新型光学参量放大器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/25884.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！

新型光学参量放大器。光放大器在光通信中有着至关重要的作用，但是光放大器仅限于由材料本征带隙决定的特定波长范围。相比之下，光学参量放大器（OPA）可以在几乎任何波长范围内实现增益，因此能够在传统光放大器之外实现宽带光放大。自1965年发现以来，OPA在许多领域得到了应用，如超快光谱学、光通信、光学成像、激光加工和量子光学。

为了实现OPA，需要具有高光学非线性的材料，无论是二阶（χ（2））还是三阶（χ（3））非线性，OPA已在双折射晶体、光纤和光子集成芯片中得到证实。其中，光子集成芯片具有占用空间小、功耗低、稳定性高、可扩展性强以及通过大规模制造降低成本等优点。尽管硅作为线性光子集成器件的平台具有主导地位，但其近红外波长区域明显的双光子吸收（TPA）以及由此产生的自由载流子吸收导致高非线性损耗，使得在该波长范围内很难实现显著的OPA增益。其他非线性集成材料，如氮化硅（Si3N4）、富硅氮化物、掺杂二氧化硅、AlGaAs、硫族化合物、GaP和钽酸盐，在近红外波长处的TPA要低得多，并且在过去十年中取得了重大进展。然而，其中一些材料（如氮化硅和掺杂二氧化硅）的低三阶光学非线性严重限制了它们实现高OPA增益。

最近，具有超高光学非线性和宽带响应的二维（2D）材料被集成到光子芯片上，以实现卓越的非线性光学性能，例如，通过单层过渡金属二硫化物（TMDCs）的高二阶光学非线性实现高OPA增益。2D氧化石墨烯（GO）薄膜中超高的三阶光学非线性，比硅大4个数量级，以及大带隙（> 2 eV），产生的线性损耗比石墨烯低2个数量级，更重要的是，近红外波长下的低TPA，这些优点都是实现高OPA的关键。此外，大量GO的研究已经证明与各种集成平台的高度兼容性，以及对其膜厚度和长度的精确控制能力。

澳大利亚和法国的研究人员首次报道了将2D层状GO薄膜集成到Si3N4波导上来实现增强的OPA性能的集成芯片。研究人员采用无转移、逐层涂布的方法来实现对GO薄膜厚度的精确控制，并使用光刻技术在波导包层中打开窗口，从而能够精确控制GO薄膜的长度和位置，并对具有不同GO薄膜厚度和长度的器件进行了详细的实验表征，实现了最大参数增益约为24.0 dB，比未涂覆的器件提高了约12.2 dB。通过将实验结果与理论进行拟合，研究人员分析了施加功率、波长失谐以及GO薄膜厚度和长度对OPA性能的影响，并在此过程中证明了仍有进一步提高性能的巨大潜力。这些结果验证了2D GO薄膜的片上集成在提高光子集成器件的OPA性能方面的有效性。这项工作通过引入二维材料，提供了一种实现高性能光子集成OPA的新方法。

该成果以Integrated optical parametric amplifiers in silicon nitride waveguides incorporatedwith 2D graphene oxide films为题发表在Light：Advanced Manufacturing。

图1给出了GO能带和GO薄膜包覆的Si3N4集成芯片的示意图及光学性质。与硅相比Si3N4带隙较

宽约为~5.0eV，在近红外区域产生低TPA。为了使GO与光子晶体相互作用，移除了部分二氧化硅上包层，将GO薄膜涂覆Si3N4波导的顶面上。通过原子力显微镜测量GO薄膜的厚度为~2 nm。所制造器件的高透射率和优异形态表明，基于静电附着自组装的GO涂层方法可以在窗口开口区域实现均匀的薄膜涂层，而不会出现任何明显的起皱或拉伸。值得注意的是，GO薄膜涂层方法实现了共形薄膜涂层，使GO薄膜可以直接接触和封闭集成波导。这产生了有效的光物质相互作用，并且与通常用于涂覆其他二维材料（如石墨烯和TMDCs）的薄膜转移技术相比更具有优势。GO薄膜的长度和位置也可以通过调整二氧化硅上包层上打开的窗口的长度和位置来轻松控制，这为通过改变GO薄膜参数来优化混合波导的性能提供了很大的灵活性。

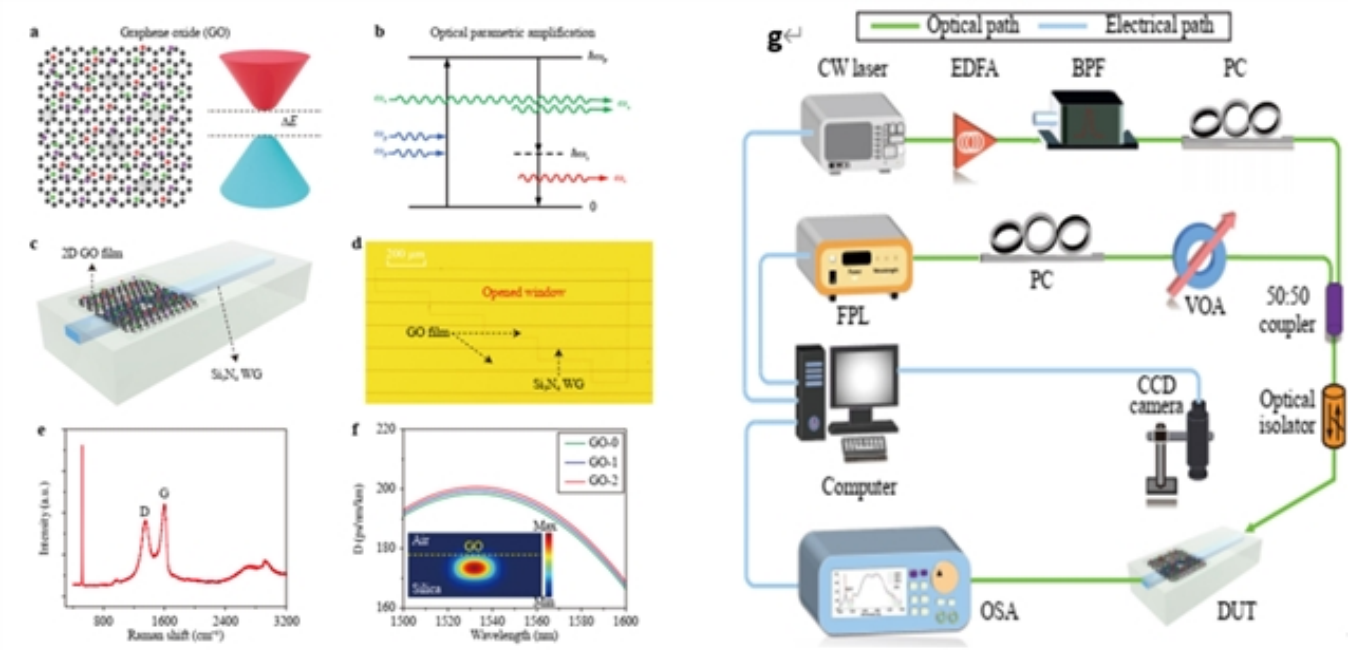


图1：a GO的原子结构和能带的示意图。原子结构中的彩色球表示各种含氧功能基团（OCFGs）。b基于光学参量过程的信号放大的示意图。c与单层GO薄膜集成的Si3N4波导的示意图。d涂有单层GO薄膜的Si3N4集成芯片的显微镜图像。e在d中测量的GO涂层Si3N4芯片的拉曼光谱。f未涂覆波导（GO-0）和具有1层和2层GO的混合波导（GO-1，GO-2）的色散图。插图显示了与单层GO薄膜集成的Si3N4波导的TE模式的分布。g为 OPA实验的实验装置。

图2a显示了计算出的PG和?PG与波长失谐?λ的关系。对于具有1层GO的器件，在?λ = − 67.0 nm和 − 80.0 nm时分别实现了最大PG为~34.7 dB和?PG为~14.7 dB。而对于2层器件，在?λ = − 61.8 nm和-57.8 nm时分别实现了最大PG为~37.6 dB和?PG为~17.3 dB。这些结果突显了通过进一步优化GO层厚度来提高器件性能的巨大潜力。

通过优化GO膜的长度LGO来研究性能提升。图2b显示了计算出的PG和?PG与LGO的关系。对于具有1层GO的器件，在LGO = ~7 mm和~9.7 mm时分别实现了最大PG为~26.3 dB和?PG为~19.9 dB。而对于具有2层GO的器件，在LGO = ~3.3 mm和~3.9 mm时分别实现了最大PG为~27.0 dB和?PG为~17.2 dB。这些结果表明，通过进一步优化GO膜的长度，OPA的性能可以得到提高。在实验中，GO膜的长度受到石英包层上打开窗口尺寸的限制（如图1d所示）。除了优化GO膜的长度外，在LGO = 1.4 mm处增加GO层的数量会使PG和?PG的值更高。这是由于具有较厚GO膜的设备的光学非线性显著增加。

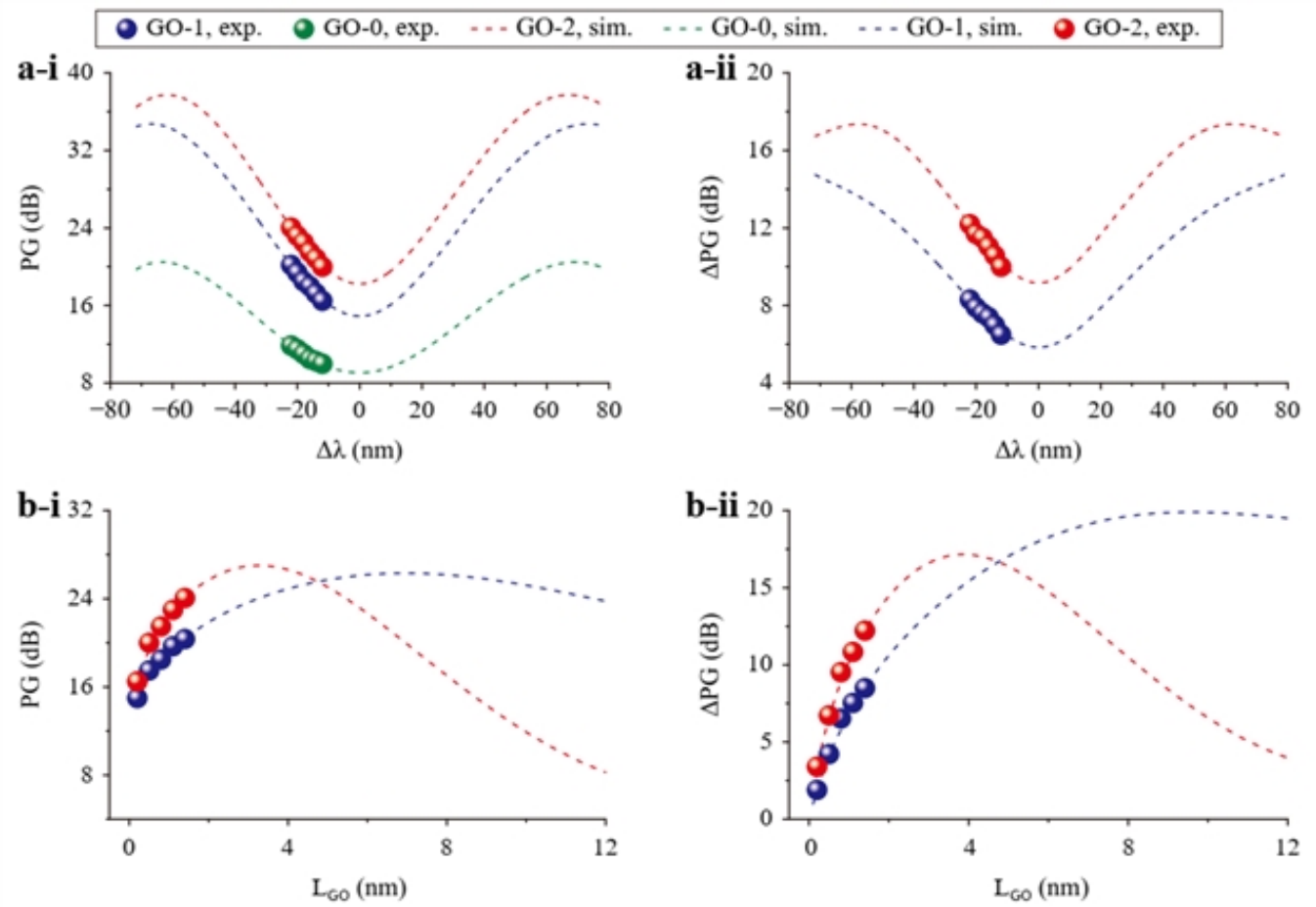


图2：a模拟的 i 参数增益 PG 和 ii 参数增益改进量 ?PG 随波长偏移量 ? λ 的变化。b模拟的 iPG 和 ii ?PG 随 GO 涂层长度 LGO 的变化。在 a 和 b
中，测量结果和拟合结果分别由数据点和虚线曲线表示。泵浦峰值功率和信号功率分别为 Ppeak = 180 W 和 Psignal = 6 mW。在 a 中，LGO = 1.4 mm。在 b 中，? λ = -22 nm。

他们的研究工作验证了2D GO薄膜的片上集成在提高光子集成器件的OPA性能方面的巨大潜力，提供了一种实现高性能光子集成OPA的新方法，对许多非线性光学应用都有重要作用。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.37188/lam.2023.039

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“ 来源 ”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：David J. Moss 来源：《光：先进制造》

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