

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

КВАНТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ НОВОЇ SI – МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Неєжмаков П.І., Павленко Ю.Ф.

*Національний науковий центр “Інститут метрології”,
вул. Мироносицька, 42, м. Харків, Україна, 61002
pavel.neyehmakov@metrology.kharkov.ua; <http://www.metrology.kharkov.ua>*

У 2018 р. планується прийняти нову редакцію Міжнародної системи одиниць SI на заміну класичної SI, в якій ще залишається простежуваність до артефактів, квантовою SI – на основі фундаментальних та атомних сталей. Нова філософія SI базується на досягненнях квантової фізики та приведе до впровадження революційних інноваційних методів, які будуть сприяти кращому процесу поширення одиниць SI за допомогою еталонів та сенсорів до того моменту, коли наявний обмін артефактами для забезпечення якості вимірювання стане непотрібним. Створення мініатюрних та надійних приладів, робота яких базується на використанні квантових та фотонних явищ, відкриває нові горизонти і являє собою революційне технологічне зрушення метрологічної діяльності. У цих пристроях для квантової SI присутня ціла низка технологій, які раніше не використовувалися, для таких застосувань, як нановиробництво, фотоніка та атомна фізика.

Сьогодні ці методи і засоби вже широко використовуються в частотно-часових і просторових вимірюваннях, що дозволяє досягти значних успіхів у цих галузях. Поява лазерного охолодження іонів та атомів понад чотири десятиріччя тому привела до розробки мікрохвильових – фонтанного типу та оптичних годинників – на основі поодиноких захоплених іонів або нейтральних атомів, що утримуються в оптичних решітках-пастках. У провідних лабораторіях проводяться активні дослідження оптичних годинників на різних елементах (Yb, Sr, Al) та різних типах еталонних переходів. Відношення частот між цими годинниками можна виміряти з невідзначеністю, меншою, ніж при реалізації частоти за допомогою цезієвих годинників, що дозволяє проводити дослідження порушення принципу еквівалентності Ейнштейна. А розподілені складні годинники можуть забезпечити методи виявлення гравітаційних хвиль, тим самим допомагаючи дослідженням Всесвіту. Окрім того, на часі поява релятивістської геодезії та значне підвищення точності тектонічної геодезії. Остання може удосконалити прогнозування землетрусів.

Справжня квантова революція відбувається у відтворенні одиниці маси, і на зміну платиново-іридієвому артефакту йдуть “електричний” і “атомний” кілограми, які дозволяють позбутися “останнього головного болю метрологів” і створити природний еталон кілограма, зняти постійну ту-

рботу про стабільність прототипу, його зберігання і передавання розміру кілограма по всьому світу. У напрямку використання квантових технологій створення “первинних” термометрів і простежування до сталої Больцмана розвивається сучасна первинна термометрія.

У галузі оптичної метрології існує потреба у подальшому розвитку метрик та методів використання однофотонних джерел і приймачів. Ця галузь швидко розвивається, тож слід чекати нарощування зусиль щодо їх досліджень і застосувань у різноманітних оптичних технологіях, таких як квантові обчислення, оптичний квантовий зв’язок, оптична радіометрія. Це вимагає появи квантової оптичної метрології, що базується на нових еталонах, які б працювали в однофотонному режимі та були вбудовані у квантові оптичні прилади.

Електричні квантові еталони є основою електричних вимірювань і у теперішній SI. Багато зусиль було докладено для реалізації квантового метрологічного трикутника, за допомогою якого узгоджуються три квантових електричних ефекти: ефект Джозефсона, квантовий ефект Холла та ефект одноелектронного тунелювання. Активне впровадження квантових методів та технологій в електрику дасть можливість забезпечити простежуваність усіх видів електричних вимірювань до фундаментальних сталих і суттєво підвищити точність вимірювань.

Окремо слід сказати щодо впровадження квантових технологій у приладобудування, якому присвячена ця конференція. Міжнародні дослідницькі програми з метрології передбачають розвиток квантових методів не тільки для створення еталонів і ЗВТ вищої точності, але і для практичної метрології та приладобудування. Сьогодні їх розвиток продовжується у двох напрямках: розширення функціональних можливостей квантових методів, а також спрощення умов і апаратури для їх реалізації з метою більшої доступності широкому колу користувачів.

У першому напрямку розроблено методи й апаратуру для відтворення напруги змінного струму на основі ефекту Джозефсона (точність підвищена на 2 порядки); створено методологію використання квантового ефекту Холла на змінному струмі та калібрування на його основі всіх параметрів електричних кіл: опору, індуктивності та ємності; методику використання наноматеріалів, зокрема графену. Цей перелік можна продовжувати.

У напрямку доступності використання квантових методів у приладобудуванні розроблено комерційний (серійний) квантовий вольтметр постійного і змінного струму на ефекті Джозефсона, прецизійний міст змінного струму, установки для реалізації квантових ефектів без використання рідкого гелію, що працюють на ефектах високотемпературної надпровідності та механічних охолоджувачах.

ННЦ “Інститут метрології” разом із кафедрою ІВТС НТУ “ХПІ” став ініціатором впровадження дисципліни “Основи квантової метрології”, а кафедра стала першою в Україні, де читається цей курс.