

He/Ne 激光陀螺气体放电特性的仿真研究^{*}

马儒坤, 王国栋, 钱 都, 黄 俊, 徐秋赋

(合肥工业大学机械工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 针对激光陀螺仪谐振腔内部 He/Ne 混合气体的辉光放电特性进行研究, 通过建立相应的二维流体模型, 利用 COMSOL 有限元法数值求解了基本物理方程, 得到了放电电压、电流以及带电粒子密度空间分布等放电特性, 分析讨论了外加电压、混合气体压强以及混合气体比例对谐振腔内部混合气体放电特性的影响。结果表明: 随着外加电压的提高, 维持电压不断增大, 电子密度和 He⁺、Ne⁺ 数密度均不断增加, 且电子密度的增加幅度高于 He⁺、Ne⁺ 数密度的增加幅度; 随着气压的增加, 维持电压逐渐增大, 电子密度和 He⁺ 数密度先增大后减小, 电子密度极值为 $5.85 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$, Ne⁺ 数密度稍有减小; 随着气体组分中 Ne 质量分数的增加, 维持电压逐渐增大, 电子密度、He⁺ 数密度逐渐增加, 且增加幅度大致相当, Ne⁺ 数密度基本保持不变。

关 键 词: 激光陀螺; 气体放电; 电子密度; 离子密度; He/Ne

中图分类号: O461

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2022)05-0074-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.05.13

Simulation Study on Gas Discharge Characteristics of He/Ne Laser Gyro

MA Ru-kun, WANG Guo-dong, QIAN Du, HUANG Jun, XU Qiu-fu

(School of Mechanical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The glow discharge characteristics of He/Ne gas mixture in the resonator of laser gyroscope are studied. By establishing the corresponding two-dimensional fluid model, the basic physical equations are numerically solved by COMSOL finite element method, and the discharge characteristics such as discharge voltage, current and spatial distribution of charged particle density are obtained. The effects of applied voltage, mixed gas pressure and mixed gas ratio on the discharge characteristics of mixed gas in the resonator are analyzed and discussed. The results show that with the increase of applied voltage, the maintenance voltage, electron density, He⁺ and Ne⁺ number density increase, and the increase range of electron density is higher than that of He⁺ and Ne⁺. with the increase of air pressure, the maintenance voltage increases gradually, the electron density and He⁺ number density first increase and then decrease, and the extreme value of electron density is $5.85 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$, the number density of Ne⁺ decreases slightly. With the increase of Ne mass fraction in the gas, the maintenance voltage, electron density and He⁺ number density increase gradually, and the increase range of electron density and He⁺ number density is roughly the same, and the Ne⁺ number density remains basically unchanged.

Key words: laser gyro; gas discharge; electron density; ion density; He/Ne

激光陀螺是基于 Sagnac 效应原理所设计的一种高精度角度转动敏感器件, 由于其具有测量动态范围宽、灵敏度高、成本低、启动时间短、性能稳定、可靠性高等一系列的优点, 广泛应用于大型民用客机、军用飞机、运输机、导弹、火箭和航天飞机上^[1-3]。激光陀螺普遍使用氦氖混合气体

作为增益介质产生激光进行工作, 目前针对激光陀螺在自锁效应、小型化发展、零偏稳定性、失效机理等方面有着广泛的研究^[4-9], 但针对激光陀螺内部的气体放电特性开展的研究还不多见。

激光陀螺气体放电模型为辉光放电形成等离子体。国内外针对气体放电的研究非常广泛,

收稿日期: 2021-12-17

作者简介: 马儒坤(1997-), 男, 山东东营人, 硕士生。 通讯作者: 王国栋, 博士, 硕导。

^{*} 基金项目: 安徽省高等学校省级质量工程资助项目(4116000024)。