
铌酸锂微谐振器中的拉曼激光和孤子锁模

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8438.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！

铌酸锂微谐振器中的拉曼激光和孤子锁模。近日，来自美国和中国香港的科学家Mengjie Yu, Yoshitomo Okawachi, Marko Loncar等人共同发表了题为Raman lasing and soliton mode-locking in lithiumniobate microresonators的文章，在铌酸锂微谐振器中实现了拉曼激光和孤子锁模。研究人员通过选择性激发拉曼活性声子模式来表征单片铌酸锂(LN)微谐振器中的拉曼辐射光谱。他们实现在连续波泵浦阈值功率为20mW，微量子效率高达46%时，拉曼振荡的主导模态为后向。研究人员在X切LNOI芯片中，通过腔几何控制充分抑制拉曼效应，实现锁模。该研究中对拉曼效应的分析为LNOI平台上开发基于芯片的光子器件提供了指导。该研究成果发表在国际顶尖光学期刊《Light: Science Applications》上。

近年来，LNOI技术的发展为光电子邻域带来了新的机遇。由于其结构具有较高的光学约束，可以实现性能更好、功耗更低、占用空间更小的器件。LNOI平台提供了较大的二阶和三阶非线性，以及强大的色散工程，为下一代集成光子电路提供了全新的非线性光子器件和应用。LNOI平台结合了铌酸锂的材料特性和纳米光子学的集成能力，为光学和电子器件在单个芯片上的大规模集成创造了新的机遇。利用超低损耗铌酸锂纳米波导和微环谐振器的最新进展显示，研究人员已经实现了克尔光学频率梳、宽带电光梳，高效二次谐波产生和超连续谱生成。

LN是一种具有拉曼活性的晶体材料，在不同的极化结构中具有多个强振动声子分支。有证据表明，拉曼散射发生在机械抛光制造的LN光盘或回音廊谐振器。集成光子器件中的拉曼效应不仅使拉曼激光器能够以低光功率产生新的频率，而且还可以通过调整色散特性来实现非平凡的非线性相互作用，影响克尔梳的形成，电光梳的形成和超连续谱的产生。最新工作已经表明，将腔的自由光谱范围(FSR)对准拉曼增益可以生成跨度为八维的拉曼频率梳。由于晶体材料中的大拉曼增益，因此在金刚石和硅等材料中观察到拉曼散射与四波混合(FWM)之间的强烈相互作用，并提出通过控制FSR来抑制这些相互作用的策略。然而，在色散工程的单片LNOI器件中，拉曼散射及其对孤子锁模的影响仍未得到充分的研究。

本文介绍的工作在铌酸锂微谐振器中实现了拉曼激光和孤子锁模。研究人员通过选择性激发拉曼活性声子模式来表征单片铌酸锂(LN)微谐振器中的拉曼辐射光谱。在一个单片LN芯片上实现了多波长拉曼激光，并描述了不同泵浦光偏振的不同拉曼过程。相对于泵浦光，所有拉曼振荡都在向后的方向上占主导地位。研究人员实现了TE偏振光的最高泵浦-斯托克斯转换效率为46%。他们在X切LNOI芯片中，通过腔几何控制充分抑制拉曼效应，实现锁模。此外，研究人员研究了拉曼散射对克尔频率梳产生的影响，观察到拉曼效应与基于三阶非线性的FWM过程之间的非平凡相互作用形成的克尔频率梳。这项工作为深入了解LNOI平台中拉曼散射的动力学和效应提供了理论依据，这对于基于芯片的非线性光子器件的设计和开发至关重要。

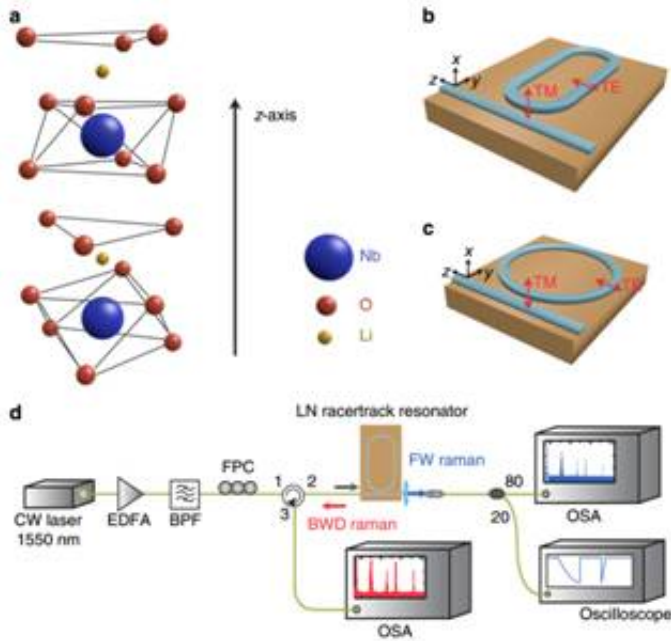


图1 实验装置。

(a) LN晶体结构示意图。晶轴沿着z轴。(b)(c) LN微谐振器在X切晶圆上的定向。一个30GHz的自由光谱范围(FSR)的跑道形谐振器用于拉曼表征。(b)一个250GHz的FSR微环谐振器用于拉曼-克尔相互作用。(c) TE和TM极化被指出。(d) 设置向前(FW)和向后(BWD)拉曼表征。EDFA掺铒光纤放大器，BPF带通滤波器，FPC光纤偏振控制器，OSA光谱分析仪。

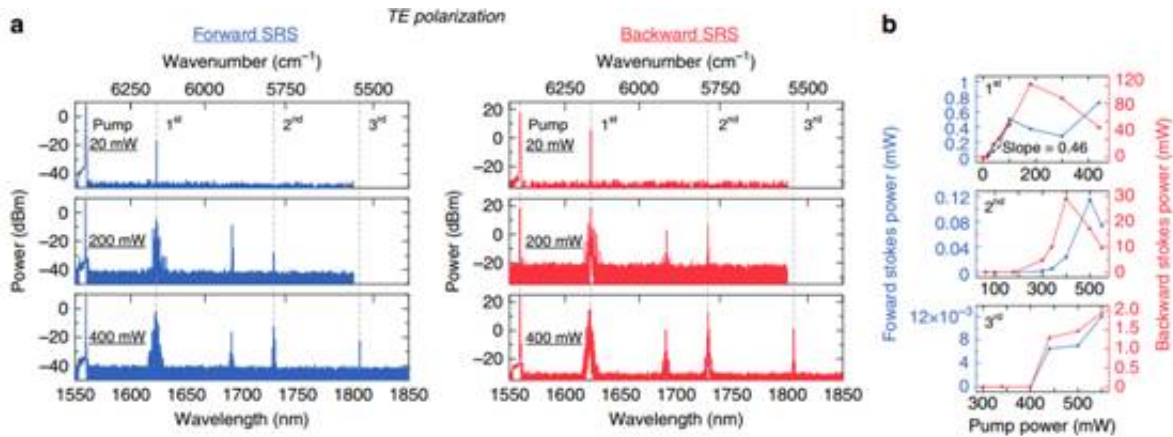


图2 X切LN跑道形微谐振器发出的TE偏振光的拉曼发射。

(a) 三个拉曼光谱(从上到下)分别为20, 200和400mW, 对应于频移为250, 628和875 cm^{-1} 的拉曼振荡阈值功率。斯托克斯和泵浦是TE极化的, 并且沿LN极性z轴。向前(蓝色)和向后(红色)的光谱都显示出来。在1691nm处也观察到来自第一斯托克斯场的级联拉曼峰。(b) 拉曼发射功率(从上到下: 1至3斯托克斯)作为泵浦功率的函数。后向的第一个斯托克斯峰值的阈值为20mW, 具有46%的高差分转换效率(线性拟合用黑色虚线表示)。当泵功率超过60mW时, 偏离线性增长的原因是微型梳状结构和其他拉曼振荡。

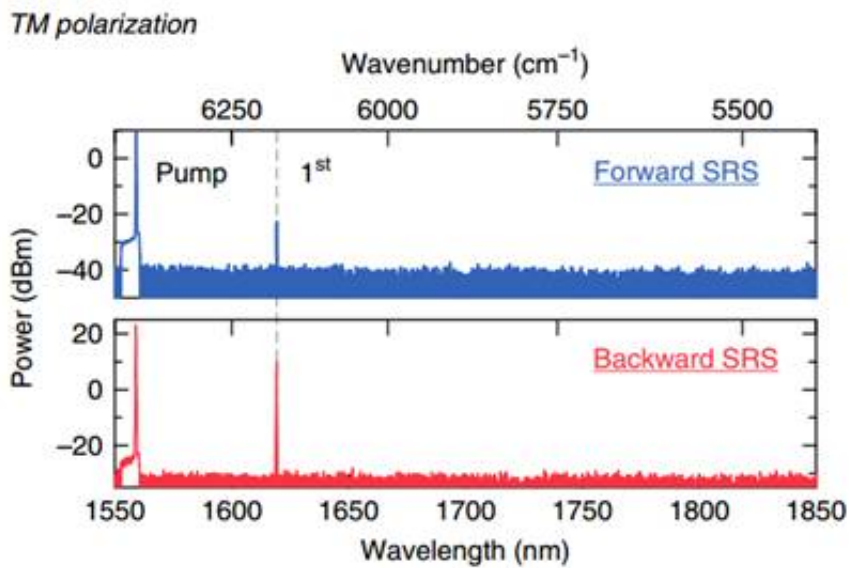


图3 TM模式(光偏振沿x轴)的拉曼发射在阈值功率为340 mW时的频移为238 cm⁻¹。

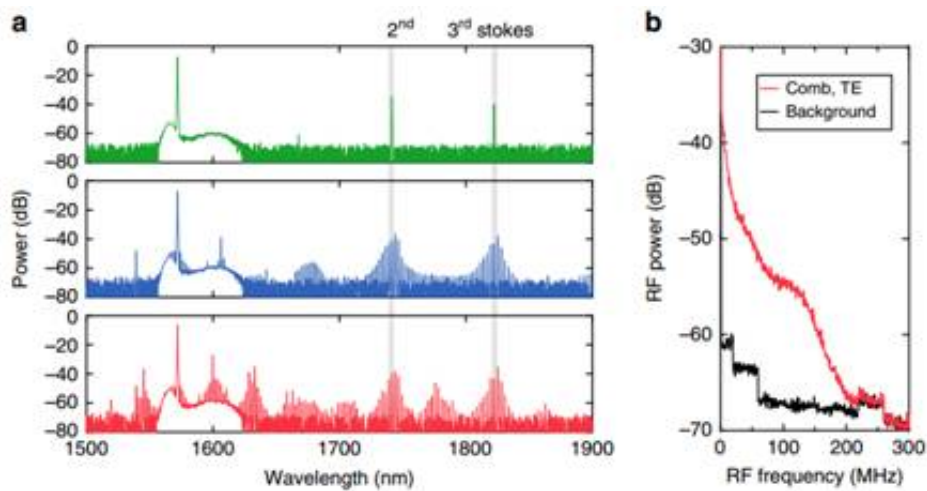


图4 TE偏振光的克尔频率梳产生。

(a) LN微谐振器作为TE模式的拉曼和克尔振荡泵浦激光器被调谐到谐振腔中(从上到下)。 (b) 与(a)中底部光谱相对应的RF频谱。

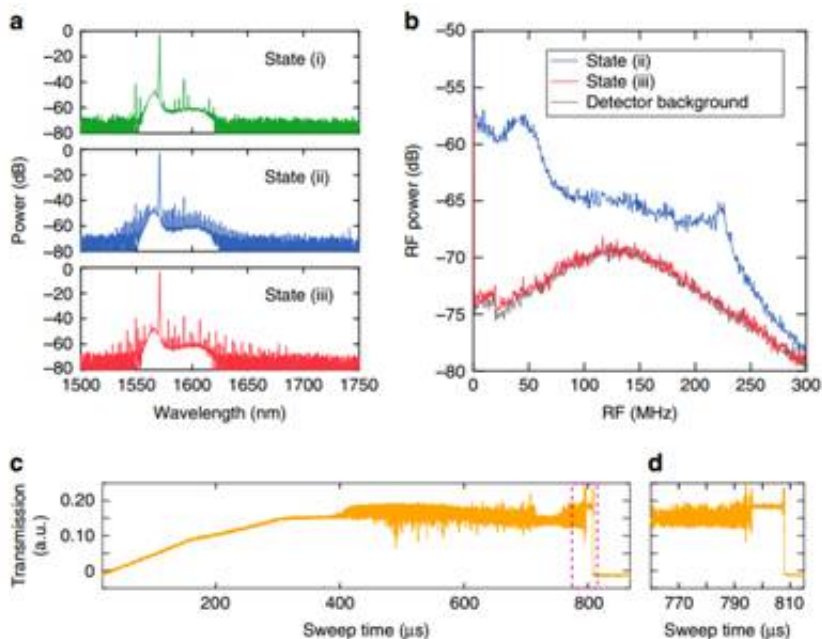


图5 TM偏振光的克尔频率梳产生。

(a)当泵浦激光器红色失谐到谐振腔谐振时（从上到下），X切LN微谐振器产生TM模式的克尔振荡。(b)与(a)中(ii)和(iii)相对应的RF频谱。(c)微谐振器输出在1570 nm以上的传输测量，不包括泵浦波长。随着波长的增加，激光被调谐到共振状态，主要受热光效应的影响。激光扫描速度为80 pm/ms。(d)放大(c)中的传输轨迹，显示孤子步的开始

（来源：科学网 叶欣）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-020-0246-7>

作者：Marko Loncar 来源：《光：科学与应用》

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](https://www.iikx.com)转发