

文章编号: 0258-7025(2006)09-1185-05

# 激光冷却铷原子喷泉钟的微波谐振腔设计

边风刚<sup>1,2</sup>, 魏 荣<sup>1</sup>, 吕德胜<sup>1,2</sup>, 王育竹<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院上海光学精密机械研究所量子光学重点实验室, 上海 201800; <sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要** 对自行研制的激光冷却铷原子喷泉钟的微波谐振腔进行了分析和设计, 确定了需要的微波谐振腔基本参数。对影响微波谐振腔共振频率的因素进行了分析和研究, 得到了共振频率随环境因素的变化规律。这些对调节微波腔共振频率和提高原子钟的准确度有重要意义。还对研制的微波谐振腔进行了测试, 结果表明微波谐振腔的性能满足激光冷却铷原子喷泉钟的要求。由测试结果进一步估算了微波谐振腔引起的横向腔相移。

**关键词** 量子光学; 冷原子; 微波谐振腔; 共振频率; 温度; 横向腔相移

**中图分类号** O 431.2; TN 639.1; TH 714.1<sup>+</sup>4 **文献标识码** A

## Design for Microwave Cavity in a Laser-Cooled Rb Fountain Clock

BIAN Feng-gang<sup>1,2</sup>, WEI Rong<sup>1</sup>, LÜ De-sheng<sup>1,2</sup>, WANG Yu-zhu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Quantum Optics, Shanghai Institute of Optics  
and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China  
<sup>2</sup>Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

**Abstract** The analysis and design for the microwave cavity in laser-cooled Rb fountain clock developed by ourselves were presented and the basic parameters of the microwave cavity developed were designed in this paper. Based on the analysis to the factors of affecting the resonant frequency of the microwave cavity, the laws of the resonant frequency with surroundings factors were obtained, which are very important significance to improve the accuracy of the atom clock and to adjust the resonant frequency of the microwave cavity. Finally, the microwave cavity developed was tested and the test results indicated that the performance of microwave cavity met the requirements for laser-cooled Rb fountain clock. The transverse phase shift from the microwave cavity was evaluated by the test results.

**Key words** quantum optics; cold atom; microwave cavity; resonant frequency; temperature; transverse phase shift from the microwave cavity

## 1 引 言

为了获得更高的频率基准和满足全球定位系统 GPS(原子钟是 GPS 的核心)的需要, 各国研究院纷纷研制冷原子喷泉钟, 多数为铯原子喷泉钟, 它们达到的频率准确度比传统的铯原子钟频率基准提高了一个数量级, 达到  $10^{-15}$  量级。例如: 德国物理技术研究院(PTB)研制的<sup>133</sup>Cs 喷泉钟 CSF1<sup>[1]</sup>, 美国国家标准局(NIST)研制的<sup>133</sup>Cs 喷泉钟 NIST-F1<sup>[2]</sup>,

法国巴黎天文台研制的<sup>133</sup>Cs 喷泉钟 FO1 和<sup>133</sup>Cs<sup>87</sup>Rb 双喷泉钟 FO2<sup>[3]</sup>。我国冷原子喷泉钟的研制也有显著成就, 中国计量科学研究院成功地研制了<sup>133</sup>Cs 喷泉钟 NIM4<sup>#</sup><sup>[4]</sup>。<sup>87</sup>Rb 喷泉的碰撞频移比<sup>133</sup>Cs 小 50 倍<sup>[5]</sup>, 因此<sup>87</sup>Rb 喷泉的研究对提高原子钟的稳定度和准确度有更深远的意义。冷原子喷泉钟利用激光冷却和囚禁技术捕获的超冷原子为工作介质, 上抛原子在竖直方向自由飞行, 在重力作用下

收稿日期: 2006-05-09; 收到修改稿日期: 2006-06-05

基金项目: 国家自然科学基金(60008002)资助项目。

作者简介: 边风刚(1977—), 男, 河北鹿泉人, 中国科学院上海光学精密机械研究所博士研究生, 主要从事量子光学方面的研究。E-mail: fenggangbian@mail.siom.ac.cn

导师简介: 王育竹(1932—), 男, 河北正定人, 量子光学专家, 中国科学院院士, 中国科学院上海光学精密机械研究所研究员, 主要从事量子光学原子钟与冷原子物理方面的研究。E-mail: yzwang@mail.shcnc.ac.cn