

Увод

Настоящата дисертация обхваща резултатите от изследванията на автора, проведени в периода от 1991 г. до 2010 г. в областта на интерферометричните селектори и приложението им в лазерите, дифракционната оптика, цифровата холографска микроскопия, цифровата обработка на сигнали в оптични метрологични системи, Монте-Карло моделирането на случайни сигнали и миграцията на фотоните в биологичните тъкани.

Интерференчните селектори са важен компонент в лазерите с управляеми параметри на излъчването. Вграждането на интерференчен клин (клин на Физо) с високо-отразяващи покрития, ъгъл при върха $5 - 100 \mu\text{rad}$ и дебелина $5 - 500 \mu\text{m}$ в лазерните резонатори позволява разработването на оригинални схемни решения на пренастройваеми лазери с редица полезни свойства. На базата на селективното отражение и пропускане на този оптичен елемент са разработени методи за непрекъснато пренастройване на селектирания мод в едномодови лазери с висока честота на лъчението, еднопосочно генериране в кръгови резонатори, двувълнов режим на генерация, селектиране на тясна линия и пренастройване в лазери с широка крива на усилване и други. Класическата теория на интерференчния клин с осветяване с безкрайна плоска вълна не дава адекватно описание на оптичното му поведение при осветяване с типичните вътрешно-резонаторни светлинни снопове. Това налага създаването на теория, която позволява пресмятането на интерференчната картина за клина на Физо в пропускане и отражение при осветяване с пространствено ограничени снопове. Разработването на такава теория с различни подходи за пресмятане на интерференчната картина, откриване на нови свойства на клина на Физо и изграждането на пълно теоретично описание на поведението му е направено в Глава I на дисертацията. В Глава II разработените методи се прилагат за анализ и доказване на ефективността на схемни решения, в които интерференчният клин изпълнява ролята на спектрално селективен отражател, филтър и елемент за оптично свързване и въвеждане на асиметрия.

Прецизното измерване на тримерните координати на обекти е задължително в такива области като машинен дизайн, неразрушаващ контрол, създаването на прототипи, машинно виждане, роботика, триизмерна образна диагностика, защита на културното наследство, реклама, информационен обмен, компютърни игри, триизмерна телевизия и други области на съвременните информационни технологии. Характерната за оптичните методи възможност за бърз дистанционен паралелен запис на информация ги прави особено подходящи за безконтактни автоматизирани измервания на статични и динамични обекти. Бързият напредък през последните години в развитието на компютрите, сензорите за регистриране на образи и цифровата обработка на сигнали допринесоха за значителния прогрес в оптичната метрология. Основното изискване към разработваните техники и системи е провеждането на

автоматизирано измерване в реално време, с висока точност и с голям динамичен диапазон без загуба на информация и необходимост от сканиране. Техническата простота, надежност и ниска стойност на разработваните системи също са от голямо значение. Глава III на дисертацията е посветена на системите с проектиране на ивици. В нея е разработена теорията на синусоидалната фазова решетка като дифракционен елемент за проектиране на висококонтрастни синусоидални ивици в голяма пространствена област за провеждане на профилометрични измервания на големи обекти. На базата на тази теория е анализирана четири-вълнова мулти-камерна преносима система със синусоидални фазови решетки за дистанционно измерване в реално време и е разработена надежна процедура за определяне на тримерните координати.

Методите на цифровата холография, които започват интензивно да се развиват в края на миналия век, създадоха качествено ново направление в оптичната метрология благодарение на достъпа до фазовата информация. Особено трябва да се отбележи развитието на цифровата холографска микроскопия, позволяваща не само тримерното възстановяване на микро-обекти, но и на траекторията на тяхното движение. Глава IV е посветена на изследванията в тази актуална област, като се предлага усъвършенстван алгоритъм за определяне на фазовото разпределение, който е в основата на мултикамерна холографска система за измерване в реално време. В тази глава се предлагат и различни подходи за оптоелектронно визуализиране на прозрачни микро-обекти от записани или компютърно синтезирани техни холограми.

Глава V продължава разглеждането на интерференционни системи за метрологията. Изследванията са ориентирани преди всичко към анализ на грешките и разработването на специфични цифрови методи за подобряване на точността. Тези методи са апробирани чрез моделиране и са приложени за обработка на експериментални данни. Глава VI обобщава резултатите в областта на оптичната дозиметрия и фотодинамичната терапия *in vitro*. Изследванията и по двете направления имат голяма практическа стойност във връзка с ускореното навлизане на лазерите в медицината. Спецификата на оптичното депозиране на енергия в човешките тъкани вследствие на многократното разсейване в тях изисква моделиране на миграцията на фотоните в нехомогенни тъканни образци. В дисертацията е изследвана миграцията на фотоните за няколко конкретни многослойни модела с цел описание на депозирането на енергия за лазерни системи за дерматологията, стоматологията и ниско-интензивната терапия. Осъществена е валидация на оценката на цитотоксичната доза *in vitro* от единична крива “доза-отклик”, построена по данните от една стандартна плака.

Проведените в дисертацията изследвания включват статистически анализ, цифрова обработка на сигнали, Монте-Карло моделиране, обработка на експериментални данни, разработване на необходимото програмно обезпечаване. Всички програмни кодове в дисертацията са дело на

автора. Авторът има активно участие в описаните в дисертацията експерименти, като например експериментите в Глава VI във физичната им част са изцяло негово дело. Същевременно, авторът не посочва като принос разработването на анализирани системи (с изключение на системите, описани в 4.1 и 5.3). По тази причина описанието на тези системи е дадено в дисертацията с по-дребен шрифт.

Благодарности

Настоящият дисертационен труд нямаше да бъде завършен без подкрепата на моето семейство.

Искам да благодаря на моите дългогодишни партньори проф. дфн дтн Марин Ненчев и проф. дфн Венцеслав Съйнов за съпричастността, искрения интерес и непрекъснатото насърчаване и съдействие.

Използвани съкращения

АКФ – автокорелационна функция
БПВ – безкрайна плоска вълна
ИК – интерференчен клин
ИКРОП – интерференчен клин с различни отразяващи покрития
ИС – ивична структура
ИЧ – инфрачервен
ККФ – крос-корелационна функция
МКС – мулти-камерна система
НИЛТ – ниско-интензивна лазерна терапия
ОМА – оптичен многоканален анализатор
ПСМ - пространствено-светлинен модулатор
РОП – разлика в оптичните пътища
РСП – разпространение в свободното пространство
САР - синусоидална амплитудна решетка
СФР - синусоидална фазова решетка
УСЕ - усилена спонтанна емисия
ФДТ – фотодинамична терапия
ФОТ - фазово-отместваща техника
ФПИ – Фабри-Перо интерферометър
ФС - фотосенсибилизатор
ЦХМ – цифрова холографска микроскопия