بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم پایه

پایان‌نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی‌ارشد

رشته فیزیک (اتمی و مولکولی)

گروه فیزیک

عنوان پایان‌نامه :

طراحی و ساخت ژیروسکوپ فیبرنوری تک مد (FOG)

علی‌رضا خلیلی

استاد راهنما :

دکتر مسعود کاوش تهرانی

استاد مشاور :

دکتر عبدالرسول قرائتی

خردادماه ۱۳۹۳

این پایان‌نامه با همکاری و حمایت پژوهشکده علوم و فن‌آوری اپتیک و لیزر وابسته به دانشگاه صنعتی مالک اشتر انجام گرفته است. لذا به این وسیله از کلیه پرسنل این پژوهشکده و همچنین پرسنل مجتمع دانشگاهی علوم کاربردی کمال تشکر و قدردانی را دارم.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه پیام نور استان فارس

دانشگاه پیام نور شیراز
باسمه تعالی

تاریخ : ۹۳/۰۳/۱۷
شماره : ۰۵/۱۶۲۷۵
پیوست :

صورتجلسه دفاع از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد **آقای علیرضا خلیلی** دانشجوی رشته **فیزیک گرایش اتمی و مولکولی** به شماره دانشجویی **۹۰۰۰۱۴۳۴۷** با عنوان:

" طراحی و ساخت ژیروسکوپ فیبر نوری تک مد (FOG)"

با حضور هیات داوران در روز **شنبه** مورخ **۱۳۹۳/۰۳/۱۷** ساعت **۱۰** در محل ساختمان **غدیر دانشگاه پیام نور شیراز** برگزار شد و هیأت داوران پس از بررسی، پایان‌نامه مذکور را شایسته نمره به عدد ۱۹/۴۷ به حروف نوزده و چهل و هفت صدم با درجه عالی تشخیص داد.

ردیف	نام و نام‌خانوادگی	هیأت داوران	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه	امضاء
۱	دکتر مسعود کاوش تهرانی	راهنما	دانشیار	صنعتی مالک اشتر	
۲	دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی	مشاور	دانشیار	پیام‌نور شیراز	
۳	دکتر حسین شاهمیرزایی	داور	استادیار	صنعتی مالک اشتر	
۴	امیر اکبری	نماینده تحصیلات تکمیلی	مربی	پیام‌نور شیراز	

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی

دانشگاه پیام نور مرکز شیراز
معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی

شیراز- شهرک گلستان، بلوار دهخدا
قبل از نمایشگاه بین المللی
تلفن : ۶۲۲۲۲۵۵ - ۰۷۱۱
دورنگار : ۶۲۲۲۲۴۹ - ۰۷۱۱
صندوق پستی: ۱۳۶۸ - ۷۱۹۵۵
www.spnu.ac.ir
Email : admin@spnu.ac.ir

اینجانب علی‌رضا خلیلی دانشجوی ورودی سال ۱۳۹۰مقطع کارشناسی‌ارشد رشته فیزیک گواهی می‌نمایم چنانچه در پایان‌نامه خود از فکر، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته‌ام با نقل قول مستقیم یا غیر مستقیم منبع و ماخذ آن را نیز در جای مناسب ذکر کرده‌ام. بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می‌دانم و جوابگوی آن خواهم‌بود.
دانشجو تائید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان‌نامه نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

علی‌رضا خلیلی

تاریخ و امضاء

۱۳۹۳/۳/۲۴

اینجانب علی‌رضا خلیلی دانشجوی ورودی سال ۱۳۹۰مقطع کارشناسی‌ارشد رشته فیزیک گواهی می‌نمایم چنانچه بر اساس مطالب پایان‌نامه خود اقدام به انتشار مقاله، کتاب، و ... نمایم، ضمن مطلع نمودن استاد راهنما، با نظر ایشان نسبت به نشر مقاله، کتاب، و ... به صورت مشترک و با ذکر نام استاد راهنما مبادرت نمایم.

علی‌رضا خلیلی

تاریخ و امضاء

۱۳۹۳/۳/۲۴

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه پیام نور می‌باشد .

خردادماه ۱۳۹۳

د

تقدیم به شهدای جنگ تحمیلی به‌خصوص شهدای شهر کوچک‌مان استهبان، کــه خــود را وام‌دار شجاعت، ایثار و ازخودگذشتگی آن‌ها می‌دانم.

«بنام عالم‌ترین عالم‌ها»

به مصداق آیه شریف «**من لم یشکرالمخلوق، لم یشکرالخالق** » بر خود وظیفه می‌دانم از کلیه عزیزانی که این‌جانب را در تحصیل دروس و انجام پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد یاری دادند، کمال تشکر و قدردانی را به‌عمل‌آورم.

بی‌شک انجام این پایان‌نامه بدون کمک صادقانه استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر مسعود کاوش تهرانی و همچنین استاد مشاور عزیز جناب آقای دکتر عبدالرسول قرائتی میسر نبود، لذا بدین وسیله از کلیه زحمات و دلسوزی‌های ایشان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همسر عزیز و فرزندان دلبندم، زهرا و محمد جواد که در طول مدت تحصیل بهترین مشوق و دل-گرمی من بودند، صمیمانه قدردانی نموده و از خداوند متعال پیشرفت روزافزون آنان را خواستارم.

پدر و مادر عزیزم که پیشرفت خود را مدیون دعای خیر آنان می‌دانم، خاضعانه دست‌شان را می‌بوسم.

از کلیه دوستان و سرورانی که در پژوهشکده علوم و فن‌اوری اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی مالک اشتر با صداقت تمام این‌جانب را در تحصیل و انجام پایان‌نامه یاری رساندند، کمال تشکر و قدردانی را دارم، از جمله آقایان محمدحسین سرشوق، علیرضا صیرفیانپور، سعید عارفی راد و مجتبی ارجمند.

چکیده

توسط : علی‌رضا خلیلی

طراحی و ساخت ژیروسکوپ فیبرنوری تک‌مد (FOG)

در این پایان‌نامه از یک چیدمان ساده برای طراحی و ساخت ژیروسکوپ تارنوری استفاده شده است. اساس طراحی این ساختار برپایه استفاده از تار تک‌مد و واقطبنده می‌باشد که به روش حلقه‌باز برپا شده است. از ویژگی‌های بارز ژیروسکوپ ساخته شده با تار نوری تک مد، هزینه ساخت پایین و قابل تولید بودن آن در داخل کشور است. از مشکلات موجود در این طرح، تأثیر عوامل محیطی بر روی عملکرد ژیروسکوپ برپا شده و مشکل بودن روند کالیبراسیون آن است. از جمله این مشکلات می‌توان به تغییرات دمایی، ارتعاشات محیطی مثل راه رفتن افراد و حرکت ماشین‌ها در اطراف آزمایشگاه و کمبود تجهیزات جهت تکمیل روند تست‌های نهایی اشاره کرد. بعد از طراحی ساختار مذکور، جهت دست‌یابی به مشخصات فنی موردنظر، قطعات مناسب انتخاب و نمونه آزمایشگاهی آن برپا شد. در روند برپایی ساختار آزمایشگاهی مشکلات موجود بررسی شده و اقدامات لازم برای بهینه‌سازی سامانه انجام گرفت. در گام نهایی ساخت، تمام اجزای چیدمان به‌صورت یک سامانه واحد در کنار هم قرار گرفت که البته منجر به بروز مشکلات جدیدی شد. به عنوان مثال حرارت ایجاد شده توسط مدارهای الکترونیکی، خود عامل ایجاد خطا در سامانه اندازه گیری حسگر می‌شد، که این عامل نیز با استفاده از پیچش مناسب تار نوری مرتفع گردید. در نهایت بعد از برپایی چیدمان حسگر و انجام تست های مربوطه، دقت حسگر به یک درجه بر ساعت رسید که این نتیجه بر اساس معیار آلان واریانس مطرح شده در استاندارد IEEE به دست آمد. بقیه مشخصات فنی این حسگر گستره دینامیکی ۳۰۰± درجه بر ثانیه، قطر پیچه ۱۵ سانتی‌متر، طول موج منبع نوری ۱۵۵۰ نانومتر، طول تارنوری پیچیده شده ۳۰۱ متر و پهنای پیچه تارنوری ۲۰ میلی‌متر می‌باشد.

واژگان کلیدی : اثر ساگناک، تارنوری، تک‌مد، چرخش، حلقه‌باز، ژیروسکوپ، واقطبنده.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول مقدمه و تاریخچه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تاریخچه ۳

۱-۳ مرور کلی پایان‌نامه ۵

فصل دوم اصول تئوری حاکم بر ژیروسکوپ تارنوری ۸

۲-۱ اثر ساگناک ۹

۲-۲ اصول ژیروسکوپ تارنوری تداخلی ۱۷

۲-۳ تعاریف اولیه در ژیروسکوپ تارنوری ۲۳

۲-۳-۱ تئوری حساسیت ۲۳

۲-۳-۲ نوفه، رانش و فاکتور مقیاس ۲۸

۲-۳-۳ پهنای باند ۳۱

۲-۴ اصول تقابل درژیروسکوپ تارنوری ۳۲

۲-۴-۱ تقابل انتشار امواج ۳۲

۲-۴-۲ رفتار دوگانه پرتو شکاف ۳۳

۲-۵ کوچک‌ترین ساختار تداخل‌سنج تاری حلقوی ۳۴

۲-۶ مدگردانی و وامدگردانی بایاس متقابل ۳۷

۲-۷ تقابل به کمک جفت‌کننده میدان‌های میرا ۴۱

۲-۸ روش تمام تاری ۴۵

۲-۸-۱ مشکل دوگانگی قطبش در تار تک‌مد ۴۶

۲-۸-۲ استفاده از تارهای نگهدارنده قطبش ۴۷

۲-۸-۳ استفاده از واقطبنده در ساختار ژیروسکوپ تک‌مد ۴۷

۲-۹ استفاده از منابع نوری با پهنای باند بزرگ ۴۸
۲-۱۰ حذف اثرات دمایی ۴۹
۲-۱۱ اثر نوفه صوتی و ارتعاشی ۵۵
۲-۱۲ منبع نوری SLD ۵۶
۲-۱۳ آشکارساز ۵۹
فصل سوم ملاحظات طراحی ۶۱
۳-۱ تعیین طول تار جهت دست‌یابی به محدوده کاری مورد نیاز ۶۲
۳-۲ بررسی پارامترهای موثر در دقت ژیروسکوپ ۶۴
۳-۲-۱ ملاحظات پیچش تارنوری ۶۴
فصل چهارم یافته‌ها ۶۷
۴-۱ انتخاب بهترین تار بر اساس طول موج منبع ۶۷
۴-۲ بررسی مشخصات فنی قطعات موردنیاز ۶۸
۴-۲-۱ تارنوری ۶۸
۴-۲-۲ تزویج‌گر ۶۸
۴-۲-۳ مواد پیزوالکتریک ۶۹
۴-۲-۴ قطبنده ۷۰
۴-۲-۵ واقطبنده ۷۱
۴-۲-۶ آشکارساز ۷۲
۴-۲-۷ منبع نوری ۷۳
۴-۳ چیدمان عملی ۷۴
فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهاد ۷۷
۵-۱ نتایج عملی ۷۸
۵-۲ پیشنهادات ۸۸

پیوست بررسی پارامترهای مهم در ژیروسکوپ تارنوری ۹۴

پ-۱ طول زنش در تارنوری ۹۴

پ-۲ قطر میدان مدی در تارنوری ۹۵

پ-۳ صحت و دقت ۹۶

پ-۴ خطی بدون ۹۹

پ-۵ تکرارپذیری ۱۰۰

پ-۶ میانگین زمان بین خرابی‌ها ۱۰۱

پ-۷ فاکتور مقیاس ۱۰۲

پ-۸ پهنای باند ژیروسکوپ تارنوری ۱۰۴

پ-۹ روش آلان‌واریانس ۱۰۶

پ-۹-۱ محاسبه آلان‌واریانس ۱۰۷

پ-۹-۲ اصول آلان‌واریانس ۱۰۷

پ-۹-۳ معرفی انواع نوفه براساس منحنی آلان‌واریانس ۱۰۹

پ-۹-۴ ترسیم منحنی آلان‌واریانس ۱۱۷

مراجع ۱۱۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱ چیدمان اصلی ساگناک .(حرف s برگرفته از surface به معنی صفحه یا ناحیه)[1]. ۱۰

شکل ۲-۲ نمایش تغییر مسیر در تداخل‌سنج حلقوی توسط مسیر چند وجهی. (a): در حالت سکون ؛ (b): مسیر موافق چرخش؛ (c): مسیر مخالف چرخش[1]..... ۱۱

شکل ۲-۳ بررسی هندسی اثر ساگناک در طول یک وجه از مسیر چند وجهی[1]..... ۱۱

شکل ۲-۴ نمایش اثر ساگناک در مسیر دایره‌ای ایده‌آل خلاء. (a): سیستم در حالت سکون، (b): سیستم در حالت چرخش[1]..... ۱۴

شکل ۲-۵ هم‌زمانی حرکت نسبیتی. (a): سامانه در حالت سکون، (b): سامانه در حالت انتقال خطی. ۱۶

شکل ۲-۶ نمایش اثر ساگناک در مقابل اثر دوگانه دوپلری. (a): سامانه در حالت سکون، (b): سامانه در حالت چرخش..... ۱۷

شکل ۲-۷ تداخل‌سنج حلقوی. (a): مدل تخت با مساحت سطح بسته، (b): مدل پیچه تار با مساحت سطح بستهٔ N.A [1]..... ۱۸

شکل ۲-۸ پاسخ یک ژیروسکوپ تارنوری تداخلی..... ۱۹

شکل ۲-۹ نسبت سیگنال به نوفه بهینه به‌صورت تابعی از بایاس فاز Φ_b. به‌همراه (a): توان اپتیکی حقیقی، (b): نوفه شات، (c): حساسیت، (d): نسبت سیگنال به نوفه. (مختصات عمودی نرمال به یک)..... ۲۸

شکل ۲-۱۰ تغییرات بایاس به‌همراه نوفه و رانش بلند مدت[1]..... ۲۹

شکل۲-۱۱ اثر تقابل در تداخل‌سنج حلقوی. ۳۳

شکل ۲-۱۲ جابجایی فاز ذاتی در پرتو شکاف..... ۳۴

شکل ۲-۱۳ الگوی تداخلی فضای آزاد در تداخل‌سنج تاری حلقوی..... ۳۵

شکل ۲-۱۴ ساختار متقابل در تداخل‌سنج تاری حلقوی..... ۳۵

شکل ۲-۱۵ ایجاد مدگردانی بایاس فاز با استفاده از تاخیر در پیچه تار..... ۳۸

شکل ۲-۱۶ مدگردانی بایاس توسط موج مربعی..... ۳۹

شکل ۲-۱۷ پاسخ غیر مدوله و مدوله شده سیگنال بایاس. ۴۰
شکل۲-۱۸ مدگردانی سینوسی. (a) در حالت سکون (b) در حالت چرخش. ۴۱
شکل ۲-۱۹ نمایش تجزیه نور ورودی با مدهای دو موجبر جفت‌شده. ۴۲
شکل ۲-۲۰ نمایش انتشار مدها در ساختار دو موجبر جفت‌شده همراه با نمودار فازور. ۴۳
شکل ۲-۲۱ تداخل‌سنج تمام تاری با جفت کننده 3 dB ۴۴
شکل ۲-۲۲ نمودار فازور امواج عبوری و جفت شده در یک جفت‌کننده. (a) جفت‌کننده بدون تلفات (b) تلفات تفاضلی. ۴۴
شکل ۲-۲۳ ساختار متقابل تمام‌تاری. ۴۵
شکل ۲-۲۴ نمایش محدودیت پس‌پراکندگی همدوس به وسیله منبع پالسی. ۴۹
شکل ۲-۲۵ اثر اختلال نامتقارن. ۵۰
شکل ۲-۲۶ سطح مقطع پیچش متقارن. (نصف طول پیچه با علامت + و نیم دیگر با علامت - مشخص شده است) ، a) دو قطبی b) چهار قطبی ۵۲
شکل ۲-۲۷ نمایش طرز کار دستگاه پیچش تار نوری. ۵۳
شکل ۲-۲۸ مراحل مختلف پیچش تار[19]. ۵۴
شکل ۲-۲۹ ماشین پیچش پیچه متعلق به شرکت cielo ۵۴
شکل ۲-۳۰ SLD با ناحیه جاذب پشتی ۵۸
شکل ۲-۳۱ ساختار متقابل تمام‌تاری. ۶۰
شکل ۴-۱ نمایی از ساختار اولیه ژیروسکوپ ساخته شده. ۷۴
شکل ۴-۲ نمایی از ژیروسکوپ بر روی میز Rate جهت انجام تست ۷۴
شکل ۴-۳ نمایی از الکترونیک سامانه. ۷۵
شکل ۴-۴ نمایی از درب اصلی سامانه. ۷۵
شکل ۴-۵ نمایی از جعبه طراحی شده جهت استقرار قطعات ژیروسکوپ. ۷۶
شکل ۵-۱ منحنی بایاس سینوسی در حالت سکون ۷۹
شکل ۵-۲ منحنی بایاس سینوسی در حالت چرخش. ۷۹

شکل ۵-۳ منحنی فاکتور مقیاس ژیروسکوپ طراحی شده. ۸۰
شکل ۵-۴ منحنی فاکتور مقیاس ژیروسکوپ تارنوری VG035 ساخت شرکت Fizoptika روسیه. ۸۱
شکل ۵-۵ محصول ساخته شده VG035 توسط شرکت روسی Fizoptika. ۸۴
شکل ۵-۶ خروجی ژیروسکوپ تارنوری ساخته‌شده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد. ۸۵
شکل ۵-۷ منحنی آلان‌واریانس برای خروجی ژیروسکوپ تارنوری ساخته شده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد. ۸۶
شکل ۵-۸ خروجی ژیروسکوپ تارنوری ساخته‌شده در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد. ۸۶
شکل ۵-۹ منحنی آلان‌واریانس برای خروجی ژیروسکوپ ساخته شده در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد. ۸۷
شکل پ-۱ نمودار توزیع نور در تار استاندارد مخابراتی. ۹۵
شکل پ-۲ تفاوت صحت و دقت در سامانه‌های اندازه‌گیری. ۹۷
شکل پ-۳ نمایش صحت بالا و دقت پایین. ۹۸
شکل پ-۴ نمایش دقت بالا و صحت پائین. ۹۸
شکل پ-۵ نمایش خطی بودن سامانه اندازه‌گیری. ۱۰۰
شکل پ-۶ نمایش تشخیص MTBF. ۱۰۱
شکل پ-۷ نمایش فاکتور مقیاس خطی. ۱۰۲
شکل پ-۸ خطای ایجاد شده در اندازه‌گیری آهنگ چرخش. ۱۰۳
شکل پ-۹ نتایج تحلیلی منحنی آلان‌واریانس. ۱۰۸
شکل پ-۱۰ نمودار نوفه تدریجی. ۱۱۰
شکل پ-۱۱ نمودا زاویه قدم تصادفی. ۱۱۱
شکل پ-۱۲ نمودار ناپایداری بایاس. ۱۱۲
شکل پ-۱۳ نمودار نرخ قدم تصادفی. ۱۱۳
شکل پ-۱۴ نمودار نرخ شیب رانش. ۱۱۴
شکل پ-۱۵ نمودار نوفه هم‌بستگی نمایی. ۱۱۵
شکل پ-۱۶ نمودار نوفه سینوسی. ۱۱۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: مقایسه نوفه شات و اختلاف فاز معادل نوفه..... ۲۵

جدول ۲-۲: مقایسه تضعیف و طول بهینه تار برای چند طول موج..... ۲۶

جدول ۲-۳: مقایسه انواع ژیروسکوپ بر اساس نوع کاربرد..... ۳۰

جدول ۴-۱: مشخصات فنی تزویج‌گر سفارش داده شده..... ۶۸

جدول ۴-۲: مشخصات فنی PZT مورد استفاده..... ۶۹

جدول ۴-۳: مشخصات فنی قطبنده سفارش داده شده..... ۷۰

جدول ۴-۴: مشخصات فنی واقطبنده انتخاب شده..... ۷۱

جدول ۴-۵: مشخصات فنی آشکارساز سفارش داده شده..... ۷۲

جدول ۴-۶: مشخصات فنی منبع نوری سفارش داده شده..... ۷۳

جدول ۵-۱: مقادیر عددی مربوط به فاکتور مقیاس ژیروسکوپ طراحی شده..... ۸۱

جدول ۵-۲: مقادیر عددی مربوط به فاکتور مقیاس ژیروسکوپ تارنوری VG035 ساخت شرکت Fizoptika روسیه..... ۸۲

جدول ۵-۳: مقایسه نتایج به‌دست آمده در مورد ژیروسکوپ تارنوری ساخته‌شده و ژیروسکوپ VG035..... ۸۳

جدول ۵-۴: مشخصات فنی محصول ساخته شده VG035 توسط شرکت روسی Fizoptika..... ۸۴

جدول پ-۱: کاربردهای ژیروسکوپ همراه با پایداری بایاس وپایداری فاکتور مقیاس..... ۱۰۴

جدول پ-۲: محاسبه خطاهای استاندارد با استفاده از شیب منحنی آلان‌واریانس..... ۱۰۹

فصل اول

فصل اول مقدمه و تاریخچه

۱–۱ مقدمه

در گذشته از ژیروسکوپ‌های مکانیکی برای اندازه‌گیری میزان چرخش وسیله استفاده می‌شده است. این ژیروسکوپ‌ها در حال حاضر به دلیل وجود تجهیزات دوار در داخل آن‌ها و همچنین زمان پاسخ-دهی طولانی به‌خصوص در مانورهای سریع وسیله پرنده و همچنین وجود استهلاک زیاد در داخل آن‌ها به علت وجود تجهیزات دوار، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند[1].

امروزه استفاده از ژیروسکوپ‌های لیزری (RLG)[1] و ژیروسکوپ‌های تارنوری (FOG)[2] در اولویت استفاده قرار گرفته‌اند. اما باز هم ژیروسکوپ‌های لیزری به دلیل وجود مشکلات در تهیه ماده اولیه محیط فعال لیزری و گران‌بودن دست‌یابی به خط تولید آن، عملاً مردود شده‌اند.

ژیروسکوپ تارنوری به دلیل پاسخ‌دهی سریع، حجم و وزن کم، نداشتن قطعه دوار، پایداری بایاس نسبتاً خوب در مقابل ژیروسکوپ مکانیکی و همچنین به دلیل تأثیر نپذیرفتن از نوفه‌های الکترومغناطیسی به علت استفاده از تارنوری عایق در آن، در حال حاضر بیشترین استفاده را در سامانه-های هدایت‌پذیر دارد.

با توجه به مطالب فوق، در حال حاضر فعالیت در زمینه ژیروسکوپ‌های تارنوری به‌خصوص برای استفاده در کاربردهای هوایی، فضایی و همچنین کاربردهای زیر آب امری حیاتی و مهم برای کشور عزیزمان ایران محسوب می‌گردد.

[1] Ring Laser Gyro
[2] Fiber Optic Gyroscope

۱-۲ تاریخچه

کلمه ژیروسکوپ[1] واژه یونانی است که از دو بخش جایرو[2] به معنای دوران و اسکوپ[3] به معنای نشان دادن، تشکیل شده است. به این ترتیب معنای تحت اللفظی آن دوران‌نما است که بیان‌گر وظیفه آن نیز می‌باشد[2].

اولین بار کلمه ژیروسکوپ به‌وسیله دانشمند فرانسوی لئون فوکو[4] در سال ۱۸۵۲ مورد استفاده قرار گرفت. او برای نشان دادن دوران زمین از یک ژیروسکوپ استفاده کرد که این کار به‌علت نداشتن یک موتور الکتریکی مناسب، به شکل دقیقی انجام نگرفت. همین دانشمند بود که برای نخستین بار در سال ۱۸۵۲ میلادی نام ژیروسکوپ را برای آن برگزید و در سال ۱۹۰۰ شخصی آلمانی تصمیم به ساختن زیر دریایی برای کاوش در قطب شمال گرفت، اما وسایل هدایت و راه‌یابی دقیق برای این کار وجود نداشت. به ویژه اینکه قطب‌نماهای مغناطیسی در محدوده قطب شمال به دلیل وجود میدان‌های مغناطیسی قوی، از دقت و عملکرد صحیح می‌افتادند. از این‌رو تلاش کرد تا قطب‌نمای دیگری که مستقل از خواص مغناطیسی عمل کند، بسازد. تلاش وی منجر به ساخت قطب‌نمایی شد که بر اساس خواص ژیروسکوپی کار می‌کرد و آن‌را قطب‌نمای ژیروسکوپی نام نهاد. این قطب‌نما، در واقع نخستین وسیله دقیق هدایت و راه‌یابی است که بر اساس اصول اینرسی کار می‌کرد. پیشرفت صنعت و پدیدار شدن وسایل نقلیه فضایی، لزوم ابداع، هدایت و کنترل دقیق را بیش از پیش آشکار ساخت، به‌ویژه وقوع جنگ جهانی اول و دوم و تولید نسل‌های جدید انواع هواپیما و موشک ، دانشمندان و محققین را به نحو بارزی بر آن داشت تا در زمینه ابداع وسایل دقیق‌تر و با کیفیت بالاتر تلاش بیشتری انجام دهند. قدم اساسی دراین زمینه طی جنگ جهانی دوم در دانشگاه ام آی تی آمریکا برداشته شد، لذا ژیروسکوپ‌هایی دقیق و کوچکی برای نصب برروی هواپیما ساخته شد. پس از جنگ جهانی دوم، روش هدایت و

[1] Gyroscope
[2] Gyro
[3] Scope
[4] Leon Focault

ناوبری اینرسی به عنوان روشی دقیق و قابل اعتماد برای هـدایت وسـایل فضـایی مـدنظر قـرار گرفـت. نخستین سامانه هدایت که به‌طور کامل بر مبنای اصول اینرسی توسط ژیروسکوپ‌هـا و شـتاب‌سـنج هـا عمل می‌کرد و در آن از یاتاقان‌های گازی برای تعلیق طوقه ها اسـتفاده شـده بـود، در سـال ۱۹۵۰مـورد آزمایش پروازی قرار گرفت[3]. امروزه نیز سامانه هدایت اینرسی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین روشها برای هدایت و کنترل در امر هوانوردی و فضانوردی و همچنین هدایت موشک‌ها، کشتی‌ها و زیردریای‌ها بـه-طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است و به تبع این امر، انواع مختلفی از ژیروسکوپ‌هـا و شـتاب-سنج‌ها اختراع شده‌اند.

ژیروسکوپ تارنوری، تحقق آخرین اندیشه‌های بشردر ساخت ژیروسکوپ است. چرا کـه در نـوع خـود کوچک بوده و به‌طور آنی روشن می‌شود، عمر طولانی دارد، احتیاجی بـه خـدمات نگـه‌داری نداشـته و ارزان قیمت است. همچنین احتیاج به سامانه تعلیق طوقه‌ای ندارد. مبنای عملکرد این ژیروسکوپ، شـبیه ژیروسکوپ لیزری است، با این تفاوت که در آن به جای لیزر از یک نور قطبیـده اسـتفاده مـی‌شـود. در سال ۱۹۱۳ ساگناک[1] نشان داد که به‌وسیله یک سامانه اپتیکی، بدون استفاده از قطعه دوار، می‌توان میـزان چرخش را آشکاسازی کرد[4]. او از یک حلقه تداخل‌سنج استفاده کرد و نشان‌داد که چرخش را می‌توان با محاسبه اختلاف فاز میان دو مسیر مختلف هم در تداخل‌سنج، به‌دست آورد. در سال ۱۹۲۵ مایکلسون[2] فیزیک‌دان و همکارش مورلی[3] شیمی‌دان موفق شدند میزان چرخش زمـین را بـا اسـتفاده از یـک حلقـه بسیار بزرگ تداخل‌سنج با طول بیش از دو کیلـومتر، بـه‌دسـت آورنـد. در سـال ۱۹۶۲، دسـت‌یـابی بـه حساسیت بالا با استفاده از یک تشدیدگر حلقوی لیزری گزارش شد. این فن‌اوری در اواسط دهـه ۱۹۷۰ به دلیل توسعه فن‌آوری تارهای نوری با تلفات کم، منابع نوری نیمه هادی و آشکارسـازهای مخصـوص

[1] George Sagnac
[2] Albert Michelson
[3] Edvard Morely

مخابرات راه دور، به اوج خود رسید. پیشرفت و توسعه فن‌اوری ژیروسکوپ تار نوری تداخلی[1] در کشورهایی همچون آمریکا، فرانسه و آلمان ادامه داشت. در سال ۱۹۷۷، گزارشی از دانشگاه MIT ارائه گردید که در آن تارهای تک‌مد و یا آینه‌هایی جهت ساخت ژیروسکوپ‌های نوری دارای تشدیدگر استفاده شده بود که ساخت آن در دسته کاربردی ناوبری، آسان و عملی نبود. در طول سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۰ چندین اتفاق مهم در توسعه این فن‌اوری رخ داد. این رویدادها شامل گزارش‌هایی مبنی بر مورد توجه قرارگرفتن تداخل‌سنجی‌های تار نوری، ایده استفاده از وامدگردان‌های فاز در کنار مقسم پرتو به‌منظور دست‌یابی به روش اندازه‌گیری شیفت فاز ساگناک، توسعه فن‌اوری تزویج‌گرهای تارنوری، تارنوری نگه‌دارنده قطبش[2] و منبع نوری SLD[3] مخصوص ژیروسکوپ بود که باعث شد این فن‌آوری روز به روز پیشرفت کند، تا به امروز که بسیاری از حسگرهای هدایت و ناوبری در وسایل هدایت‌پذیر را دربرگرفته است[5].

۱–۳ مرور کلی پایان‌نامه

در راستای انجام پروژهٔ طراحی و ساخت ژیروسکوپ تارنوری و به‌منظور استحکام پایه‌های علمی این پروژه، مطالب موجود در این پایان‌نامه مورد تجزیه و تحلیل بسیار قرار گرفت که این امر افق جدیدی را در برابر دیدگان‌مان ترسیم و بسیاری از موارد مبهم و تاریک را بر طرف کرد و پیش‌زمینه‌ای برای گام‌نهادن به سمت طراحی و ساخت ژیروسکوپ تارنوری ایجاد نمود.

در فصل اول، مقدمه و تاریخچه‌ای از پیدایش انواع ژیروسکوپ و پیشرفت فن‌آوری تا رسیدن به ژیروسکوپ تارنوری بیان شده‌است.

---

[1] IFOG
[2] PM Fiber
[3] Super Luminescent Diode