

# 深紫外相干光源的最新进展

非线性光学

张鑫 王桂玲 陈创天

(中国科学院理化技术研究所, 北京 100190)

深紫外(DUV)相干光源是指能输出波长短于 200 nm 相干辐射的光源, 在超高分辨率光电子能谱仪的研制、半导体光刻技术、机械微加工以及生物基因工程等领域, 有着重要的应用价值。虽然准分子激光器(如 ArF 和 F<sub>2</sub> 激光器)也能产生 DUV 相干光, 但局限于某些孤立的波长(如 193.5 和 157 nm), 而且操作不方便, 从而限制了其应用范围。另外一种产生 DUV 相干光的方法是利用非线性光学晶体对全固态激光器的基频光进行多级变频, 这样产生的 DUV 相干光不但光束质量好, 操作方便, 而且波长可调谐, 从而有利于 DUV 相干光源应用的实用化与精密化。

对于全固态 DUV 相干光源, 能产生 DUV 相干光的非线性光学晶体是其核心部件, 目前最佳选择是 KBe<sub>2</sub>BO<sub>3</sub>F<sub>2</sub> (KBBF) 晶体。该晶体可通过直接倍频的方法得到 DUV 相干光, 应用起来十分方便。但由于该晶体在 c 方向很难长厚(一般 2~3 mm 厚)且易裂解, 沿相位匹配方向对它进行切割难以实现, 一般需要做成 KBBF 棱镜耦合器件(KBBF-PCD)才能应用。

2009 年, 本研究组利用一个 KBBF-PCD 器件实现了钛宝石激光器的四倍频宽调谐输出<sup>[1]</sup>, 波长调谐范围达到了 170~232.5 nm(见图 1), 这是迄今为止在紫外-深紫外波段最宽的波长连续调谐范围。与此同时, 本研究组和东京大学物性所的 Watanabe 研究组合作, 使用一台高平均功率的钛宝石激光器, 在 185~200 nm 的调谐范围内实现了瓦级 DUV 相干光输出, 在 193.5 和 200 nm 波长处的功率分别达到了 1.05 和 1.2 W(见图 2), 这是迄今为止利用 KBBF-PCD 器件产生 DUV 相干光的最高输出功率<sup>[2]</sup>。上述重大进展都是先用 BBO 晶体将钛宝石激光倍频, 然后再用得到的倍频光抽运 KBBF-PCD 器件来实现四倍频 DUV 相干光输

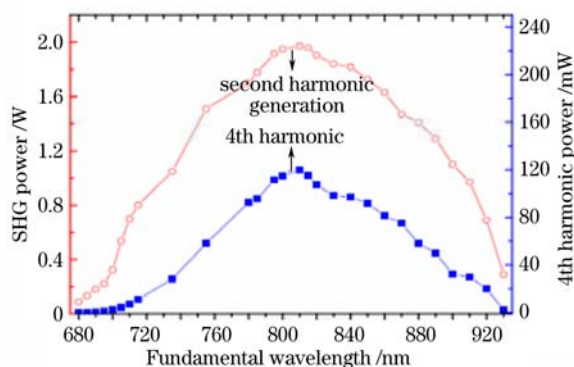


图 1 钛宝石激光器的四倍频宽调谐 DUV 相干光输出

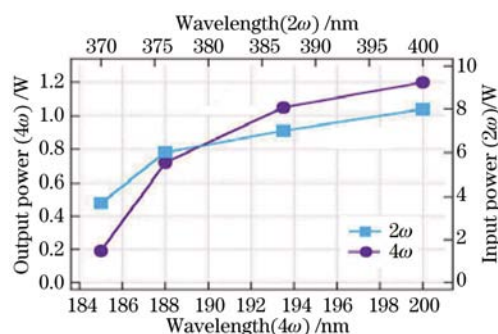


图 2 钛宝石激光器的四倍频大功率 DUV 相干光输出

出的。但二者又有所不同, 前者使用的是基频脉宽约 150 fs、重复频率 80 MHz 的准连续激光器, 抽运 KBBF-PCD 器件的倍频最大功率为 1.97 W(405 nm); 而后者使用的是基频脉宽约 340 ps、重复频率 5 kHz 的高重频激光器, 抽运 KBBF-PCD 器件的倍频最大功率为 8 W(400 nm)。而且, 后者所用 KBBF-PCD 器件中 KBBF 晶体的厚度(2.71 mm)也比前者(1.28 mm)大, 在这个尺度下, KBBF 晶体越厚, 越容易得到大功率的 DUV 相干光输出。

在全固态 DUV 相干光源的发展方面, 2009 年还有一些其他进展, 比如本研究组和日本电气通信大学的研究人员合作, 利用脉宽 1.5 ps、重复频率 82 MHz 的钛宝石激光器在 199.5 nm 波长处得到了 25 mW 的 DUV 相干光输出<sup>[3]</sup>; 本研究组和许祖彦研究组合作, 通过纳秒 Nd:YAG 激光器的六倍频获得了最高输出功率达 34.7 mW 的 177.3 nm 相干光, 是迄今为止在这个波长下得到的最高功率<sup>[4]</sup>。

总之, 在 DUV 相干光源的发展方面, 我们在 2009 年取得了很大的进步, 不但波长的可调谐范围得以拓宽, 而且 DUV 相干光的平均输出功率也大大提高。

基金项目: 国家重点基础研究项目(2004CB619001, 2004CB619006), 国家自然科学基金(50590402, 50590404)资助课题。

通信作者: 陈创天, E-mail: cct@mail.ipc.ac.cn

## 参考文献

- 1 X. Zhang *et al.*, *Opt. Lett.*, 2009, **34**(9):1342~1344
- 2 T. Kanai *et al.*, *Opt. Express*, 2009, **17**(10): 8696~8703
- 3 Y. Zhang *et al.*, *Opt. Express*, 2009, **17**(10): 8119~8124
- 4 Z. Wang *et al.*, *Opt. Express*, 2009, **17**(22): 20021~20032