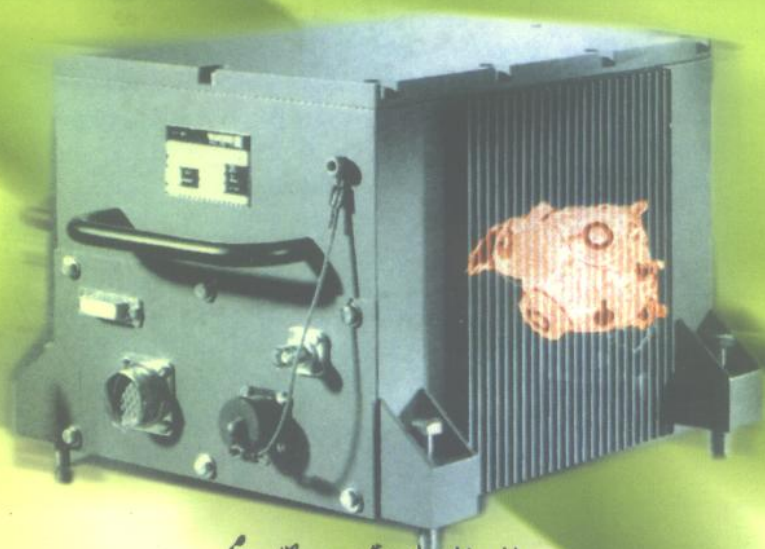


杨培根 龚智炳 等编著

光电惯性技术



兵器工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

光电惯性技术/杨培根等编著. —北京:兵器工业出版社,
1999.9

ISBN 7-80132-676-8

I. 光… II. 杨… III. 光电技术-惯量 N TN201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 11009 号

出版发行:兵器工业出版社

责任编辑:张凤英

责任技编:魏丽华

社 址:100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:北京黄坎印刷厂印装

版 次:1999 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1—1200

封面设计:底晓娟

责任校对:冯荣芹

责任印制:王京华

开 本:850×1168 1/32

印 张:8.625

字 数:219.24 千字

定 价:18.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

内 容 简 介

陀螺作为一种惯性测量器件,是平台导航、导弹制导、瞄准稳定等必不可少的部件。近一二十年来,随着光电技术的发展,出现了一批基于光电原理、光电器件或光电加工技术的新型陀螺。它们已成为传统机电陀螺的强有力的竞争对手。本书全面、系统地介绍了激光陀螺、光纤陀螺、半球谐振陀螺、石英音叉陀螺等新型陀螺的基本工作原理、结构、特点、设计考虑、发展状况以及在此基础上开发的光电惯性导航、光电惯性制导等技术和装置,可供光电技术、惯性技术及相关技术领域的科研、生产、教学、管理部门及军事部门的广大科技人员参阅。

前 言

光电技术是一个蓬勃发展的高新技术领域。各种新型光电器件和装置层出不穷,被广泛应用于军事领域和国民经济各个部门,发挥着愈来愈大的作用。光电技术渗入、应用于其它技术领域,与其结合,使一大批原理上可行、但技术上曾经是难以实现的设想成为现实,孕育出令人眼花缭乱的各种新型器件、设备、装置和系统。

陀螺这种惯性测量器件,在传统上是一种精密的机械装置,但光电技术的发展打破了人们的这种传统观念。激光陀螺、光纤陀螺等纯光电惯性测量器件,以其优异的性能受到惯性技术领域广大科技人员的关注。现代光学加工、光学/光电材料等技术与电子、微电子技术等相结合,则产生了半球谐振陀螺、石英音叉陀螺等全新的惯性测量器件。这些新型的光电惯性测量装置,已经大量应用于导航、制导、平台稳定等领域,成为传统机械陀螺的有力竞争对手。光电惯性技术,作为一个新兴的技术领域,正在如雨后春笋一样迅速地发展着。

本书全面、深入、细致地论述了激光陀螺、光纤陀螺、半球谐振陀螺、石英音叉陀螺等的工作原理、结构、特点、设计思想、关键技术及其发展、应用情况,既有严谨的理论推导,又有深入浅出的分析论述;既包含了光电惯性技术领域的最新发展成果,也包含了作者科研工作的心得体会。可以相信,光电技术、惯性技术及其相关应用技术领域的广大科研、工程、教学、管理人员都可以从书中获得有用的信息和启示。

本书是在兵器科学研究院的大力支持下,由兵器工业总公司所属研究所、院校的专家、教授和专业技术人员共同编著的。其中,第一章由张莹、陈家斌编著;第二章由杨大林编著;第三章和第四

章由龚智炳、郭栓运编著；第五章由孙雨南编著；第六章由杨培根、杜丽辉和缪玲娟编著。全书由杨培根、龚智炳筹划；由杨培根、杜丽辉统审定稿。在编著过程中，得到了张世埏的具体指导和帮助。

由于编者水平的限制，本书难免存在一些错误和不当之处，敬请读者批评指正。

编著者

1999 年 2 月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 惯性技术及其发展	(1)
第二节 光电惯性技术及其发展	(6)
第二章 激光陀螺	(12)
第一节 概述	(12)
一、激光陀螺的性能特征	(12)
二、发展历史、现状及发展方向	(13)
第二节 激光陀螺的工作原理	(21)
一、Sagnac 效应	(21)
二、环形行波谐振腔的频差	(25)
三、激光陀螺的构成	(29)
四、激光陀螺的灵敏度、极限精度和动态范围	(30)
五、激光陀螺的种类	(32)
第三节 激光陀螺的核心——环形激光器	(36)
一、环形激光谐振腔稳定工作条件	(36)
二、用于激光陀螺的环形激光器应满足的 基本条件	(38)
三、He—Ne 环形激光器的结构	(40)
四、He—Ne 环形激光器的工作波长和模式竞争	(43)
五、He—Ne 环形激光器的放电激励方式	(45)
第四节 激光陀螺的偏频技术	(51)
一、机械抖动偏频技术	(52)

二、磁镜交变偏频技术·····	(54)
三、速率偏频技术·····	(56)
四、四频差动技术·····	(59)
第五节 激光陀螺程长控制技术 ·····	(80)
一、激光陀螺程长控制的必要性·····	(80)
二、程长控制的基本方法·····	(81)
三、程长控制电路·····	(83)
第六节 激光陀螺信号读出和处理 ·····	(86)
一、激光陀螺信号读出系统·····	(86)
二、判向与计数处理电路·····	(89)
第三章 光纤陀螺 ·····	(95)
第一节 光纤陀螺原理与特点 ·····	(95)
一、Sagnac 效应及光纤陀螺原理 ·····	(95)
二、光纤陀螺的检测极限·····	(98)
三、光纤陀螺的特点 ·····	(101)
第二节 光纤陀螺光学系统构成及分类 ·····	(101)
一、光学系统的互易性及灵敏度最佳化手法 ·····	(101)
二、光路系统的基本构成 ·····	(106)
三、光路系统的分类 ·····	(107)
第三节 光纤陀螺用功能元件 ·····	(112)
一、光源和探测器 ·····	(112)
二、光纤定向耦合器 ·····	(113)
三、光纤偏振器 ·····	(114)
四、光纤消偏器 ·····	(117)
五、光纤相位调制器 ·····	(117)
六、光纤及光纤圈 ·····	(119)
七、集成光学芯片 ·····	(122)
第四节 光纤陀螺信号处理及检测 ·····	(123)

一、Sagnac 相移检测的基本方法	(123)
二、开环与闭环检测的工作原理	(124)
三、几种典型的检测方案	(125)
第五节 光纤陀螺的噪声和性能指标	(143)
一、光纤陀螺的噪声分析	(143)
二、光纤陀螺的性能指标	(148)
参考文献	(151)
第四章 半球谐振陀螺	(152)
第一节 概述	(152)
一、半球谐振陀螺的原理及构成	(152)
二、半球谐振陀螺发展概况	(156)
三、半球谐振陀螺的特点	(157)
第二节 半球谐振陀螺的理论分析	(158)
一、半球谐振子动力学分析	(158)
二、超半球壳体旋转的动力学方程	(167)
三、组合壳体的固有谐振频率及进动因子	(173)
第三节 半球谐振子的结构参量	(178)
一、半球谐振子的结构参量	(178)
二、谐振子结构参量对 k 及 ω 的影响。	(180)
第四节 半球谐振陀螺的信号检测	(185)
一、半球谐振陀螺的闭环检测	(185)
二、半球谐振陀螺振动信号的拾取	(189)
三、半球谐振陀螺信号检测电路	(190)
参考文献	(193)
第五章 石英音叉陀螺	(194)
第一节 概述	(194)
一、石英音叉陀螺特点	(194)

二、石英音叉陀螺的发展	(195)
第二节 石英速率传感器原理	(198)
一、哥氏力和转动角速度	(198)
二、石英晶体与压电效应	(199)
三、石英音叉的振动模式与压电梁分析	(207)
四、石英音叉速率传感器(QRS)工作原理	(212)
第三节 石英音叉速率传感器结构与性能	(215)
一、石英音叉基本结构	(215)
二、驱动电路与检测电路	(219)
三、石英音叉加工与安装	(220)
四、石英速率传感器的性能指标	(222)
第四节 数字石英惯性测量装置	(225)
一、惯性传感器组件(ISA)	(225)
二、惯性测量装置电路	(229)
三、惯性测量装置的封装	(229)
参考文献	(230)

第六章 光电惯性技术的应用

第一节 惯性导航与惯性制导概述	(232)
一、惯性导航	(232)
二、惯性制导	(235)
第二节 在航空惯性导航中的应用	(239)
一、航空惯性导航的需求	(239)
二、机载光电惯性导航系统的发展	(240)
第三节 在地面惯性导航中的应用	(247)
一、地面导航的需求和实现途径	(247)
二、地面光电惯性导航系统的结构和工作原理	(248)
三、地面光电惯性导航系统的发展	(249)
第四节 在惯性制导中的应用	(258)

第一章 概 述

第一节 惯性技术及其发展

惯性技术是惯性敏感器、惯性稳定、惯性导航、惯性制导和惯性测量等技术的统称,是一项涉及多学科的高新技术,是现代武器系统中一项基本支撑技术。

早在 1852 年,傅科就首先将高速旋转的刚体称为陀螺,并根据其定轴性原理在实验室定性地演示了地球自转现象。1906 年和 1911 年,安修兹和斯佩里分别研制出了原理相同、结构不同的陀螺罗盘。此后,航向陀螺仪、陀螺垂直仪及自动驾驶仪等产品相继问世,以满足火炮控制和航空业的需要。1942 年,德国在二次世界大战中使用的 V—2 导弹上首次安装了用惯性敏感器组成的制导系统,除了用陀螺仪测量和控制导弹的姿态外,还应用了摆式积分陀螺加速度表测量导弹的纵向速度并控制发动机的关机时间。虽然 V—2 的惯性制导系统的精度不高,但它是第一个可供实际使用的惯性制导系统,为惯性器件的应用开辟了一个新领域。

二次世界大战后,随着武器系统性能的不断提高,对惯性技术的要求越来越高,惯性技术在武器系统中的作用越来越大,已成为现代武器装备中的一项关键支撑技术,在现代高技术战争中已显示出其强大威力,其作用将是不可替代的。

陀螺(仪)和加速度计是惯性技术的两大关键器件。陀螺主要有液浮陀螺、动力调谐陀螺、静电陀螺、激光陀螺、光纤陀螺以及半球谐振陀螺、石英音叉陀螺等。加速度计主要有摆式积分陀螺加速度计、石英挠性加速度计、液浮摆式加速度计和振梁式加速度计

等。

液浮陀螺、静电陀螺和动力调谐陀螺是目前应用广泛、技术成熟的三种自旋质量陀螺,具有惯性系统所要求的低噪声和低偏置误差。

在 20 年代初期,人们开始探索液浮支撑技术。到 1956 年,用铍材作为液浮陀螺的主要材料,大大提高了陀螺的工作稳定性。采用三浮支承技术、精密温度控制、直流永磁同步电机等一系列措施后,陀螺漂移提高到 0.001° 量级。洛克威尔公司研制的 G7B 单自由度液浮速率积分陀螺零偏稳定性为 $0.001^\circ \sim 0.0005^\circ/\text{h}$,斯佩里公司研制的 MK1 Mod3 单自由度液浮陀螺零偏稳定性为 $0.001^\circ/\text{h}$ 。由高精度液浮陀螺和液浮加速度计组成的稳定平台系统,在中远程导弹、飞机、舰船中获得了广泛应用,如“雷神”中程地—地导弹、“大力神”洲际地—地导弹、“北极星”及“海神”中程潜—地导弹、“MX”陆基洲际导弹及“三叉戟”潜—地洲际导弹等。

自 50 年代初期美国伊利诺斯大学 A. Nordsieck 教授提出静电陀螺设想以来,静电陀螺技术有了飞速发展。美国霍尼韦尔公司研制的平台式静电陀螺——SPIN—Gyro,常值漂移速度优于 $0.0004^\circ/\text{h}$,洛克威尔公司研制的捷联式静电陀螺随机漂移小于 $0.01^\circ/\text{h}$ 。霍尼韦尔公司 1970 年研制成功的 AN/ASN—101 平台式机载静电陀螺导航系统的定位精度为 0.1 n mile/h ,1976 年将该系统改成标准化系统 SPN—GEANS,主要装备 B52 战略轰炸机,系统长时间定位误差达 0.02 n mile/h 。增加专用软件后,SPN—GEANS 可用于大地测量,称为 GEO—SPIN 精密标准静电陀螺大地测量系统,其水平和高程定位精度优于 0.5 m 。该系统可同时完成重力测量,相对重力测量精度 $2'' \sim 4''$,重复性为 $0.1'' \sim 0.5''$ 。奥特奈蒂克斯公司 1974 年研制成功静电陀螺监控器 (ESGM),1979 年装备于第一艘三叉戟核潜艇。捷联式静电陀螺导航仪 MICRON 主要装备飞机和飞航导弹,其发展型 N2000 可供水面舰艇使用,N73H 捷联系统定位精度为 0.1 n mile/h 。

动力调谐陀螺发明于 60 年代初,由于其具有成本低、反应快、尺寸小的特点,因而在大多数战术和商业应用中占领了很大的市场。至 80 年代初,动力调谐陀螺已相当成熟,利顿公司为舰船惯性系统研制的高精度 K—400 动力调谐陀螺逐日漂移达 $0.003^{\circ}/\text{h}$, K—295 捷联式动力调谐陀螺逐日漂移 $0.013^{\circ}/\text{h}$ 。目前,有些国家仍十分重视其发展,研究重点主要放在提高精度、动态性能和工作寿命,减小噪声与功耗,实现小型化和陀螺、线路一体化。利铁夫公司向市场推出的 LKS—91 陀螺系统产品,将陀螺、再平衡线路、信号处理电路、电源组合成一体,既有模拟输出,也有数字输出。动力调谐陀螺惯性导航与制导系统已在许多领域得到应用。以色列 GONS 火炮定向导航系统方位瞄准精度小于 1 密位(mil)(1σ),水平定位精度小于行程(CEP)的 0.15%。

激光陀螺和光纤陀螺是没有自旋质量的固态陀螺。从 1961 年提出激光陀螺的概念至 1983 年进入批生产,研制周期长达 20 年。世界上生产激光陀螺的公司主要集中在美国,俄罗斯、日本、法国也有自己的产品。1983 年霍尼韦尔公司已可批量生产精度为 $0.003^{\circ}/\text{h}$ 的激光陀螺。激光陀螺惯性导航系统已开始用于军事和民用领域。霍尼韦尔公司军用型组件式定位定向系统——MAPS 在海湾战争中应用效果很好。美国军用飞机标准惯性导航系统——H—764G,定位误差小于 $0.54\text{n mile}/\text{h}$,水平定位误差小于 3.3m。加拿大卡尔加里大学研制的测量型激光陀螺系统达到了测后定位误差小于 1m 的水平。

光纤陀螺是全固态陀螺,目前采用的技术方案主要是干涉型和谐振腔型。近年来,干涉型光纤陀螺有了很大的发展,已进入生产阶段并投入使用。德国利顿技术公司研制的 LCR—92 μAHR S 光纤陀螺捷联基准系统已于 1994 年取得美国联邦航空局(FAA)适航证,美国宇航局(NASA)已将 LCR—92H 用于训练宇航员用的改进型 T—38 教练机。日立公司研制的 HOFG—3 陀螺用于商用轿车导航系统,HOFG—3000 用于钻井测量,陀螺零位漂移为

0.05°/h。利顿公司 1995 年公布的光纤陀螺新样机用于波音 777 飞机。闭环干涉型光纤陀螺在一定的环境条件下其偏值稳定性可达 $0.01^{\circ}\sim 0.005^{\circ}/\text{h}$ 。谐振腔型光纤陀螺采用一个短的闭环光纤作为谐振光波导,与干涉型光纤陀螺仪相比,具有体积小、成本低的优点,但目前精度较低。此外,深冷型光纤陀螺和布里渊环形激光陀螺也在研制中。

微机械惯性传感器是集微型精密机械、微电子学、半导体集成电路工艺等新技术于一身的世界前沿性新技术,它的出现将使惯性技术产生一次新的飞跃。在单晶硅、石英晶体、铌酸锂等电光材料芯片上应用光刻、腐蚀、沉积、离子注入、键合等微机械加工技术批生产的微机械惯性传感器具有成本低、体积小、质量轻、功耗小、可靠性高、易于实现数字化和智能化等优点。微机械惯性传感器的研制成功把旋转的或非旋转的惯性传感器从宏观概念向微观世界推进了一大步,它在军民两方面有着广泛的应用前景。美国洛克威尔公司和模拟器件公司已有低精度的微机械陀螺和微机械加速度计产品,用于汽车驾驶安全防护。模拟器件公司研制的 ADXL50 叉指式电容加速度计的灵敏度为 $20\text{mV}/g$,量程为 $\pm 50g$ 。德雷珀实验室研制的整块式硅加速度计样机偏置稳定性为 $260\times 10^{-6}g$ 。此外,日本、欧洲一些发达国家以及俄罗斯都已组织力量,正在这一领域积极开展工作。从综合性能看,属于低精度范围的微机械惯性传感器最适用于短时工作的战术武器(如战术导弹、精确制导炸弹和智能炮弹等),在偏置稳定性大于 $15^{\circ}/\text{h}$ 的低成本场合,微机械惯性传感器的地位是不可动摇的。此外,在火控系统、雷达天线稳定、机器人、油井钻探、工业自动化、医用电子学等领域也有广阔的应用前景。

回顾惯性技术的发展历史,它经历了从单个仪表至单一系统、综合系统的发展过程。本世纪初,装甲军舰需要磁罗盘和六分仪以外的可靠的导航仪器,因而陀螺罗经和航海时钟成为研制的热点,陀螺产业开始形成。二次大战及战后,导弹、卫星的出现及飞机、舰

船和战斗车辆的发展,为惯性技术的发展提供了原动力。现代精密制造工艺、计算机及大规模集成电路技术的飞速发展,为惯性系统实现小型化及提高惯性敏感器的精度提供了技术基础。随着高运算速度和大存储容量计算机的出现,以及现代控制理论的发展和误差处理技术的应用,使多传感器组合技术得以实现,从而体现了以惯性系统为主的综合信息管理的优越性。

惯性系统正在逐步由机电式系统向智能式系统、分布式系统方向发展。

平台式惯性系统在航空、航天、航海及兵器、测量等领域得到了广泛应用。随着新技术的不断出现,捷联式惯性系统已日益引起人们的重视并得到迅速发展,在大量的战术武器上已采用捷联式惯性装置。除了显著降低成本外,在采用冗余度敏感器实现容错设计方面,捷联系统比平台系统更为有效。

惯性组合系统是导航与制导系统发展的大趋势。应用一个或多个辅助敏感器,如多普勒雷达、罗兰 C 导航系统、数字地图、星体跟踪器、大气数据计算机以及 GPS、GLONASS 等,与惯性系统组合,使陀螺漂移产生的位置误差达到有界,从而提高系统的性能。惯性组合系统将向深组合、多传感器容错组合、多模态多功能组合及智能化方向发展。

由于高新技术的不断出现,尤其是数字计算机技术的飞速发展,使智能式制导、导航和控制系统成为可能。数字计算机运算速度和存储能力的增长允许采用精确的制导和导航算法以及更为成熟的误差补偿技术,开发出具有附加属性的新系统,使之在变化的、不定的环境下具有达到目的、完成任务的能力。这种新的增强型系统称为智能式制导、导航和控制系统,它具有的新属性是经典式制导、导航和控制系统所没有的,这种新能力是由环境传感器、数据融合、自动规划与决策来实现的。

目前的制导、导航与控制系统都是对单独的动载体进行制导、导航与控制,一些新技术的进展已允许将智能式制导、导航与控制

系统发展为分布式的制导、导航和控制系统,它包含地面、空中和空间的许多不同的资源。每个资源拥有位置和状态的信息以及发送和接收信息的能力。分布式制导、导航和控制的问题是如何管理这些分布的资源,并在动态环境下来执行它们共同的任务。

微机械、微电子技术和计算机技术的迅速发展,以及高精度卫星导航 GPS 技术的成熟应用,对惯性技术的发展产生了深远影响。惯性敏感器向全固态型发展,惯性系统向以惯性为基础的组合系统发展,惯性技术进一步从主要为军用向军民两用方向发展。在当今时代,无论在军用或民用领域,降低尺寸和价格/性能比将是惯性技术进入大规模应用的主要驱动力。

第二节 光电惯性技术及其发展

70 年代的惯性测量装置已经能满足大多数军用航空器、地面车辆等的导航、制导、稳定要求。其中,陀螺,无论是早期的滚珠轴承陀螺,还是后来发展起来的液浮陀螺、挠性陀螺和静电陀螺,都有一个共同的特点,就是采用高速转子。由于高速转子容易产生质量不平衡问题,容易受到加速度的影响,而且需要一段预热时间转速才能达到稳定,因此研制没有高速转子的陀螺一直是人们极为关心的问题。另一方面,随着作战平台和武器系统的不断发展,其惯性导航系统、惯性制导系统及平台稳定系统对惯性测量装置提出了更高的要求,即减少系统的体积、质量、功耗、采购费用,增加可靠性(平均故障间隔时间),降低维修费用,从而减少其寿命周期成本。军用惯导系统和平台稳定系统更高的使用要求,以及“转子”陀螺本身不能克服的缺陷,促使非“转子”陀螺应运而生。这些新型陀螺,如激光陀螺、光纤陀螺等光子型陀螺,半球谐振陀螺、石英音叉陀螺等振子型陀螺,都摒弃了“转子”,实际上是一种具有陀螺功能的光电装置或机电装置。另一种惯性器件——加速度计也向振子型、光子型和电子型的方向发展。由于这些新型惯性器件采

用的原理或制造技术均涉及现代光电技术,因此本书将它们归入光电惯性技术范畴。

从 60 年代开始,随着光电子技术、微电子技术的迅猛发展,光电惯性技术的发展也异常迅速。1960 年第一台激光器问世,1961 年美国人麦塞克(Macek)就提出了用环形激光器测量转速的理论。1963 年美国斯佩里公司在实验室中首次成功地实现了环形激光陀螺的运转。1966 年研制出有可能实用的激光陀螺。然而由于精度和寿命达不到要求,阻碍了激光陀螺的实用。在经过数年的研究,解决了漏气、封接、镀膜等难题后,于 1975 年在战术飞机上试飞成功。从此,各国竞相发展激光陀螺,使激光陀螺迅速进入实用阶段。在 80 年代,激光陀螺已经成功地用于飞机和地面车辆导航、舰炮稳定等,开始取代机械陀螺,并进行了用于导弹、运载火箭等的试验。美、英、法、德、日、俄等国都已生产激光陀螺。第一代激光陀螺技术已基本上成熟。进入实用的激光陀螺主要采用机械抖动偏频方案来解决闭锁效应问题。而采用恒定机械转动偏频方案的激光陀螺精度最高。现在发展的第二代激光陀螺技术尽管在消除低转速时闭锁效应方面具有独特的优点,但由于其结构工艺、纵向磁屏蔽工艺等的困难,直到 1986 年才取得突破性进展。目前利用法拉第磁光效应提供偏频的左右旋法拉第陀螺被认为是能够实现高精度陀螺的基本方案。

光纤陀螺与环形激光陀螺的原理相同。光纤陀螺大致可分为干涉型光纤陀螺和谐振腔型光纤陀螺两种。闭环干涉型光纤陀螺是一种较精密、较复杂的光纤陀螺,应用于中等精度的惯性导航系统。干涉型光纤陀螺的技术关键在于集成光学器件技术的发展,它需要集成光学的耦合器和相应的相位调制器。谐振腔型光纤陀螺可能具有最高精度,但目前还处于基础研究阶段。在工作原理上,谐振腔型光纤陀螺比干涉型光纤陀螺更接近激光陀螺。这种光纤陀螺的技术难题在于获得干涉特性好的半导体光源和相应的集成光学器件。

从 1976 年光纤陀螺原理论证开始,其后十几年内世界各国一直在研究光纤陀螺技术。70 年代末,光纤陀螺进行了成功的演示,显示了优良的性能和巨大的发展潜力,受到普遍的关注。1985 年第一批低精度的光纤陀螺(漂移速度 $1^{\circ}\sim 10^{\circ}/\text{h}$)产品问世,开始得到应用。目前,惯导级高精度光纤陀螺(漂移速度为 $0.01^{\circ}\sim 0.001^{\circ}/\text{h}$)也已进入了产品研制和生产阶段,并将在实际应用领域中与环形激光陀螺展开竞争。光纤陀螺的发展是以低损耗光纤和小型可靠的半导体光源的发展为前提条件。它仅由轻便固体元件组成,是全固态器件,无机械活动部分,无物理相位接口,可制作得非常坚固。光纤陀螺具有以下几个优点:能经受振动、加速度冲击($10000\sim 20000g$);工作寿命和存放期限长,动态范围宽($>1000^{\circ}/\text{s}$);响应时间短($<1\text{ms}$);启动快,功耗低,质量轻;成本与精度比最优;不受温度的影响。与激光陀螺相比,光纤陀螺不需要精确加工和仔细密封的光学腔,不需要高品质反射镜,大大降低了复杂性,因而大大降低了生产成本。而且利用不同规格的基本元件,就可构成适合不同要求的高、中、低级光纤陀螺,因而具有极大的设计灵活性。目前某些光纤陀螺已经优于尺寸相当的激光陀螺。一些专家预计,下一代的惯性测量装置必定使用光纤陀螺,而不是激光陀螺。许多开发激光陀螺的厂家也在积极研制和应用光纤陀螺。

由于光纤陀螺比环形激光陀螺具有更多的优越性,无论在军用还是民用领域都拥有极强的竞争能力和广阔的市场,因此受到世界各国的普遍重视。世界上研制光纤陀螺的单位有三四十家,不仅一些光学公司、研究所开展了这一工作,而且许多生产、研制传统制导与控制系统的厂家也加入了这一竞争行列,因而促进了光纤陀螺的发展。光纤陀螺的发展非常迅速,目前各发达国家均致力于提高光纤陀螺性能和降低光纤元件的成本。美国专门用于光纤陀螺研制开发的总经费 1982 年为 410 万美元,1986 年为 1050 万美元,1996 年已增长到 1300 万美元。一旦成本降低,产量会很快增加。1996 年光纤陀螺的销售额达 1.56 亿美元,预计到 2000 年,