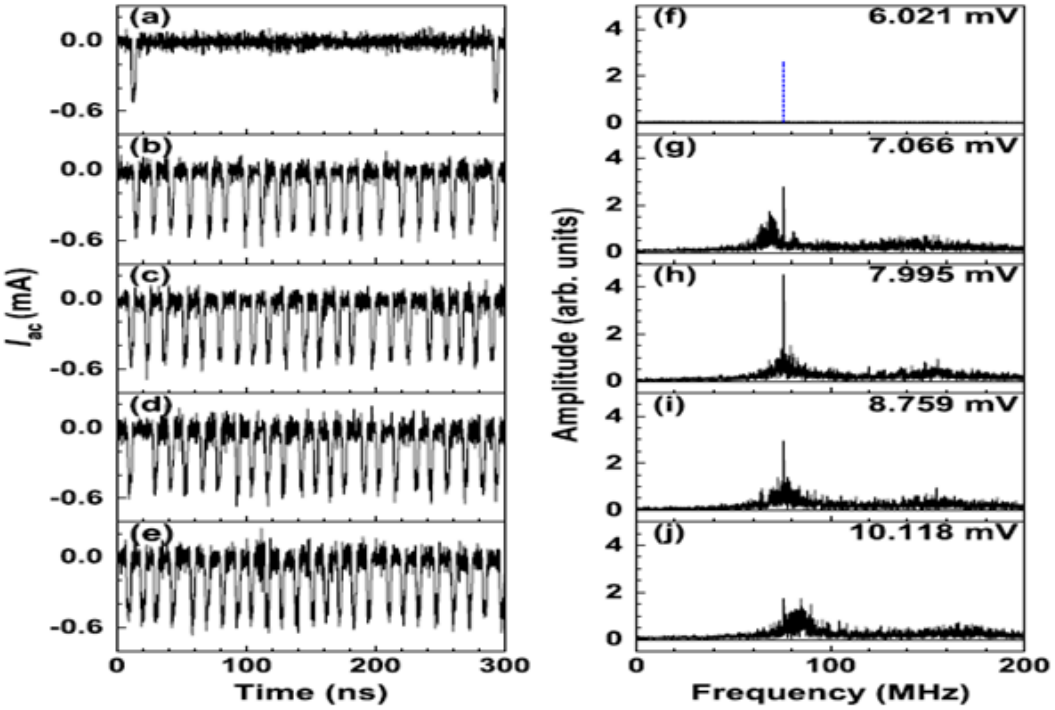


图2.时域和频域中，输出信号与噪声均方根值的关系图

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发