

DIAĽKOVÉ MONITOROVANIE OVZDUŠIA

ČERNECKÝ Jozef – KONIAR Ján, SR

Resumé

Pri posudzovaní čistoty ovzdušia často treba používať metódy diaľkového monitorovania. Pre tento účel sa najčastejšie používa laser s detegujúcim príslušenstvom, ktorého úzky zväzok elektromagnetického žiarenia v interakcii s atmosférickými nečistotami nám podáva kvalitatívnu a kvantitatívnu informáciu.

Kľúčové slová: LIDAR, LASER, diaľkové monitorovanie ovzdušia.

DISTANCE AIR MONITORING

Abstract

For air quality evaluation distance monitoring methods are often needed. For this purpose a laser with detecting equipments is mostly used where its narrow beam of electromagnetic radiation in interaction with atmospheric pollutants gives us both quality and quantity information.

Key words: LIDAR, LASER, distance air monitoring.

1 Úvod

Zisťovanie prítomnosti znečisťujúcich látok v ovzduší sa už stáva nevyhnutnou potrebou. Obývané a neobývané oblasti sú obklopené sieťou meracích staníc, ktoré nepretržite monitorujú koncentrácie vybraných plyných a tuhých znečisťujúcich látok. Údaje z merania sú obvykle napojené na spoločnú informačnú sieť, ktorá potom neustále zásobuje sústavou nameraných dát monitorovaciu centrálu.

Na diaľkové monitorovanie ovzdušia možno využiť rôzne meracie zariadenia, najčastejšie sa využíva LIDAR. Slovo **LIDAR** je akronym z anglického výrazu **Light Detection and Ranging**, resp. detekcia svetla a meranie vzdialenosti.

LIDAR je meracie zariadenie, ktoré má široké využitie. Možno ho využiť napr. pre sledovanie šírenia znečisťujúcich látok z ich zdrojov, pre štúdium vzniku a šírenia fotochemického smogu, štúdium turbulencie atmosféry, určenie spodnej hranice oblačnosti a profilov mrakov.

Podľa metódy detekcie možno LIDARy rozdeliť na **aktívne** – odozva znečisťujúcich látok je vyvolaná aktívnym zásahom (vyslaním úzkeho laserového zväzku do atmosféry) a **pasívne** – detekcia útlu slnečného žiarenia prechádzajúceho atmosférou.

LIDAR môže byť vybavený aj prístrojmi na záznam poveternostných javov (teplota, vlhkosť, atmosférický tlak, rýchlosť a smer prúdenia vetra). Presnosť merania LIDARom je závislá na meteorologických podmienkach, vzdialenosti, topografii meraného územia, rozložení koncentrácií vo vlnke znečisťujúcich látok. Z toho vyplýva, že citlivosť a presnosť je pre každé meranie individuálna.

2 Ramanov analytický LIDAR

Pri prechode monochromatického elektromagnetického žiarenia prostredím sa časť žiarenia rozptýli, časť je prostredím absorbovaná a časť týmto prostredím prejde.

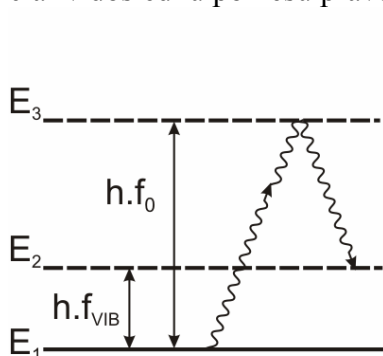
Princíp interakcie žiarenia s molekulovým prostredím využíva RAMANOV analytický LIDAR. Pri tejto interakcii dochádza k dvom druhom zrážok fotónov s molekulami.

Pri dokonale pružnej zrážke fotónu s molekulou (elastickom rozptyle) dôjde k excitácii (vybudeniu) molekuly na tzv. virtuálnu hladinu (Obr. 1a), t.j. na nestabilnú hladinu, indukovanú len po dobu interakcie s fotónom. Pre energiu fotónu platí Planckov zákon $E = h \cdot f$, kde h je Planckova konštanta a f je frekvencia elektromagnetickej vlny.

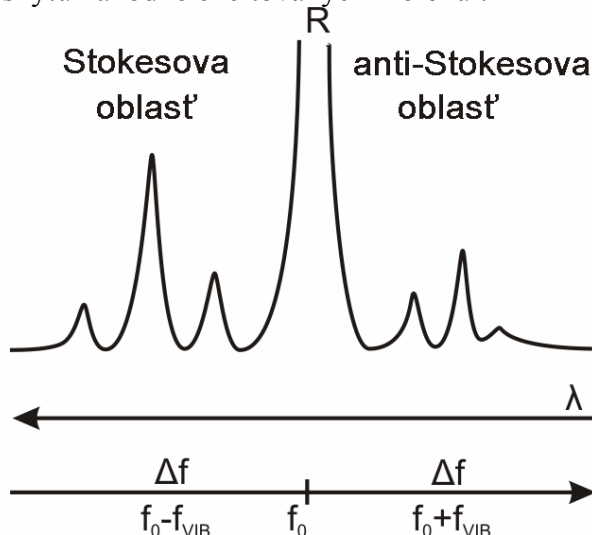
Ak sa molekula po skončení interakcie vráti na pôvodnú energetickú hladinu (E_1), vyžiari sa fotón s rovnakou energiou $E = h \cdot f_0$, akú mal pred zrážkou s molekulou a nastáva **Rayleighov rozptyl**. Tento rozptyl je bez zmeny frekvencie (vlnovej dĺžky) žiarenia a šíri sa všetkými smermi (Obr. 1b).

V malej miere je rozptyl žiarenia doprevádzaný zmenou vlnovej dĺžky - dochádza k **Ramanovmu javu**. Pri nepružnej zrážke fotónu s molekulou fotón časť svojej energie odovzdá alebo istú energiu prijme. V elektromagnetickom spektre sa objavujú čiary s **vyššou** a **nižšou** frekvenciou než frekvencia dopadajúceho svetla. Toto nastane vtedy, keď sa molekula vráti na inú hladinu, než mala pred zrážkou. Ak je táto hladina vyššia (E_2) než mala pred zrážkou (E_1), stratí rozptýlený fotón časť svojej energie ($E_2 - E_1 = h \cdot f_{vib}$) a frekvencia žiarenia sa zmenší. V elektromagnetickom spektre leží frekvencia tohto typu na dlhovlnnej strane **Rayleighovej čiary**, v oblasti nazývanej **Stokesová oblasť Ramanovho spektra**.

Pri návrate molekuly z virtuálnej hladiny na hladinu nižšiu, než bola pôvodná, fotón energiu získava a frekvencia žiarenia sa zväčší. Frekvencie tohto typu sa objavujú v krátkovlnnej oblasti **Ramanovho** spektra a nazýva sa **anti-Stokesova oblasť** (Obr. 1b). Pretože v tomto prípade dochádza k prechodom z excitovaných hladín na hladinu základného stavu, znižuje sa s rastúcou frekvenciou intenzita Ramanových čiar v dôsledku poklesu pravdepodobnosti výskytu náhodne excitovaných molekúl.

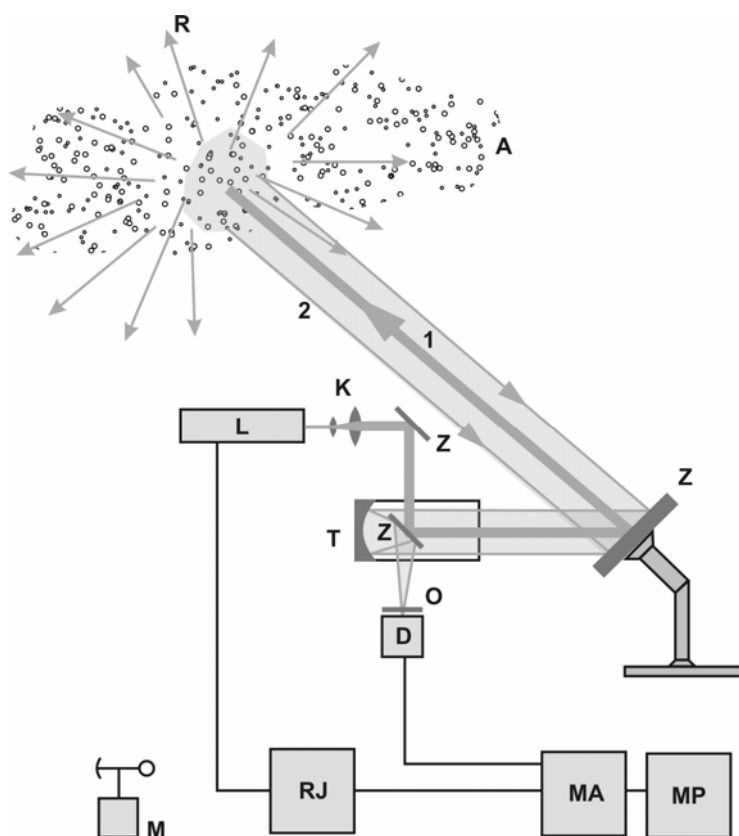


Obr. 1a Energetické hladiny
 E_1 – pôvodná energetická hladina,
 E_2 – energetická hladina po zrážke,
 E_3 – nestabilná energetická hladina



Obr. 1b Ramanove spektrum
 R – čiara Rayleighovho rozptylu,
 $\Delta f = (f_0 \pm f_{vib})$ – frekvencia Ramanovho žiarenia,
 λ – vlnová dĺžka žiarenia,
 f_0 – frekvencia vysielaného žiarenia

Rayleighov rozptyl sa prejavuje pomerne výraznou čiarou a po jej stranách sa nachádza väčší počet **Ramanových čiar** (Obr. 1b). Pretože spektrum Ramanovho rozptylu súvisí s vibračnými a rotačnými stavmi molekúl, potom možno pomocou neho identifikovať rozličné molekuly. Princíp činnosti Ramanovho LIDARu možno popísať podľa schémy na Obr. 2. Laserový zväzok vyslaný z lasera (L) po prechode cez kolimátor (K) a po odraze od zrkadiel (Z) je nasmerovaný do atmosféry zo znečisťujúcimi látkami (A). Tam sa dostáva do interakcie so všetkými molekulami, ktoré sú v nej obsiahnuté. Po odraze laserového zväzku od monitorovanej oblasti atmosféry Ramanovo spektrum prináša informácie o všetkých zlúčeninách, ktoré sa tam nachádzajú. Z polohy Ramanových čiar možno určiť zlúčeniny, z intenzít Ramanových čiar koncentráciu, a z oneskorenia prijatého signálu vzdialenosť absorbujúceho prostredia od zdroja signálu (vzdialenosť od LIDARu). Doba interakcie fotónu laserového žiarenia s molekulami znečisťujúcich látok nachádzajúcich sa v atmosfére je veľmi krátka.



Obr. 2 Schéma Ramanovho LIDARu

A – atmosféra so znečisťujúcimi látkami, R – rozptýlené laserové žiarenie, L – laser, K – kolimátor, T – teleskop, S – spektrometer, MA – multikanálový analyzátor, O – objektív, RJ – riadiaca jednotka, MP – mikropočítač, Z – zrkadlo, M – anemorumbometer, 1 – vysielané laserové žiarenie, 2 – prijímané žiarenie

Prijímané žiarenie odrazené od meranej oblasti atmosféry má nižšiu intenzitu, ako vyslaný laserový zväzok. Toto odrazené žiarenie je fokusované do štrbiny presne nastaveného spektrometra, odkiaľ po spektrálnom rozklade dopadá na detektory (D)

rozmiestnené za výstupnou štrbinou tak, aby každý z nich pokrýval určitý spektrálny interval. K spracovaniu zachyteného signálu sa používa interný mikropočítač (MP), cez ktorý možno namerané údaje preniesť aj do externého počítača na ďalšiu analýzu.

Výhoda použitia Ramanovho LIDARu pri monitorovaní ovzdušia spočíva v tom, že dovoľuje určiť dvojatómové a viacatómové molekuly nachádzajúce sa v atmosfére. Pri použití Ramanovho LIDARu sa vyžadujú veľké výstupné výkony použitých laserov, pretože s rastúcou vzdialenosťou sa medza detekcie zhoršuje. LIDAR s vysokým výkonom lasera je finančne náročný a preto sa používa predovšetkým v prípadoch, kedy nemožno použiť žiadnu inú analytickú metódu na meranie vo veľkých vzdialenostiach.

3 Záver:

V príspevku je popísaný Ramanov LIDAR, ktorý sa často používa pri diaľkovom monitorovaní ovzdušia. Tieto poznatky možno využiť na doplnenie učebných textov zameraných na monitorovanie ovzdušia, resp. technických prostriedkov merania a monitorovania.

4 Literatúra:

1. ČERNECKÝ, J.: Technické prostriedky merania a monitorovania. TU vo Zvolene, 2005. ISBN 80-228-1439-3.
2. GARAJ, J. – BUSTIN, B. – HLADKÝ, Z.: Analytická chémia, Alfa SNTL Praha, 1987.
3. GAJTANSKA, M., – IGAZ, R., – CHRISTOV, I.: Laserové detekčné technológie v environmentálnej technike. Medzinárodná vedecko-odborná konferencia XIX. DIDMATTECH 2006, Košice 2007, s. 34 – 37, ISBN 978-80-89234-23-3,
4. GAJTANSKA, M. – CHRISTOV, I. – IGAZ, R.: Detekcia environmentálneho znečistenia ovzdušia s využitím laserových technológií. In: Výskumné a edukačné aktivity na katedrách fyziky technických univerzít na Slovensku: Zborník z vedeckej konferencie. STU Bratislava, 2006, s. 121 – 125, ISBN 80-227-2430-0
5. KALOUS, V.: Jak moderní chemie zkoumá strukturu molekul. SNTL Praha, 1983.
6. SMOLKOVÁ, E. – FELTL, L.: Analýza látek v plynném stavu. SNTL Praha, 1991.

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA 3/6431/08.

Lektoroval: doc. RNDr. Milada Gajtanska, CSc.

Kontaktná adresa:

Jozef Černecký, doc. Ing. CSc.,
Katedra environmentálnej techniky,
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene,
Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR,
tel. 00421 045 5206698,
e-mail: jcern@vsld.tuzvo.sk

Ján Koniar, Ing.,
Katedra environmentálnej techniky,
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene,
Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR,
tel. 00421 045 5206809,
e-mail: koniar@vsld.tuzvo.sk