

Jan KUBICKI  
Zygmunt MIERCZYK  
Krzysztof KOPCZYŃSKI  
Miroslaw KOPIKA  
Jadwiga MIERCZYK

## ZDALNE WYKRYWANIE PAR ALKOHOLU W PORUSZAJĄCYCH SIĘ SAMOCHODACH

**STRESZCZENIE**      *W pracy przedstawiono oryginalną metodę zdalnego wykrywania par alkoholu w poruszających się samochodach przy pomocy urządzenia wykorzystującego wiązkę światła laserowego oddziaływującego rezonansowo z parami alkoholu. Zasygnalizowana została motywacja podjęcia przedstawionej tematyki. Przypomniano opis występujących zjawisk fizycznych. Pokazano wyniki wstępnych badań. Opisany został układ eksperymentalny, na którym przebadano możliwości proponowanej metody. Wyciągnięto wnioski odnośnie prowadzenia dalszych prac badawczych i budowy stanowiska prototypowego do wykorzystania na drogach.*

**Słowa kluczowe:** *alkohol etylowy, spektroskopia laserowa, zdalna detekcja par*

---

**dr inż. Jan KUBICKI, prof. dr hab. inż. Zygmunt MIERCZYK**  
jkubicki@wat.edu.pl, zmierczyk@wat.edu.pl

**dr inż. Krzysztof KOPCZYŃSKI, dr inż. Miroslaw KOPIKA**  
kkopczyński@wat.edu.pl, mkopica@wat.edu.pl

**mgr Jadwiga MIERCZYK**  
jmierczyk@wat.edu.pl

Instytut Optoelektroniki, Wojskow Akademia Techniczna

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 244, 2010

## 1. WSTĘP

---

Powszechnie znane są metody zdalnego wykrywania różnych związków chemicznych przy pomocy wiązki monochromatycznego światła o częstotliwości dopasowanej do pasma absorpcji tych substancji. Opis tych metod można znaleźć m. in. w literaturze [1, 2, 3, 4, 5]. Przedstawiono w nich możliwości wykrywania i badania związków chemicznych przy pomocy promieniowania oddziaływującego rezonansowo z tymi związkami. Pokazano wiele urządzeń pracujących w laboratoriach, przemyśle, w ochronie środowiska czy w wojsku. Stosowana w nich zdalna detekcja wykorzystująca metody i technologie optoelektroniczne, pozwala na bardzo precyzyjne określenie stężeń gazowych zanieczyszczeń atmosfery, wypierając coraz częściej w monitorowaniu środowiska metody dotychczas stosowane (np. metody chemii mokrej, chromatografia itp.). Do najważniejszych zalet metod optoelektronicznych należy zaliczyć możliwość pełnej automatyzacji pomiaru, jednoznaczność wyników, możliwość dokonywania pomiarów bez konieczności pobierania próbki, a także zintegrowanie różnych systemów elektro-optycznych w procesie akwizycji, przetwarzania i transmisji danych. Powszechnie stosowany jest system zdalnego monitorowania typu „stand-off” [6] pozwalający wykrywać zanieczyszczenia (gazy, aerozole, dymy, pyły) ze znacznej odległości bez kontaktu z obszarem występowania tego zanieczyszczenia. Najczęściej wykorzystywane są w nim aktywne systemy laserowe (lidary z laserami przestrajalnymi i systemami obróbki danych pozwalającymi wyznaczyć absorpcję różnicową – Difference Absorption Lidar DIAL). Na uwagę zasługuje również fakt, że opisane metody pozwalają analizować ośrodek w sposób niezwykle szybki. Sondująca wiązka światła jest w stanie prześwietlić go w czasie poniżej  $10^{-6}$  sekundy. Tym samym możliwe jest badanie układów ruchomych bez potrzeby ich zatrzymywania.

## 2. ZJAWISKA FIZYCZNE W MOLEKULARNYM OŚRODKU GAZOWYM OŚWIETLANYM WIĄZKĄ REZONANSOWO POCHŁANIANEGO PROMIENIOWANIA PODCZERWONEGO

---

Zarówno absorpcja jak i emisja promieniowania elektromagnetycznego przez materię powoduje zmiany jego natężenia. Wykres zależności natężenia promieniowania od częstości (liczby falowej, długości fali) absorbowanego lub emitowanego promieniowania nazywany jest widmem. Badaniem zjawisk

występujących przy oddziaływaniu promieniowania z molekułami w ośrodku gazowym zajmuje się molekularna spektroskopia świetlna. Zadaniem jej jest określenie zmian w promieniowaniu elektromagnetycznym w wyniku oddziaływania z cząsteczkami związków chemicznych, przy uwzględnieniu zasobu energii wewnętrznej związanej ze strukturą cząsteczek.

Na energię tą składają się energia translacji, rotacji, oscylacji i energia elektronowa. Z punktu widzenia molekularnej spektroskopii podczerwieni interesująca jest energia rotacji i oscylacji.

Energia rotacji jest związana z obrotem cząsteczki wokół własnych osi. Dla większości cząsteczek ruchowi rotacyjnemu można przypisać trzy stopnie swobody (rotacje wokół osi x, y, z). Jednak w przypadku cząsteczek liniowych rotacja wokół osi wiązania ma pomijalnie małą energię i takie cząsteczki charakteryzują się tylko dwoma stopniami swobody rotacji. Obrazowo można to przedstawić na rysunku 1.

Energia rotacji cząsteczek jest wielkością kwantowaną i wynosi:

$$E_{rot} = B(J + 1) \cdot J \quad (1)$$

gdzie:

$$B = \frac{h^2}{8\pi^2 I} \quad (I - \text{moment bezwładności}) \quad (2)$$

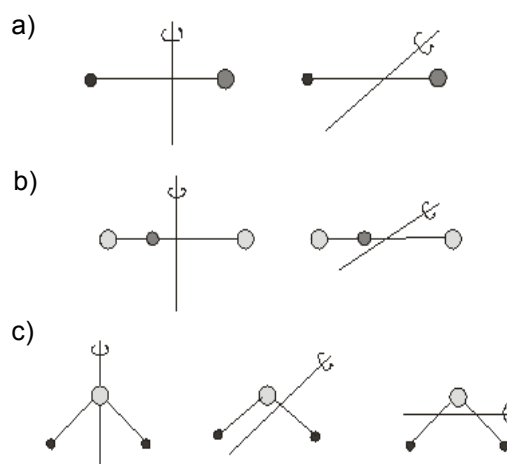
Należy podkreślić, że według tzw. reguły wyboru możliwe są wyłącznie przejścia między sąsiednimi poziomami rotacji, czyli  $\Delta J = \pm 1$

Łatwo można stwierdzić, że sąsiednie poziomy energii rotacji charakteryzujące się kolejnymi liczbami kwantowymi  $J$  różnią się o wartość:

$$\Delta E_{rot} = E_{J+1} - E_J = 2B(J + 1) \quad (3)$$

Różnica sąsiednich poziomów energetycznych rotacji jest opisana wyrażeniem:

$$\overline{\Delta E_{rot}} = 2\overline{B}(J + 1) \quad (4)$$



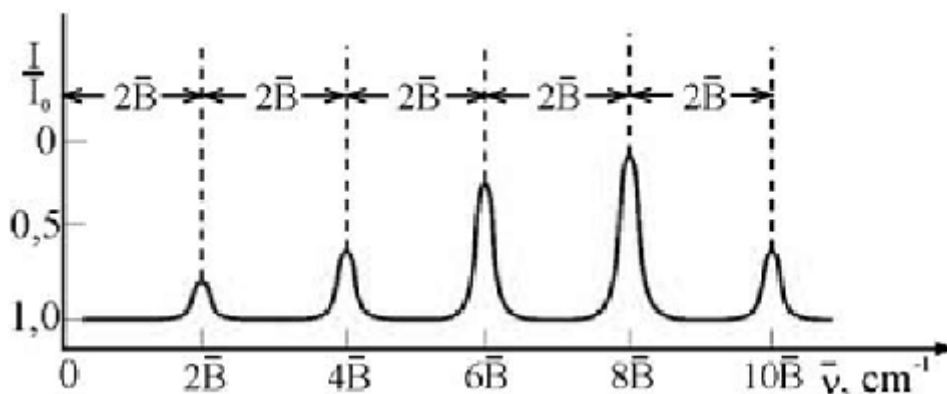
**Rys. 1. Rotacje cząsteczek:**

a) liniowych dwuatomowych, b) liniowych trójatomowych, c) nieliniowych trójatomowych [7]

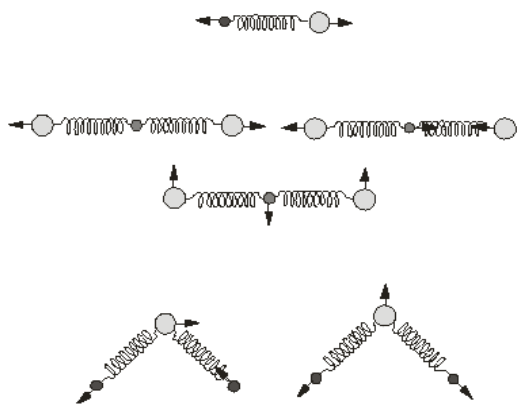
i w miarę wzrostu liczby kwantowej  $J$  zwiększa się zawsze o stałą wartość:

$$\Delta\Delta\overline{E}_{rot} = 2\overline{B} \quad (5)$$

W wyniku tego widmo absorbowanego promieniowania przyjmuje postać przedstawioną na rysunku 2.



Rys. 2. Widmo rotacyjne dwuatomowej cząsteczki CO



Rys. 3. Oscylacje zrębów atomowych w molekułach: a) liniowych dwuatomowych, b) liniowych trójatomowych, c) nieliniowych trójatomowych [7]

Oczywiście warunkiem wystąpienia oddziaływania między promieniowaniem elektromagnetycznym a cząsteczką jest dopasowanie energii pochłanianego fotonu do różnicy energii jej poziomów rotacyjnych. Dodatkowym warunkiem jest występowanie w cząsteczce trwałego momentu dipolowego. Cząsteczki nie posiadające trwałego momentu dipolowego jak  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  nie dają absorpcyjnych widm rotacyjnych.

Energia oscylacji – jest związana z drganiami, czyli oscylacjami zrębów atomowych wokół położenia równowagi. Ten rodzaj ruchu może być przedstawiony za pomocą modelu oscylatora mechanicznego (rys. 3), w którym wiązania między zrębami atomowymi pełnią rolę sprężyn. Liczba stopni swobody oscylacji dla cząsteczek liniowych zawierających  $n$  atomów wynosi  $3n - 5$  a dla cząsteczek nieliniowych  $3n - 6$ .

Ogólnie w molekułach mogą występować:

- drgania rozciągające nazywane też walencyjnymi (ang. stretching), w tym symetryczne i asymetryczne, polegające na rytmicznych zmianach (zwiększaniu i zmniejszaniu) odległości zębów atomowych wzdłuż osi wiązania (zmiana długości wiązań bez zmiany kątów między wiązaniami);
- drgania zginające lub deformacyjne (ang. bending), w tym nożycowe (ang. scissoring), wahadłowe (ang. rocking), skręcające (ang. twisting) i wachlarzowe (ang. wagging), polegające na zmianie kątów między wiązaniami atomów lub na ruchu grupy atomów w stosunku do reszty cząsteczki.

Praktycznie mamy do czynienia ze stosunkowo złożoną sytuacją zwłaszcza w przypadku molekuł wieloatomowych nieliniowych. Tak np. drgania zębów atomowych molekuły wody pokazane na rysunku 4 posiadają aż sześć możliwych oscylacji.

Częstość drgań własnych dwujądrowego oscylatora cząsteczkowego  $\nu$  określona jest przez wartość stałej siłowej wiązania  $f$ .

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{f}{m_{red}}} [Hz] \quad (6)$$

gdzie:

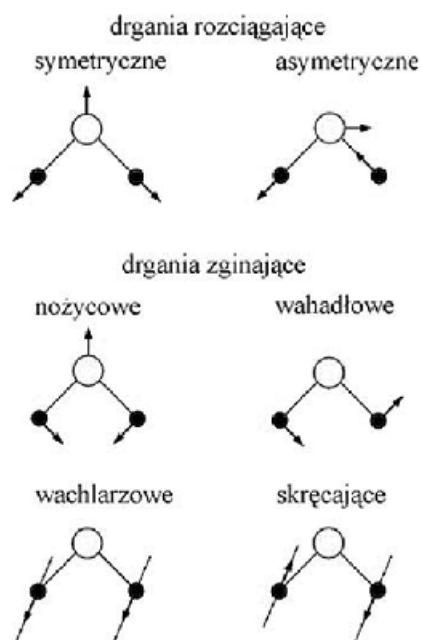
$$m_{red} = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \quad \text{– masa zredukowana.}$$

Z rozwiązania równania Schrödingera dla harmonicznego dwujądrowego oscylatora cząsteczkowego wynikają kwantowane wartości energii stanów oscylacyjnych w postaci wyrażenia:

$$E_{osc} = \hbar \sqrt{\frac{f}{m_{red}}} (\nu + 1/2) [J] \quad (7)$$

gdzie  $\nu = 0, 1, 2, 3, \dots$  jest liczbą kwantową oscylacji.

Poziomy energetyczne oscylacji różnią się zawsze o jednakową wartość, zależąc od stałej siłowej wiązania i masy zredukowanej oscylatora:



Rys. 4. Oscylacje zębów atomowych w cząsteczkach wody [8]

$$\Delta E_{osc} = E_{V+1} - E_V = \hbar \sqrt{\frac{f}{m_{red}}} [J] \quad (8)$$

lub

$$\Delta \bar{E}_{osc} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{f}{m_{red}}} [cm^{-1}] \quad (9)$$

Należy pamiętać, że w podczerwieni można obserwować tylko te drgania zębów atomowych, które powodują rytmiczne zmiany momentu dipolowego. Spośród cząsteczek dwuatomowych powyższy warunek mogą spełnić wyłącznie cząsteczki heterojądrowe.

Dla chemika najbardziej interesujące są widma oscylacyjne otrzymane w zakresie między  $4000\text{ cm}^{-1}$  i  $400\text{ cm}^{-1}$ . Ich analiza stanowi jedną z ważnych metod określania budowy związków chemicznych. W zakresie  $4000\text{ cm}^{-1}$  do  $1300\text{ cm}^{-1}$  występują pasma charakterystyczne dla poszczególnych ugrupowań w cząsteczce. Z kolei w zakresie  $1300\text{ cm}^{-1}$  –  $400\text{ cm}^{-1}$  obserwowane są pasma charakterystyczne dla całości cząsteczki i dlatego ten ostatni nazywany jest obszarem odcisku palca (finger print).

Na podstawie wartości liczb falowych odpowiadających maksimum absorpcji można wnioskować nie tylko o obecności określonych ugrupowań i wiązań w cząsteczkach badanych związków ale też o ich braku.

W molekułach ośrodków gazowych występują jednocześnie oscylacje zębów atomowych i rotacje molekuł. W wyniku tego przy oddziaływaniu promieniowania z tymi ośrodkami otrzymujemy widmo oscylacyjno-rotacyjne. Energia zaabsorbowanego kwantu promieniowania wynosi wówczas:

$$E_f = \Delta E_{vib} + \Delta E_{rot} \quad (10)$$

Odpowiadająca mu liczba falowa ma wartość:

$$\bar{\nu} = \bar{\nu}_0 + \bar{B}[J'(J'+1) - J''(J''+1)] \quad (11)$$

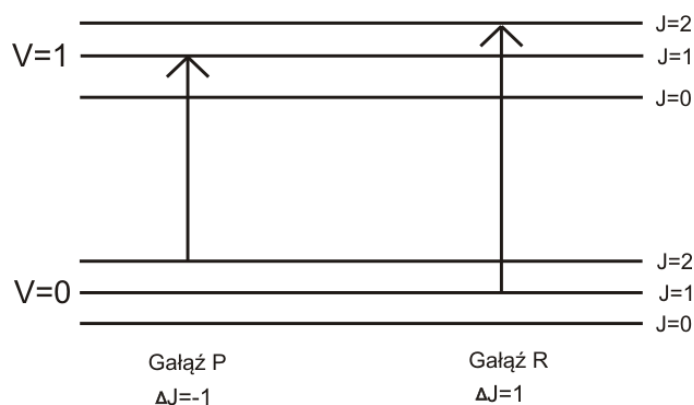
Uwzględniając fakt, że reguły wyboru pozwalają jedynie na przejścia:  $\Delta v = \pm 1$ ,  $\Delta J = \pm 1$ , otrzymamy dla  $\Delta J = +1$ ,  $J' = J'' + 1$  – widmo nazwane gałęzią R zawierające kwanty promieniowania o energii:

$$\bar{\nu} = \bar{\nu}_0 + 2\bar{B}(J'' + 1), \quad (12)$$

natomiast dla  $\Delta J = -1$ ,  $J' = J'' - 1$ , otrzymamy widmo nazwane gałęzią *P* zawierające kwanty promieniowania o energii:

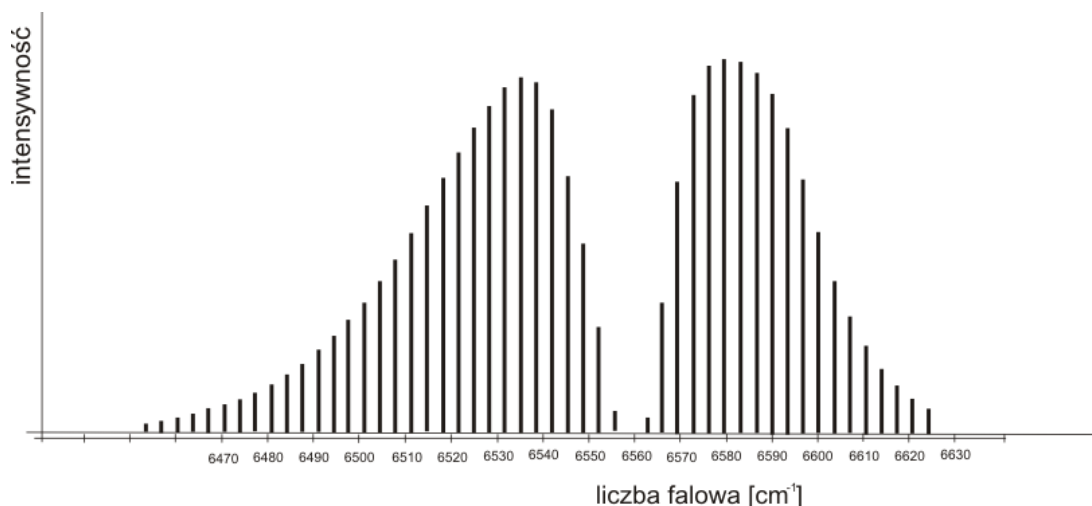
$$\bar{\nu} = \bar{\nu}_0 - 2\bar{B}J'' \quad (13)$$

Można to przedstawić na schemacie:



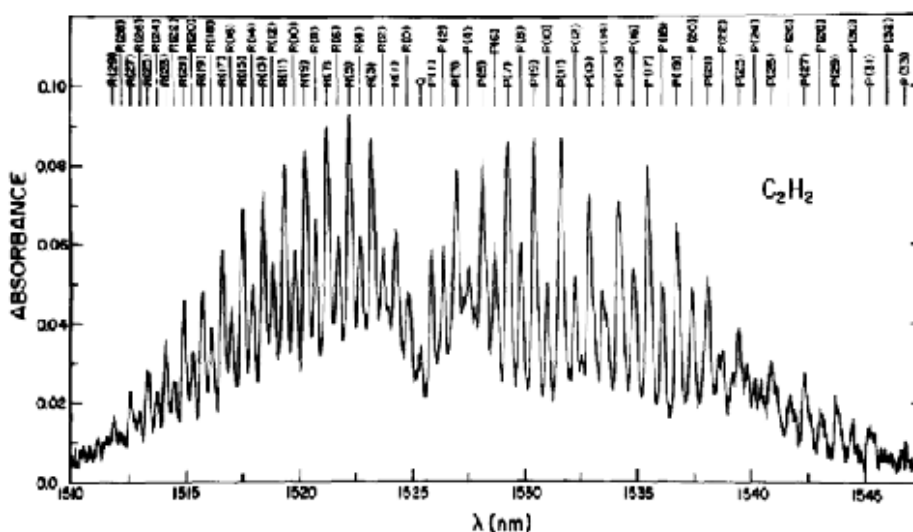
**Rys. 5. Schemat oscylacyjno-rotacyjnych poziomów energetycznych w molekułach**

Przewidziane na podstawie tych rozważań widmo absorbowanego promieniowania w acetylenie, przedstawiono na rysunku 6.

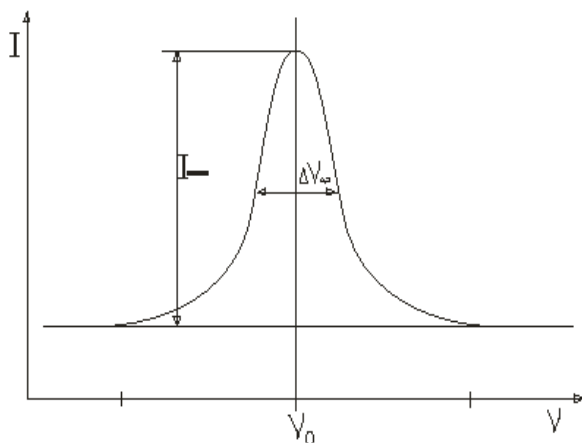


**Rys. 6. Przewidywane oscylacyjno-rotacyjne widmo acetyleny [9]**

Praktycznie obserwowane na spektrofotometrze widmo absorpcyjne acetyleny pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Widmo acetyleny obserwowane [10]



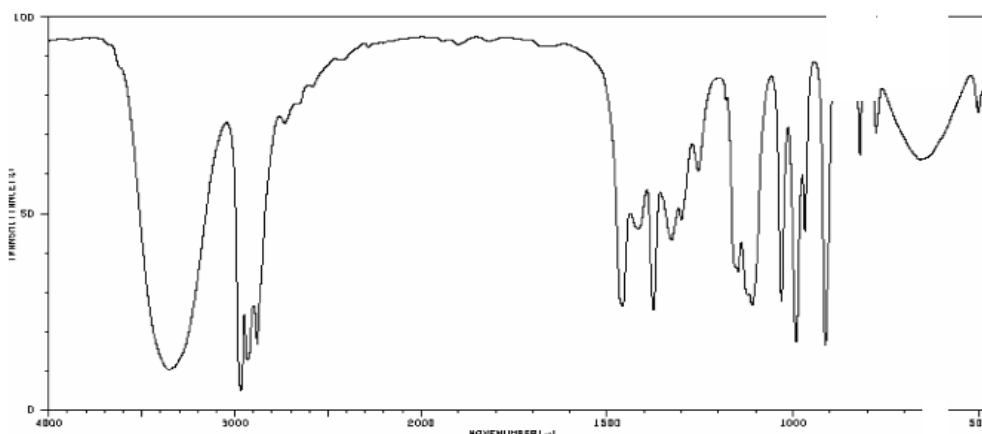
Rys. 8. Kontur pasma spektralnego [11]

Obserwując to widmo, widzimy że poszczególne linie są rozmyte. Przy wyższych ciśnieniach (zbliżonych do ciśnienia atmosferycznego) wynika to głównie z zasady nieoznaczoności Heisenberga ( $\Delta E \cdot \tau \geq \hbar$ ), wg której przy stosunkowo częstych zderzeniach między molekułami, energia na poszczególnych poziomach jest określona w sposób niejednoznaczny. W związku z tym, otrzymujemy wspomniane rozmycia

przyjmujące kształt krzywej dzwonowej (rys. 8).

Zgodnie z wzorem (2), dla molekuł posiadających stosunkowo duży moment bezwładności, energia rotacji jest odpowiednio mała i w związku z tym odstęp między liniami oscylacyjno – rotacyjnymi są również małe. Niekiedy mogą być mniejsze od naturalnej szerokości linii widmowych. Otrzymujemy wówczas zamiast dyskretnych linii, jedno ciągłe pasmo, którego szerokość zależy właśnie od oscylacyjno-rotacyjnych przejść. Praktycznie z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku alkoholi. Na rysunku 9 przedstawiono widmo absorpcyjne butanolu.





Rys. 9. Widmo butanolu  $C_4H_9OH$  [12]

Widać bardzo szerokie pasmo absorpcyjne w zakresie  $3100 \div 3600 \text{ cm}^{-1}$ .

Opisane zjawiska można wykorzystać do ilościowego określania stężenia związku chemicznego absorbującego promieniowanie w badanym roztworze. Wykorzystuje się do tego prawo Lamberta-Beera, które stwierdza że względny spadek natężenia promieniowania ( $I$ ) pochłanianego przez roztwór związku chemicznego jest proporcjonalny do stężenia molowego roztworu ( $c$ ) i grubości warstwy ( $l$ ) przez którą to promieniowanie przechodzi:

$$-\frac{dI}{I} = \varepsilon_e \cdot c \cdot dl \quad (14)$$

gdzie:

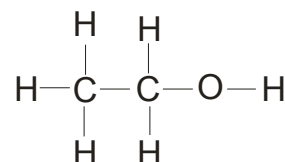
$\varepsilon_e$  – naturalny molowy współczynnik absorpcji, który możemy wyznaczyć eksperymentalnie, badając roztwór o znanym stężeniu.

### 3. WŁASNOŚCI SPEKTRALNE PAR ALKOHOLU ETYLOWEGO

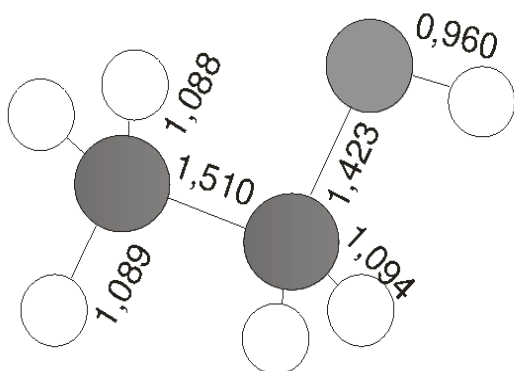
Alkohol etylowy należy do najpopularniejszych związków chemicznych. Powszechnie znane są jego własności fizyczne i chemiczne. Na uwagę zasługuje fakt, że jest on związkiem chemicznym stosunkowo lotnym. Przy ciśnieniu atmosferycznym jego temperatura wrzenia wynosi tylko  $80^\circ\text{C}$ . W związku z tym w bezpośredniej przestrzeni otaczającej otwarte naczynie z alkoholem ciekłym w postaci czystej lub rozpuszczonym w wodzie mamy już w temperaturze pokojowej stosunkowo duże stężenie par alkoholu. Pary te pojawiają się również w powietrzu wydychanym przez osoby, które alkohol spożywały.

Zachodzi więc pytanie, czy możliwe jest zdalne wykrywanie par alkoholu przy pomocy metody wykorzystującej absorpcję różnicową jak we wspomnianym systemie DIAL.

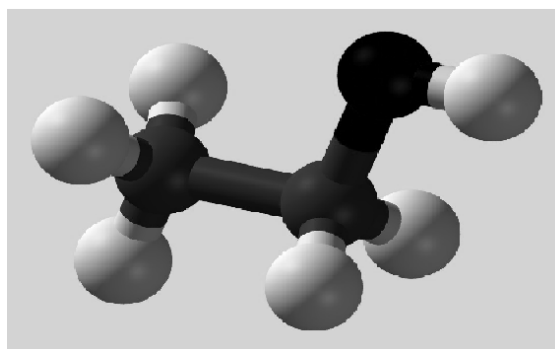
Przyjrzyjmy się bliżej strukturze molekule alkoholu etylowego i widmie absorpcyjnym tego związku. Na podstawie badań fizykochemicznych określony został wzór strukturalny molekule  $C_2H_5OH$ :



oraz jej modele przedstawione odpowiednio na rysunkach 10 i 11:



Rys. 10. Model molekule  $C_2H_5OH$  z określeniem długości wiązań w Å [13]



Rys. 11. Fotografia modelu molekule alkoholu etylowego

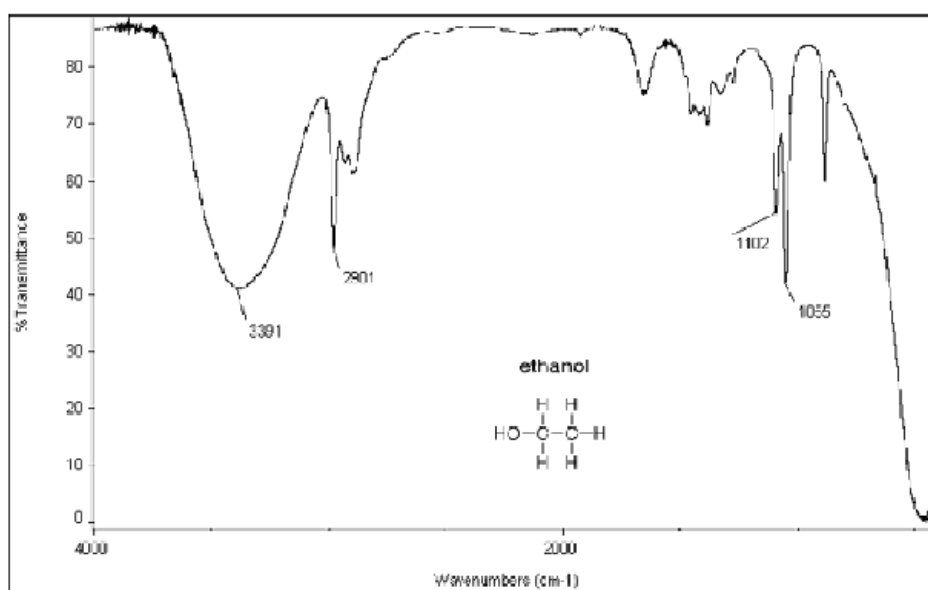
W molekule alkoholu etylowego występuje szereg wzajemnych oddziaływań pomiędzy atomami poszczególnych pierwiastków. Należą do nich: drgania rozciągające wiązanie OH, drgania rozciągające wiązanie CH, drgania rozciągające wiązanie CO oraz różne drgania w trój i czteroatomowych układach wchodzących w skład tej molekule [14, 15].

Z oddziaływaniem rozciągającym atomów w wiązaniu OH związana jest absorpcja w zakresie  $3300-3500 \text{ cm}^{-1}$ , natomiast z oddziaływaniem rozciągającym we wiązaniu CH, absorpcja w pobliżu  $3000 \text{ cm}^{-1}$ .

W grupach atomów  $CH_2$  oraz  $CH_3$  występują bardziej skomplikowane oddziaływania międzyatomowe:

- symetrycznie zginające oscylacje w  $\text{CH}_3$  –  $1343\text{ cm}^{-1}$ ;
- deforamacyjne oscylacje w  $\text{CH}_3$  –  $1424\text{ cm}^{-1}$ ;
- symetrycznie rozciągające oscylacje w grupie  $\text{CH}_3$  –  $2935\text{ cm}^{-1}$ ;
- antysymetryczne oscylacje rozciągające grupę C–H od  $\text{CH}_2$  –  $2986\text{ cm}^{-1}$ ;
- antysymetryczne oscylacje rozciągające grupę C–H od  $\text{CH}_3$  –  $3016\text{ cm}^{-1}$ ;
- symetryczne, rozciągające grupę C–H od  $\text{CH}_2$  –  $2886\text{ cm}^{-1}$ ;
- symetryczne, rozciągające grupę C–H od  $\text{CH}_3$  –  $2946\text{ cm}^{-1}$ ;
- zewnętrzne międzyfazowe oscylacje skręcające  $\text{CH}_2$  –  $1259\text{ cm}^{-1}$ ;
- płasko kiwające drgania  $\text{CH}_2$  –  $1303\text{ cm}^{-1}$ ;
- symetrycznie deformujące drgania  $\text{CH}_3$  –  $1383\text{ cm}^{-1}$ .

W wyniku nałożenia się różnych pasm, obserwuje się widmo wypadkowe przedstawione na rysunku 12.



Rys. 12. Widmo absorpcyjne alkoholu etylowego w zakresie podczerwieni [14]

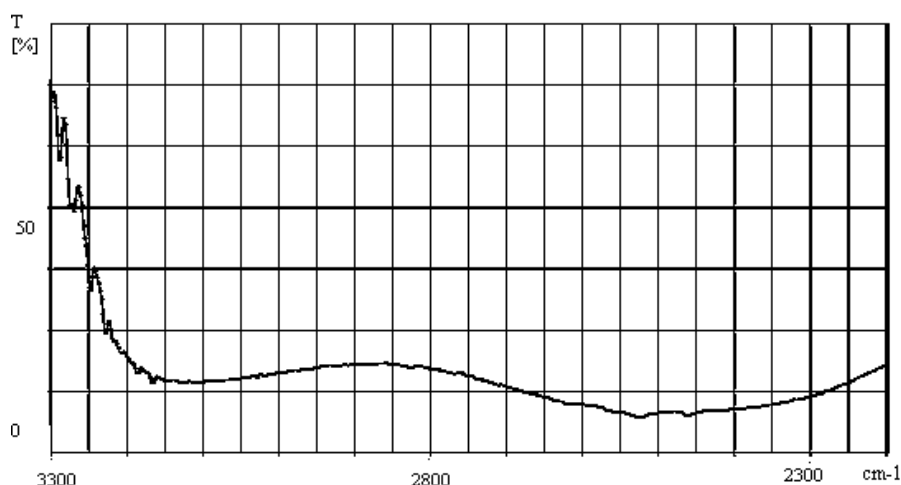
Najbardziej interesujące dla nas wydają się być pasma absorpcyjne w obszarze  $2981$  i  $3391\text{ cm}^{-1}$ .

## 4. BADANIA EKSPERYMENTALNE

Celem badań eksperymentalnych było sprawdzenie praktycznych możliwości zdalnego wykrywania par alkoholu etylowego w samochodzie. W związku

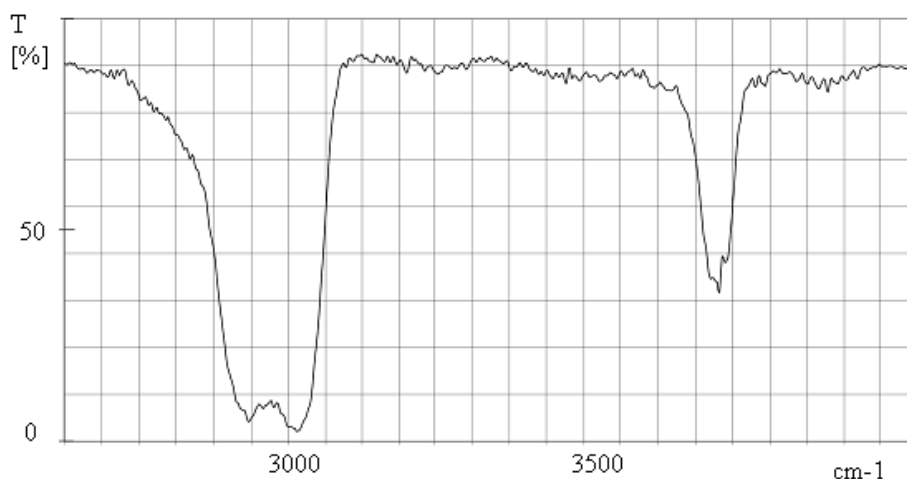
z tym zostały wykonane dwie kuwety w kształcie rurek o długości 12 cm każda, zamkniętych oknami ze szkła sodowego o grubości 1mm.

Przy pomocy spektrofotometru „zdjęto” widmo kuwety „pustej” wypełnionej powietrzem pod ciśnieniem atmosferycznym. Przedstawiono je na rysunku 13.



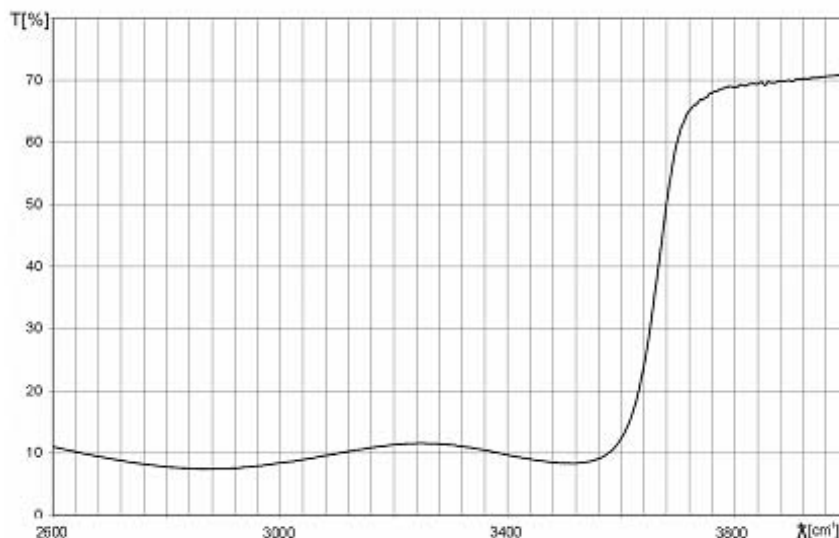
Rys. 13. Widmo absorpcyjne kuwety „pustej” napelnionej powietrzem

Widmo to zostało wykorzystane jako poziom odniesienia dla drugiej kuwety napelnionej parami alkoholu etylowego otrzymanymi z odparowania niewielkiej ilości 95% spirytusu rektyfikowanego. Widmo tych par przedstawiono na (rys. 14).



Rys. 14. Widmo absorpcyjne kuwety napelnionej parami spirytusu rektyfikowanego

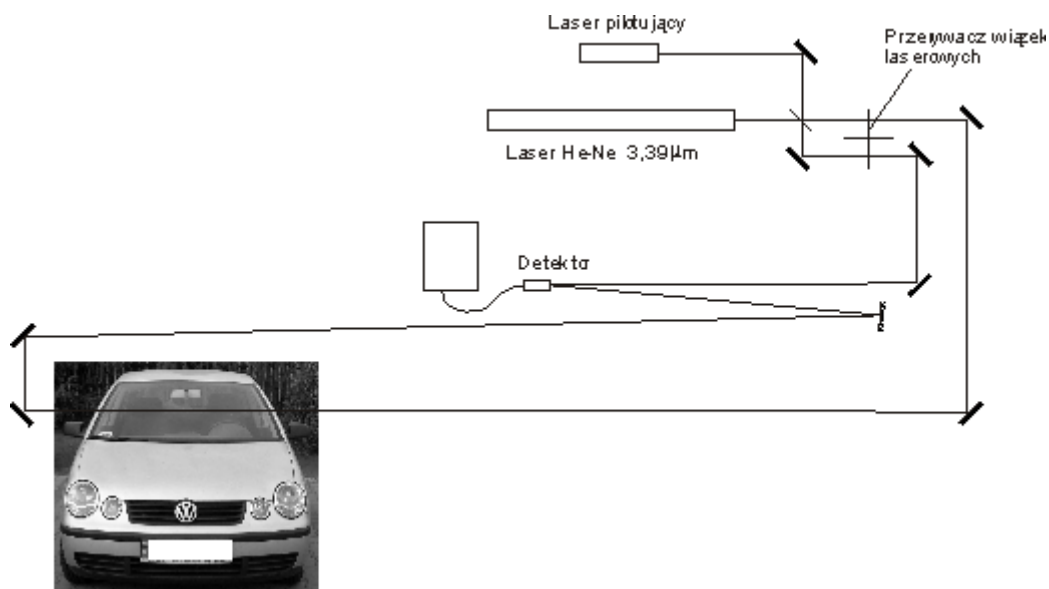
Następnie wykonano charakterystykę spektralną bocznej szyby samochodowej samochodu marki Volkswagen (rys. 15).



Rys. 15. Charakterystyka spektralna bocznej szyby w samochodzie marki Volkswagen

Na podstawie analizy powyższych charakterystyk oraz możliwości eksperymentalnych, zdecydowano się na wybór lasera He-Ne emitującego promieniowanie o długości fali  $3,39 \mu m$  ( $\tilde{\lambda} = 2950 cm^{-1}$ ).

Zestawiony został układ eksperymentalny, którego schemat przedstawiono na rysunku 16.



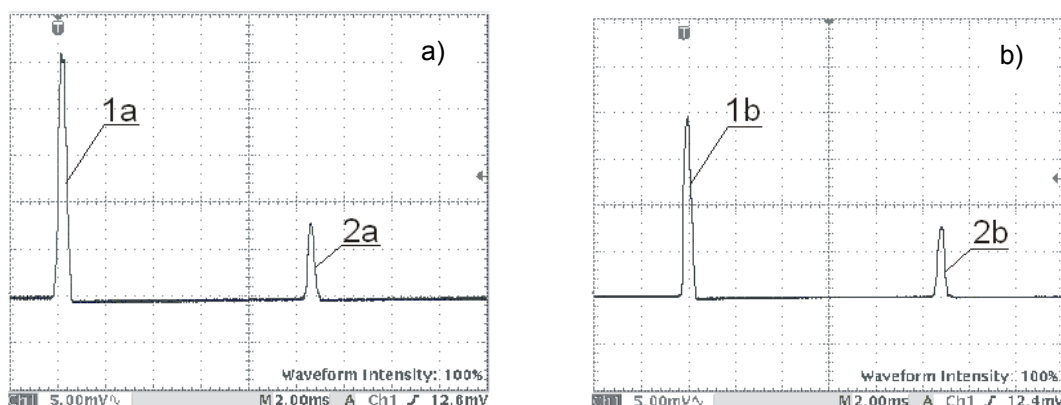
Rys. 16. Schemat układu eksperymentalnego

W układzie tym wykorzystano laser helowo-neonowy emitujący promieniowanie podczerwone o długości fali  $3,39 \mu m$ . Z wiązką tego lasera połączono przy pomocy półprzepuszczalnej płasko-równoległej płytki wiązkę pilotującą

z lasera półprzewodnikowego. Jednocześnie płytka rozdzielala wiązkę podstawową na dwie wiązki, przechodzące przez jeden otwór wirującej tarczy przerywacza. Otrzymano w ten sposób dwie wiązki impulsowe z impulsami na przemian raz w jednej, raz w drugiej wiązce.

Jedna z wiązek została skierowana przy pomocy płaskich zwierciadeł bezpośrednio na detektor, natomiast drugą wiązkę układem innych zwierciadeł skierowano na badany samochód volkswagen polo. Po prześwietleniu samochodu przez jego zamknięte boczne okna, wiązka przy pomocy kolejnych zwierciadeł została skierowana i skupiona na tym samym detektorze. Dzięki temu na detektor padały przemienne impulsy bezpośrednio z lasera i impulsy prześwietlające samochód. Pozwalało to eliminować ewentualne niestabilności w pracy lasera.

Następnie sygnały elektryczne z detektora były rejestrowane na oscyloskopie. Przeprowadzono w ten sposób badania samochodu „czystego” i samochodu z parami alkoholu etylowego wprowadzonymi poprzez odparowanie w samochodzie około 10 g spirytusu rektyfikowanego. Zarejestrowane przebiegi przedstawiono na rysunku 17.



**Rys. 17. Przebiegi oscyloskopowe z detektora:**  
a) dla samochodu „czystego”, b) dla samochodu z parami alkoholu

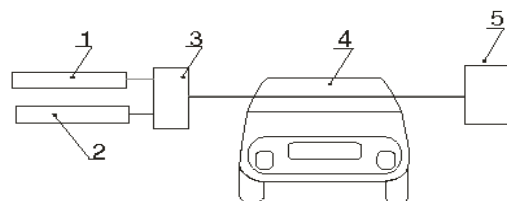
Na każdym z przedstawionych rysunków pierwszy impuls (1) odpowiada impulsowi świetlnemu przechodzącemu przez samochód natomiast drugi (2), impulsowi odniesienia padającemu bezpośrednio na detektor. Widać wyraźnie, że przy takiej samej wielkości impulsu odniesienia (2), po wprowadzeniu do samochodu par alkoholu, impuls świetlny (1b) przechodzący przez samochód zmalał o ponad 25% w stosunku do impulsu (1a) przechodzącego przez samochód „czysty”.

Na podstawie powyższych danych i wcześniejszego przeskalowania, można przy pomocy odpowiedniego układu przetwarzania danych stwierdzić występowanie par alkoholu w samochodzie.

## 5. PROPOZYCJA URZĄDZENIA.

W oparciu o przeprowadzone prace można przedstawić propozycję urządzenia do zdalnego wykrywania par alkoholu etylowego w poruszających się samochodach. Schemat takiego stanowiska przedstawiono na rysunku 18.

W stanowisku tym proponuje się wykorzystanie dwóch laserów. Promieniowanie lasera (1) byłoby dopasowane do linii absorpcyjnej par alkoholu, natomiast promieniowanie lasera (2) nie. Obydwie wiązki powinny być połączone w układzie (3) w jeden tor i po prześwietleniu przez boczne szyby sprawdzanego samochodu (4), powinny padać na odpowiedni układ detekcji i przetwarzania danych (5).



**Rys. 18. Schemat proponowanego stanowiska do zdalnego wykrywania par alkoholu w poruszających się samochodach**

Możliwe są różne warianty. Na przykład w wariantcie 1 wiązki z dwóch niezależnych laserów zostają połączone w jeden tor a następnie po prześwietleniu samochodu, zostają rozdzielone przy pomocy siatki dyfrakcyjnej i padają na dwa niezależne detektory; w innym wariantcie (korzystniejszym) lasery emitują przemiennie impulsy świetlne połączone również w jeden tor i po prześwietleniu samochodu, padają na jeden wspólny detektor, z którego impulsy elektryczne są podawane do układu przetwarzania danych.

Na obecnym etapie prowadzenia prac, trudno jest określić, jaka będzie wykrywalność par etanolu. W przeprowadzonym eksperymencie posłużono się laserem He-Ne o bardzo małej mocy (~8 mW) i korzystano z obrazu analogowego nie pozwalającego na dokładny odczyt. Wykorzystanie lasera erbowego (2,9  $\mu\text{m}$ ) o odpowiednio dużej mocy, dostatecznie czułego detektora i nowoczesnego układu przetwarzania danych prawdopodobnie pozwoliłoby wykrywać pary  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  na poziomie bardzo małych stężeń powstałych jedynie w wyniku oddychania nietrzeźwego kierowcy. Proponowane urządzenie można zbudować w postaci dwóch modułów: nadajnika i odbiornika sygnałów laserowych, ustawionych po przeciwnych stronach drogi w pobliżu zainstalowanych fotoradarów. Pozwoliłoby to m.in. na wykorzystanie wspólnej kamery rejestrującej dodatkowo samochody z wykrytymi parami alkoholu. Należy przy tym zauważyć, że po ewentualnym wykryciu będziemy mieli jedynie z podejrzeniem a nie dowodem na nietrzeźwość kierowcy i dlatego wskazany przez kamerę samochód musi być dodatkowo skontrolowany przez ustawiony w odpowiedniej odległości za urządzeniem patrol drogowy. Jednak w przeciwieństwie do stanu

obecnego, przy wykorzystaniu takiego urządzenia możliwa będzie pełna kontrola wszystkich pojazdów nawet na zatłoczonej drodze praktycznie bez zakłócenia ruchu.

## 6. PODSUMOWANIE

---

Alkohol etylowy należy do związków chemicznych, które szybko wchłaniają się z przewodu pokarmowego. W ciągu 5-10 minut po spożyciu można go wykryć we krwi. W czasie 15 minut wchłonięciu ulega 50% spożytej dawki. Po pewnym czasie stabilizacji stężenia alkoholu etylowego w tkankach, rozpoczyna się proces jego eliminacji. Jest to w 90% eliminacja enzymatyczna, a w 10% usuwanie w postaci niezmienionej z moczem i powietrzem wydychanym.

Alkohol etylowy jest środkiem odurzającym o właściwościach narkotyku. Generalnie tłumi on funkcje mózgu. Obecność 0,5‰ alkoholu we krwi powoduje uspokojenie i zmniejszenie odczuwania bólu, 0,5-1,5‰ – osłabienie koordynacji, pobudzenie, drażliwość, 1,5-2‰ – zaburzenia świadomości, 3-4‰ – utratę przytomności (faza narkotyczna) a ilość większa niż 4‰ może spowodować śmierć.

Na podstawie statystyk policyjnych wiadomo że w 2008 roku w Polsce, nietrzeźwi użytkownicy dróg uczestniczyli w 6 373 wypadkach drogowych, z czego w 4 979 wypadkach byli zarazem ich sprawcami. W zdarzeniach tych zginęły 603 osoby, a 6 319 osób zostało rannych.

Najliczniejszą grupę nietrzeźwych sprawców wypadków stanowili kierujący pojazdami. Spowodowali oni 3529 wypadków, co w odniesieniu do ogólnej liczby wypadków spowodowanych przez kierujących pojazdami, stanowi 9,2%. W wypadkach tych 427 osób zginęło (11,6%), a 4 976 osób zostało rannych (9,6%).

Dotychczas podstawową metodą przeciwstawienia się zagrożeniu ze strony nietrzeźwych kierowców na drogach jest sprawdzanie ich przy pomocy alkomatu. Aby to jednak zrealizować, trzeba samochód zatrzymać. Możemy w związku z tym skontrolować jedynie niewielki procent przypadkowo wytypowanych kierowców. Tym samym większość z nich, jeżeli nie spowoduje wypadku, ma dużą szansę być nie zauważonym przez służby drogowe.

Biorąc pod uwagę zatrważające statystyki wypadków z udziałem nietrzeźwych kierowców, widzimy że każdy nawet niewielki ułamek wyeliminowania nietrzeźwych kierowców prowadzi do osiągnięcia olbrzymich korzyści materialnych i przede wszystkim korzyści niematerialnych w postaci ratowania olbrzymiej liczby osób. Stanowi to niepodważalną motywację do kontynuowania przedstawionej pracy.



## LITERATURA

1. Silverstein R. M., Bassler G. C.: Spektroskopowe metody identyfikacji związków organicznych, PWN, Warszawa 1970.
2. Demtröder W.: Spektroskopia laserowa, PWN, Warszawa 1993.
3. Metody spektroskopowe i ich zastosowanie do identyfikacji związków organicznych, praca zbiorowa pod red. W. Zielińskiego i A. Rajcy, WNT, Warszawa 1995.
4. Mierczyk Z., Maziejuk M., Mielczarek G., Kwaśny M., Kopczyński K., Kałdoński G.: Optoelektroniczny monitoring emisji zanieczyszczeń w instalacjach utylizacji odpadów, Konferencja EKOMILITARIS 2004,
5. Mierczyk Z.: Laserowe systemy zdalnego wykrywania skażeń i zanieczyszczeń atmosfery, 8. Sympozjum Techniki Laserowej 2006, Referaty, s. 377 - 390, 2006.
6. Beil A., Daum R., and Johnson T.: Detection of chemical agents in the atmosphere by passive IR remote sensing, in *Internal Standardization and Calibration Architectures for Chemical Sensors*, Ronald E. Shaffer, Radislav A. Potyrailo, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 3856, 44- 56, 2000.
7. Kęcki Z.: Podstawy spektroskopii molekularnej, PWN Warszawa 1998.
8. Bełtowska-Brzezinska M.: WPROWADZENIE DO SPEKTROSKOPII MOLEKULARNEJ, skrypt do wykładów Wydział Chemii UAM.
9. Bassam Alfeeli, "Miniature gas sensing device based on near-infrared spectroscopy" Blacksburg, Virginia December 1, 2005.
10. Henry B. R., Mohammadi M. A., and Tarr A. W.: "The overtone spectrum of acetylene: A rotational analysis based on a local model description", *J. Chem. Phys*, vol. 77, pp. 3295 - 3300, 1982.
11. Pigoń K., Ruziewicz Z.: Chemia fizyczna, PWN, Warszawa 2005.
12. Silverstein R.M., Webster F.X., Kiemle D.J.: *Spektroskopowe metody identyfikacji związków organicznych*, PWN, Warszawa 2007.
13. Shucheng Xu, M.C. Lin: Theoretical study on the kinetics for OH reactions with CH<sub>3</sub>OH and C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH Department of Chemistry, Emory University, Atlanta, GA 30322, USA 23 August 2006.
14. Organic Compound Identification Using Infrared Spectroscopy, Walt Volland, Bellevue Community College, 1999, Bellevue, Washington.
15. Organic Compound Identification Using Infrared Spectroscopy, Walt Volland, Bellevue Community College, 1999, Bellevue, Washington.
16. Gokel George W.: Dean's Handbook of Organic Chemistry, 2004 McGraw-Hill.

Rękopis dostarczono, dnia 26.03.2010 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Andrzej Zajęc

REMOTE DETECTION OF ALCOHOL VAPOURS  
IN MOVING VEHICLES

Jan KUBICKI, Zygmunt MIERCZYK  
Krzysztof KOPCZYŃSKI, Mirosław KOPICA  
Jadwiga MIERCZYK

**ABSTRACT** *An original method of remote detection of alcohol vapours in moving vehicles is presented in the paper. The method is based on resonance interaction of laser light with alcohol vapours. The intention for undertaking the problem is signalized. Physical phenomena are briefly discussed and the preliminary investigation results are presented. Method capabilities were checked in the experimental stand which is also described. Conclusions related to the future research and the prototype stand for the use on roads are drawn.*