

Терахерцовата революция¹

Какво е толкова специално около терахерцовото лъчение?

Много от материалите, които използваме във всекидневието, са прозрачни в терахерцовия² диапазон (THz), а други поглъщат това лъчение по специфичен начин. Ето защо ние можем да използваме THz-лъчението, за да виждаме през материали като платове или пластмасови фолия, както и да анализираме спектроскопски други вещества. В твърдите тела може да се наблюдават слабите не ковалентни взаимодействия между молекулите, а това осигурява информация за тяхната структура. Металите са непрозрачни за терахерцовите честоти, така че и те може лесно да се идентифицират.

Терахерцовото лъчение е не йонизиращо лъчение, което означава, че то не е опасно за хората. На летищата например то е идеално за откриване на неметални обекти, скрити под дрехите. А във фармацевтичната индустрия то може да се използва за химичен анализ на образците през опаковките (на блистерите, например). Няма друг диапазон на електромагнитния спектър, който притежава тези свойства.

Защо понастоящем е толкова голям интересът към тази част на спектъра?

Терахерцовата част на спектъра се намира между микровълновото и инфрачервеното лъчение (100 GHz – 10 THz) и доскоро не бе лесно достъпно за изследване и използване поради липсата на ефективни негови източници и детектори. Изследванията на THz-лъчението днес стана възможно благодарение напредъка в други области на физиката, като например създаването на лазери, които могат да излъчват стабилно светлинни импулси с фемтосекундна продължителност, и напредъка в нелинейната оптика – и двата случая може да се използват за генериране на THz-лъчение. След като са налице добри източници и детектори, различни компании и изследователски групи направиха забележителен напредък в разработките и приложенията, използващи тази част на спектъра.

Кое е най-важното техническо постижение в тази област през последните пет години?

Развитието на терахерцовата спектроскопия (THz time-domain spectroscopy – TDS) – мощно средство за идентифициране на материали и за химичен анализ – не би било възможно без развитието на фемтосекундните лазери. Схемата за генериране и детектиране е чувствителна към влиянието на веществото както на амплитудата, така и

¹ Интервю на Н. Анскомб с Рене Бейганг – ръководител на групата по свръхбърза фотоника и терахерцова физика в Техническия университет в Кайзерслаутерн, Германия, поместено на сайта PhysicsWeb на 7. април. (Бел. прев.)

² 1 THz = 10¹² Hz. (Бел. прев.)

на фазата на THz-лъчението. От тази гледна точка THz-техниката може да осигури повече информация, отколкото обикновената спектроскопия, основана на Фурие-трансформацията, която е чувствителна само към амплитудата.

Използват ли се днес THz-измервания в промишлените приложения?

Да, и броят им нараства с всеки изминал ден. Но областите, в които най-много може да се използва тази техника – аеронавтика, отбранителна промишленост и фармация – са забележимо предпазливи към възприемането на новите технологии и в това отношение прогресират бавно. Няколко компании вече пуснаха пасивни THz-камери за използване в системите за сигурност по летищата, а някои вече разработват и активни системи. Например британските компании ThruVision и QinetiQ имат свои системи на пазара.

Много хора вярват, че THz-технологията притежава потенциал да замени рентгеновите и металните детектори по летищата, но аз имам своите резерви. Наблюденията, свързани със сигурността на полетите, са едно много предизвикателно приложение поради разсейването от дрехите и необходимостта да се получи изображение и да се прави спектроскопия в реално време. Аз мисля обаче, че детекторите ще бъдат полезно допълнение към днешните скринингови техники и съм убеден, че през следващите няколко години ще виждаме подобни техники в летищата.

Друга британска компания, TeraView, използва едно интересно приложение във фармацевтичната промишленост. Компанията твърди, че нейната система може да се използва за бързи измервания на дебелината на покритията на таблетките, докато хапчетата се намират в хаотично движение в съда, в който са насипани. Неконтактността и недеструктивността на това приложение са негови преимущества. Освен това то дава триизмерна и химическа информация за съдържанието на таблетките и капсулите – нещо, което е недостъпно за обикновените техники за мониторинг.

Терахерцовата технология може да се използва също така за откриване на дефекти в материалите. Така например при производството на пластмаси тя може да се използва за откриване на въздушни мехурчета в екструдирани изделия, за проверка на целостта на споени пластмаси и за наблюдаване на дебелината на изделията. НАСА използва разработените от базираната в САЩ фирма Picometrix терахерцови продукти за изследване вътрешността на космическите совалки. Измерванията се използват за откриване на пукнатини и недостатъчно прилепване на изолационната пяна, нанесена върху външния резервоар за гориво на совалката. НАСА също така оценява възможността да използва терахерцови измервания за определяне целостта на плочите

за топлоизолация на совалката. С течение на времето корозията може да причини отлепване на част от някоя плоча. Чрез изследване на слоя, който залепя плочата към тялото на совалката, може да се определи коя плоча трябва да се замени, и коя може да се използва и в бъдеще.

Тъй като е безопасна за хората, THz-технологията може също така, по принцип, да се използва за получаване на образи в медицината и зъболекарството. Приложенията в тази насока са безбройни.

Има ли някакви проблеми при използването ѝ?

Да, лъчението има своите ограничения. Повечето полярни молекули в газова фаза взаимодействат с THz-лъченията, което означава, че по принцип то може да се използва за детектиране на газове. Чувствителността на подобни техники обаче не може да съперничи на чувствителността на другите методи, използване за същата цел. Най-големият проблем за приложенията на THz-лъчението е водната пара, която влияе на измерванията. Това е една от трудностите при използването на THz-системи в устройства, използвани на открито.

Какви бъдещи усъвършенствания биха подпомогнали развитието и ръста на тази индустрия?

Основните показатели са цена, скорост и сложност. THz-системите са скъпи, тъй като използваните за получаване на лъчение фемтосекундни лазери са много скъпи. Използването на по-евтини фемтосекундни лазери, в частност тези, работещи на телекомуникационните дължини на вълните, ще снижи общата цена на системите. Използването на устройства с непрекъснати вълни, основани на електроника или на оптично генериране, също могат да снижат цената значително, макар че подобни системи не може да се използват във всички приложения.

За да бъдат полезни в промишлените приложения, системите трябва да станат здрави, компактни и лесни за ползване. Времето, необходимо за едно измерване, е друго важно изискване, което трябва да се има предвид. В частност, за онлайн мониторинг на процеси или за приложенията, свързани със сигурността, трябва да се разработят нови 2D-техники за измерване, включително и бързи алгоритми за оценяване. Съществуващото усъвършенстване на квантовите каскадни лазери като източници на THz-лъчение може да разшири промишлените приложения на тези системи.

Тъй като технологията има много и различни области на приложение, няма да е възможно използването на една THz-система едновременно за всички тях.

Следователно всички системи, които понастоящем се създават, имат своите преимущества и проблеми, в зависимост от конкретното приложение. За да се разшири областта на приложение на дадена система е перспективно използването на модулния принцип със сменяеми емитери и детектори, тъй като в този случай може лесно да се приспособи към дадена специфична ситуация, без промяна на цялата THz-система. По този път се насочват много търговски компании и изследователски институти с цел да направят THz-технологията използвана за различни промишлени приложения.