**Мащенко Анатолій Іванович. Квантова гірометрія високої точності: теорія та методики проектування: дисертація д-ра техн. наук: 05.27.02 / Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". - К., 2003**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Мащенко А.І. Квантова гірометрія високої точності: Теорія та методики проектування. – Рукопис. – Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.27.02 – вакуумна, плазмова та квантова електроніка. Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”. – Київ, 2003.  Розроблена узагальнена концепція проектування оптичних квантових гірометрів (КГ): моноблочних лазерних гіроскопів, інтерферометричних та рециркуляційних волоконно-оптичних гіроскопів, а також волоконно-та інтегрально-оптичних гіроскопів з кільцевими пасивними резонаторами. Запропоновані оптико-фізичні схеми, конструкторські та технологічні рішення, створені математичні моделі та теорії. Розглянуті та досліджені ключові проблеми КГ. Приведені результати макетування та експериментальних досліджень КГ. Запропонована методика обчислення точності КГ. | |
| |  | | --- | | 1. Розроблені теоретичні системні основи проектування оптичних квантових гірометрів високої точності – моноблочних лазерних гіроскопів, інтерферометрич-них та рециркуляційних ВОГ, волоконно- та інтегрально-оптичних гіроскопів з КПР та мандельштам-бріллюенівських ВОГ, у яких використані принципи та ефекти нелінійної оптики. В такому обсязі теорія оригінальна та подана уперше; вона дає змогу розробляти КГ з чутливістю год, прийнятною для безплатформової інерціальної навігації літальних апаратів як в приземному просторі, так і космосі, геофізичних досліджень, зокрема, гляціології, та інших високоточних застосувань. 2. Розроблені математичні моделі, які адекватно описують фізичні явища, що діються у КГ. Для кільцевого газового лазера та МЛГ оптимальною є модель, яка базується на напівкласичній теорії Лемба, котра поєднує рівняння Максвела та рівняння для матриці густини, на основі якої обчислюється поляризація середовища. Висновками цієї теорії та теорії Беннета-Лемба є захоплення зустрічних хвиль, конкуренція та затягування мод – три ключові проблеми лазерних гіроскопів. 3. Визначена система основних параметрів, що характеризують КГ. Це – енергетичні, амплітудні, фазові та частотні характеристики, масштабний коефіцієнт, гранична чутливість, потенційна точність, динамічний діапазон, стабільність зміщення нуля. У КГ з КПР критичними параметрами є часова когерентність джерела накачки та втрати у чутливому контурі КПР. Встановлено, що у волоконних варіантах КГ з КПР граничною шириною спектральної лінії є , а граничним згасанням в інтегрально-оптичних КГ є . 4. Створена теорія хвилеводних КПР, яка базується на формальній аналогії розглянутих КПР з інтерферометром Фабрі-Перо. Ця теорія опублікована та визнана на Заході для проектування ВО та ІО КГ. Передатне відношення КПР є функ-цією багатьох його параметрів, відносно яких проведена оптимізація та знайдені їх бажані значення. У оптимальних КПР, у яких акумулюється найбільша енергія, втрати в елементі зв’язку рівні згасанню на розповсюдження у контурі резонатору. 5. У відповідності до принципу Лоренца встановлені базові моделі та мінімальна архітектура одностепеневих КГ. У випадку МЛГ – це конфігурації три- та чотирикутної форми; у І-ВОГ мінімальна конфігурація об’єднує 8 елементів: суперлюмінісцентний діод, два 50/50% - направлених відгалужувача, поляризатор, модовий фільтр, катушку з волокном, фазовий модулятор, фотодектор. КГ з мінімальною архітектурою має найменшу вартість. 6. Зведена теорія чутливості КГ до обертання та інших дестабілізуючих фізичних збурень. Якщо вважати, що обмежуючим фактором є фотонний шум, чутливість КГ з КПР до температурних градієнтів є не гірша, ніж , а до тиску . Це зобов’язує застосувати у КГ температурну стабілізацію з такою ж точністю та екранування або алгоритмічну корекцію вихідного сигналу КГ. 7. Запропонована низка конструкторських рішень, які інтегрують різні підходи і тенденції в проектуванні КГ і які поліпшують масо-габаритні показники КГ, їх потенційну чутливість та лінійність вихідної характеристики в широкому динамічному діапазоні (50...60 дБ). 8. Розроблені технологічні прийоми виготовлення унікальних фотошаблонів, базових елементів, вузлів та макетів КГ; фрагменти деяких важливих у волоконній та інтегральній оптиці технологічних процесів апробовані на виробництві та подані у вигляді технологічних карт. 9. Розроблені конструкції МЛГ з магніто-оптичними комірками Фарадея та Зеємана, та вібропідвісом, ВОГ та макетів квантових інтегрально-оптичних гірометрів з КПР. 10. Розроблена узагальнена модель дестабілізуючих факторів, шумів та похибок в КГ, визначені поняття короткострокового та довгострокового дрейфів та проведені їх дослідження у волоконних варіантах КГ. 11. Розроблена методика обчислення сумарної похибки, виходячи з основних   положень теорії ймовірностей; вона впроваджена в проекти деяких КБ.   1. Запропоновані методики настройки КГ в режим вимірювання кутової швидкості, вимірювання та контролю основних параметрів КГ: масштабного коефіцієнту, чутливості, динамічного діапазону, зміщення та дрейфу нуля відліку. 2. Розроблена теорія поляризаційних перетворювань лазерного випромінювання в анізотропних каналах. Досліджені поляризаційні ефекти у одно- та багатомодових ВС та інтегрально-оптичних хвилеводах. Аналіз свідчить, що картина поляризаційних перетворювань у хвилеводних структурах КГ досить складна і залежить від багатьох факторів: величини анізотропії ВС, способу збудження, шорсткості стінок хвилеводів та інше. 3. Розроблені експериментальні пристрої та проведені лабораторні експерименти по визначенню поляризаційних властивостей багатомодових ВС. Досліджена поляризаційна спекл-картина на виході БВС методом стокс-поляриметрії. Висновки теорії та результати експериментів співпадають. 4. Виконано макетування МЛГ, ВОГ та інтегрально-оптичних КГ з КПР та проведені натурні експерименти по визначенні їх характеристик та параметрів. Встановлено, що реальні дані близькі до розрахункових. 5. Досліджена можливість застосування КГ та КПР в прецизійних вимірювальних комплексах, датчиках фізичних величин, обчислювальній техниці, оптичних системах обробки інформації. Аналіз показав, що ці застосування забезпечують надзвичайно високу точність, оперативність, вірогідність та відтворність вимірювань малих кутів та інших величин. 6. Запропоновані моделі КГ, які виконані на основі нелінійних КПР. Встановлено, що перспективними є проектування та розробка мандельштам-бріллюенівського ВОГ, чутливим елементом якого є ВРМБ-кільцевий лазер, у якого немає проблем, властивих МЛГ, проте він має власні проблеми, які вирішуються. | |