

kpt. mgr inż. **Rafał TURKIEWICZ**

Zakład – Laboratorium Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowozarowej

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE MAJĄCE ZASTOSOWANIE W OBSZARZE WYKRYWANIA ZAGROŻENIA POŻAROWEGO

Streszczenie

W referacie przybliżono najbardziej obiecujące rozwiązania układów detekcyjnych, których zastosowanie w obszarze wykrywania zagrożenia pożarowego stało się możliwe, głównie dzięki rozwojowi współczesnej nanotechnologii i optoelektroniki.

Abstract

This article presents the most promising sensors utilized in fire detection applications, which can be nowadays used thanks to continuous progress made in nanotechnology and optoelectronic domain.

Wprowadzenie

Współczesne czujki pożarowe w głównej mierze opierają się na selektywnej detekcji poszczególnych parametrów pożarowych i porównaniu wielkości zmierzonej z wielkościami progowymi zapisanymi w pamięci.

Postęp technologiczny związany chociażby z rozwojem układów optoelektronicznych przejawia się również w obszarze systemów wykrywania pożarów. Wśród można wyróżnić:

- stosowanie jednocześnie wielu długości fali, kilku kątów rozproszenia oraz pomiar współczynnika polaryzacji światła do identyfikacji rodzaju procesu spalania,
- wykrywanie gazowych produktów spalania za pomocą detekcji fotoakustycznej oraz pomiaru przewodnictwa warstwy tlenków metali naniesionych na bazę tranzystora polowego z użyciem techniki gradientowej,
- wykorzystanie monochromatycznego promieniowania w paśmie bliskiej podczerwieni,
- adaptacja technik termowizyjnych .

Poniżej w sposób skrótowy i (jak się wydaje) przystępny przybliżono zaawansowane i najbardziej obiecujące rozwiązania z obszarów nowych technologii.

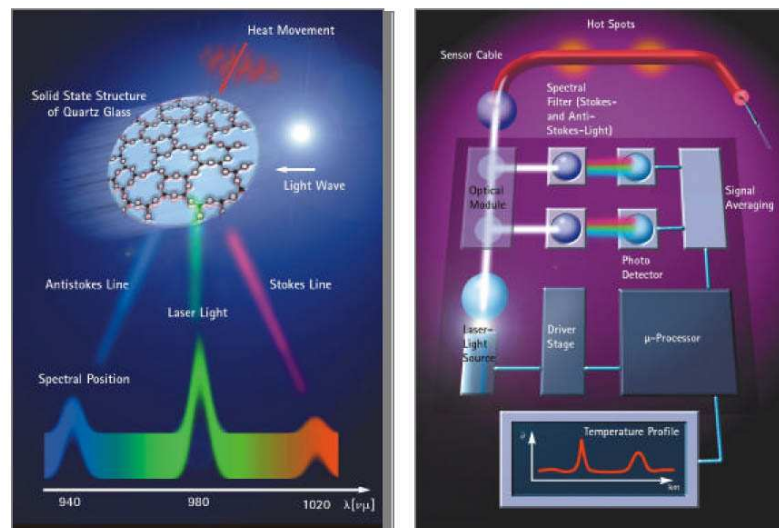
Światłowody

W światłowodach do transmisji informacji wykorzystywana jest modulowana wiązka światła. Transmisja światłowodowa polega na przepuszczeniu przez szklane włókno wiązki światła generowanej przez diodę lub laser (emisja fotonów). W wiązce transmitowana jest zakodowana informacja binarna generowana przez diodę lub laser, która jest następnie rozkodowywana przez fotodekoder na końcu kabla. Światłowód zbudowany jest z rdzenia, płaszczu oraz warstwy ochronnej. Rdzeń stanowi ośrodek kabla, który odpowiada za propagację sygnału. Rdzenie mają średnice rzędu $8\mu\text{m}$ dla światłowodu jednomodowego do $1000\mu\text{m}$ dla wielomodowych (przesyłają wiele modów tj. fal o różnej długości, co jednak powoduje rozmycie impulsu wyjściowego i ogranicza szybkość lub odległość transmisji). Płaszcz wykonany jest z materiału o niższym współczynniku załamania światła niż rdzeń. Różnica ta powoduje, że zachowuje się niczym lustro otaczające rdzeń, kierując promień do wnętrza rdzenia, formując falę optyczną. Powłoka zwana buforem chroni warstwę płaszczu.

Wykonana jest ona z materiałów termoplastycznych i specjalnego żeluz chroniącego włókno przed uszkodzeniami mechanicznymi (np. wskutek wibracji). Ze względu na użyte w procesach technologicznych materiały wyróżnia się światłowody:

- domieszkowane SiO_2 ;
- tzw. ZBLAN, wyprodukowane przy zastosowaniu Zr, Ba, La, Al, Na;
- plastikowe (PMMA);
- z użyciem wielowarstw epitaksjalnych (np. GaAs/AlGaAs);
- na bazie warstwy dielektrycznej, oraz
- na bazie warstwy polimerowej.

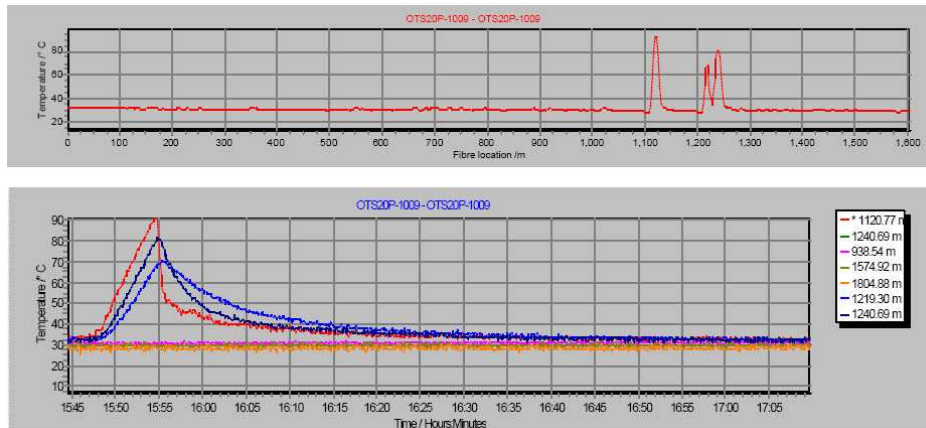
Światłowody znalazły praktyczne zastosowania do wczesnego wykrywania pożarów (np. w kanałach kablowych, tunelach drogowych), gdzie wykorzystano proces oddziaływania światła z materią określane mianem rozpraszania ramanowskiego oraz zmiany właściwości mechanicznych i fizycznych włókna spowodowane wzrostem temperatury. Rozpraszanie Ramana zachodzi ze zmianą długości fali stąd jest zaliczane do rozpraszania nieelastycznego. Dzięki przesunięciom długości fali fotonów (w wyniku wzbudzenia rotacyjno-oscylacyjnego cząsteczek) istnieje możliwość m.in. identyfikacji związków chemicznych, gdyż ich widma Ramana są charakterystyczne. Przykład systemu światłowodowego przedstawiono na rys. 1.



Ryc.1. Spektrogram ramanowski i schemat światłowodowej czujki temperatury [11].

Podstawowymi elementami powyższego rozwiązania jest czuły na promieniowanie termiczne światłowód, źródło impulsowego światła monochromatycznego oraz fotodetektor uzupełniony o blok przetwarzania danych. Stosunek natężenia rozpraszania

antystokesowskiego (zależne od temperatury) do stokesowskiego jest miarą lokalnych zmian temperatury wiązki. Przy zastosowaniu procedury OFDR (ang. *Optical Frequency Domain Reflectometry*) możliwa jest przy tym identyfikacja miejsca ekspozycji kabla na oddziaływanie termiczne.



Ryc. 2. Wykresy zależności temperatury w funkcji lokalizacji pożaru i czasu zarejestrowany przez system światłowodowy [11].

Innym obszarem zastosowania światłowodów do wczesnego wykrywania pożarów jest wykorzystanie oddziaływanie światła z analitykami, które znalazło swoje odbicie jest w światłowodowych czujnikach chemicznych (ang. *fibre optic chemical sensors FOCS*). Znaczące sukcesy w tej dziedzinie mają polskie ośrodki naukowo-badawcze, gdzie wykorzystano technologię zol-żel do wytworzenia szklistych, porowatych, cienkich filmów domieszkowanych molekułami zmieniającymi swoje właściwości optyczne pod wpływem zmian temperatury czy stężenia substancji chemicznych. Takie sensoryczne, cienkie filmy mogą być nanoszone na światłowody dając miniaturowe czujniki optyczne (optody) zdolne do wykrywania produktów rozkładu termicznego materiałów palnych. Przykładem takiego rozwiązania jest pojedynczy laser InGaAsP (długość fali w zakresie od $1,2$ do $2,0\mu\text{m} \pm 2\text{nm}$, pobór mocy $<100\text{mW}$) emitujący promieniowanie w zakresie bliskiej podczerwieni, który za pośrednictwem światłowodów przesyła wiązkę promieniowania do 800 punktów pomiarowych rozmieszczonych w chronionym obiekcie. Ta technika detekcji zaproponowana i opisana przez [10] opiera się na jednoczesnym pomiarze stężenia 3 lub 4 gazów spośród tlenku i dwutlenku węgla, cyjanowodoru, chlorowodoru i acetyleny. Pomiar stężenia CO_2 jest o tyle istotny, że jego stężenie, choć jest zmienne w czasie, nie spada zazwyczaj poniżej

wartości 350ppm dzięki czemu znany jest poziom odniesienia pozwalający na stałą kontrolę poprawnej pracy układu detekcyjnego.

Do zalet systemów wykrywania pożarów oparty o zastosowania światłowodów można zaliczyć:

- ogromną pojemność informacyjną pojedynczego włókna;
- małe straty, a co za tym idzie zdolność przesyłania sygnałów na znaczne odległości;
- całkowita niewrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne;
- odporność na warunki atmosferyczne (wilgoć, wyładowania elektrostatyczne);
- bezpieczeństwo pracy (brak iskrzenia);
- duża niezawodność (w przypadku poprawnie zainstalowanych łączy światłowodowych);
- duża czułość światłowodowych czujników chemicznych i temperaturowych;
- selektywne wykrywanie gazowych produktów rozkładu termicznego.

Niestety posiadają one również niezaprzeczalne wady wśród których wymienić można:

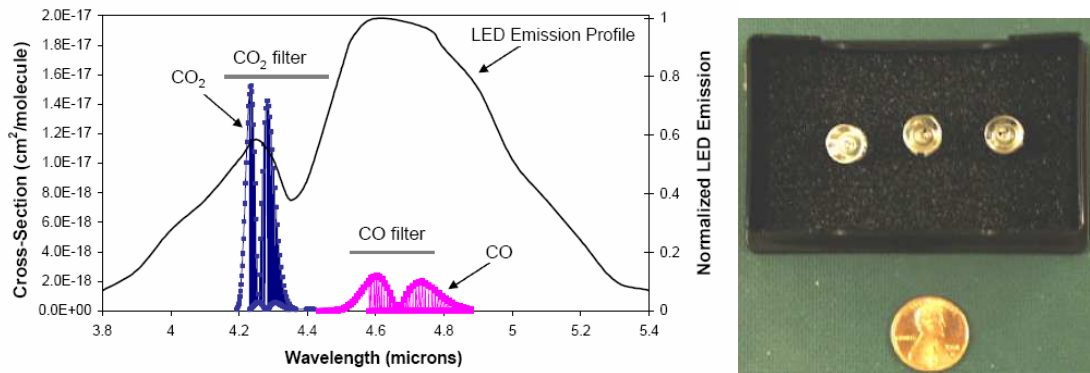
- możliwość łatwego przerwania włókna;
- konieczność stosowania konwerterów – każda konwersja podnosi koszty czasowe transmisji oraz koszty urządzeń;
- gorsze możliwości rozgałęziania;
- mała elastyczność mechaniczna światłowodu;
- (jeszcze) wysokie koszty systemu ze względu na stopień zaawansowania technologicznego.

NDIR

Spektroskopia absorpcyjna wykorzystuje źródła promieniowania z zakresu podczerwieni oraz zjawisko pochłaniania promieniowania o określonej długości fali. Znając charakterystyczne dla każdego związku długości fal możliwa jest ilościowa analiza produktów spalania włączając CO, HCN, HCL, CO₂ i C₂H₂. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe widmo absorpcji promieniowania dla dwutlenku węgla.

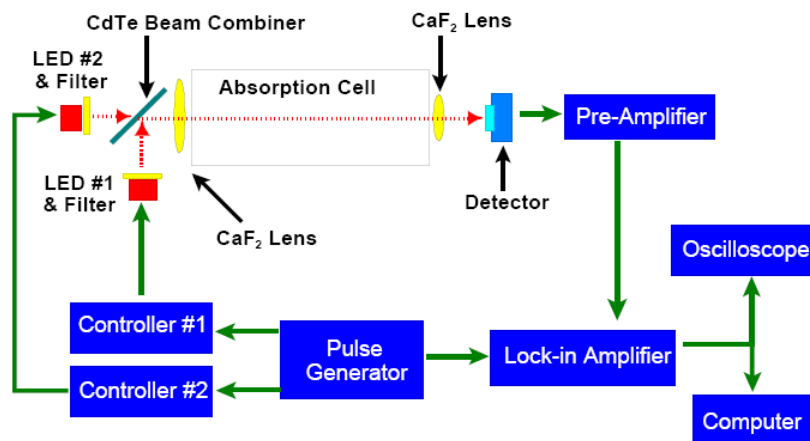
Diody elektroluminescencyjne emitujące promieniowanie w środkowym zakresie częstotliwości pasma podczerwonego. Profil emisyjny diod LED, których pobór mocy wynosi 1 μm, zaprezentowano na rys.

Ponieważ szerokość pasma emisyjnego diody ($0,85\mu\text{m}$) znacznie przekracza zakresy pasma absorpcji CO_2 i CO zastosowano filtry pasmowe ($4,16 - 4,45\mu\text{m}$ dla CO_2 i $4,53 - 4,77\mu\text{m}$ dla CO) w celu uzyskania zdolności do selektywnej detekcji przedmiotowych gazów.



Ryc. 3 Profil emisyjny diod z rys. 4 oraz pasma absorpcji dla CO i CO_2 [9]. Rys.4. Diody mid-IR o max. emisyjności przypadającej na długość fali $4,6\mu\text{m}$ [9].

Poglądowy schemat blokowy układu detekcyjnego pracującego w oparciu o bezpośredni i różnicowy pomiar absorpcji promieniowania zilustrowano na poniższym rysunku.



Ryc.5. Schemat prototypowego spektrometrycznego systemu detekcji gazów pożarowych [9].

W projektowaniu i wykonywaniu torów optycznych z bezpośrednią modulacją IR, wyposażonych w detektory piroelektryczne i filtry interferencyjne, mają wkład również polskie jednostki naukowo-badawcze [20]. Wyniki tych badań umożliwiły określenie

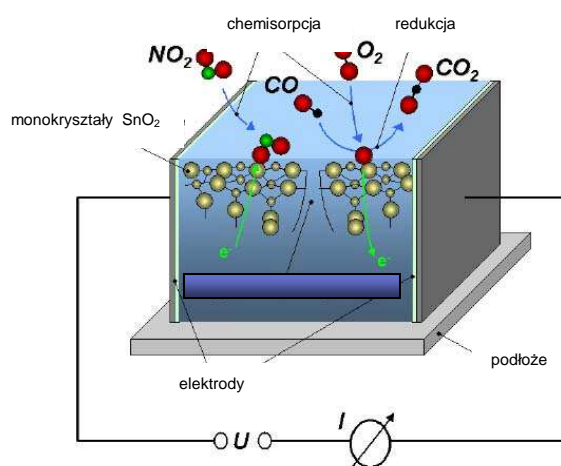
wzajemnego wpływu poszczególnych analitów w mieszaninie na dokładność ich oznaczeń oraz opracowania metod pomiaru stężeń, pozwalających na redukcję błędów spowodowanych czułością skrośną wynikającą z nakładania się pasm absorpcji oraz powodowaną oddziaływaniami międzycząsteczkowymi. Zaproponowane rozwiązania konstrukcyjne torów optycznych stwarzają możliwość wdrożenia do produkcji analizatorów NDIR w postaci prostych modułów detekcyjnych.

W komercyjnych czujkach punktowych znalazły również zastosowanie fotodiody IR powleczone polimerową warstwą filtracyjną, w których wykorzystane zostało zjawisko zmiany własności optycznych polimeru spowodowanych oddziaływaniem gazów, co w połączeniu z zasadą pochłaniania promieniowania na drodze optycznej pozwala na ilościową analizę stężenia gazu roboczego.

Półprzewodnikowe czujniki gazów

Zmiany przewodnictwa elektrycznego w monokryształach germanu wywołane oddziaływaniem gazów zostały po raz pierwszy opisane przez Brattain'a i Bardeen'a w 1953 roku, a rok później Heiland przeprowadził podobne badania dla ZnO. Wkrótce okazało się, że duże zmiany przewodnictwa pod wpływem redukującej atmosfery wykazuje dwutlenek cyny SnO₂. Obecnie materiał ten stał się dominujący w konstrukcjach czujników gazów ze względu na relatywnie niską temperaturę pracy i wysoką czułość. Szybki rozwój badań nad półprzewodnikowymi czujnikami gazowymi spowodowany jest prostotą ich budowy i niskimi kosztami produkcji. Półprzewodnikowe czujniki wykorzystywane do analizy chemicznej bazują na zjawisku zmiany przewodnictwa elektronowego lub mieszanego: elektronowego i jonowego (czujniki przewodnościowe) oraz/lub zmiany pojemności (czujniki pojemnościowe) na skutek oddziaływania z molekułami fazy gazowej. Ze względów konstrukcyjnych czujniki dzieli się na homogeniczne (o jednorodnej budowie) oraz czujniki heterogeniczne (zawierające struktury półprzewodnikowe, tzw. czujniki strukturyzowane) typu diod Schottky'ego i tranzystorów polowych. Dzięki separacji bramki i obszaru źródł-dren tranzystora FET warstwą infiltracyjną umożliwiającą dyfuzję mieszaniny gazowej zbudowano tranzystor SGFET (Suspended Gate FET).

Pokrycie podłoża bramki tranzystora warstwą tlenku metalu (zazwyczaj SnO_2 ze względu na relatywnie niską temperaturę pracy i wysoką czułość) powoduje zmianę przewodnictwa elektrycznego spowodowaną reakcją katalityczną zachodzącą na jej powierzchni. W wyniku oddziaływania fazy gazowej z powierzchnią półprzewodnika tworzą się wiązania chemiczne pomiędzy cząsteczkami gazów a materiałem adsorbenta. Proces ten nosi nazwę chemisorpcji. Wynikiem tego procesu jest zmiana koncentracji nośników prądu powodująca zmianę przewodnictwa powierzchniowego półprzewodnika. Zjawiska te dotyczą z reguły bardzo cienkiej, przypowierzchniowej warstwy półprzewodnika o grubości zaledwie kilku warstw atomowych. Dolną granicę grubości takich warstw stanowi granica ciągłości nanoszonego materiału, a górną określa zanikanie różnic we własnościach pomiędzy materiałem litym a cienkowarstwowym. Zobrazowanie procesu adsorpcji gazów prowadzącego do zmian własności elektrycznych półprzewodników przedstawiono na poniższym rysunku.

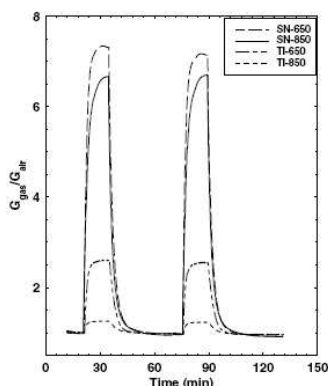


Ryc.6. Proces adsorpcji gazów na powierzchni półprzewodnika [8]

Proces ten jest jednak silnie zależny od oddziaływania pary wodnej zawartej w atmosferze. Aby wpływ ten ograniczyć, część detekcyjną na której zachodzi reakcja podgrzewa się miejscowo do temperatury co najmniej 150°C (w praktyce od 200 do 500°C) co powoduje relatywnie duży pobór mocy takich czujników.

Jak już wspomniano wcześniej w czujnikach cienkowarstwowym najczęściej stosowanym materiałem jest dwutlenek cyny SnO_2 . Przykład dynamiki odpowiedzi czujnika CO wykonanego z SnO_2 przedstawia rysunek 4. Czujnik wykrywa selektywnie tlenek węgla

już od stężenia kilku ppm w atmosferze zawierającej tlen, parę wodną, SO₂, CO₂ i azot. Charakteryzuje się stosunkowo krótkim czasem odpowiedzi i praktycznie liniową charakterystyką.



Ryc.7. Dynamika odpowiedzi cienkich warstw SnO₂ na skokową zmianę stężenia CO (100ppm). Punkt pracy czujnika 350°C. [7]

Do zalet sensora półprzewodnikowego należą w głównej mierze wysoka czułość, zdolność do wykrywania wielu gazów (nie tylko selektywnego), selektywność (gdy jest to pożądane), niskie koszty (rzędu kilku Euro), natomiast podstawowe wady wynikają z znacznego poboru mocy (od kilkadziesiątu mW do kilku W) oraz ograniczonego czasu użytkowania (do 5 lat).

Układy strukturyzowane

Obecnie stosowane rozwiązania konstrukcyjne czujek wielodetektorowych zawierają detektory gazowych produktów spalania wyszczególnione w tabeli 1 (kolorem wyróżniono układy detekcyjne zaimplementowane w czujkach pożarowych dopuszczonych w chwili obecnej do stosowania w Polsce). Dopuszczone do stosowania w chwili obecnej komercyjnie, wielodetektorowe czujki punktowe z układem detekcji gazowych produktów spalania są czujkami optyczno-chemicznymi i chemiczno-temperaturowymi, które pracują w oparciu o wykrywanie obecności tlenku węgla. W przypadku optycznych czujek dymu rozbudowanych o komorę elektrochemiczną, jej zastosowanie ma na celu przede wszystkim ograniczenie możliwości wystąpienia fałszywych alarmów.

Tabela 1.

Typ czujnika	Zasada działania
--------------	------------------

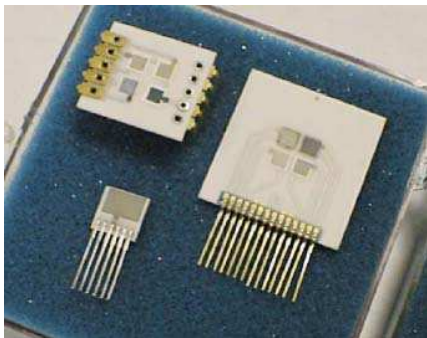
Półprzewodnikowy (MOS- SGFET)	Reakcja gazu redukującego z powierzchnią półprzewodnika
Elektrochemiczny (komora elektrochemiczna)	Reakcja chemiczna z powierzchnią detektora
Fotoelektryczny (optody, diody LED z warstwą polimerową)	Zmienna absorpcja promieniowania dla różnych gazów

Tabela 1. Zasada działania elementów detekcyjnych wykrywających gazowe produkty spalania, które znalazły zastosowanie w czujkach pożarowych

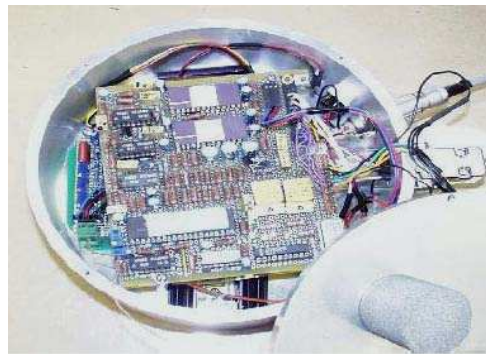
Współczesne punktowe, wielodetektorowe czujki pożarowe zbudowane są z kilku układów detekcyjnych monitorujących różne wielkości fizykochemiczne charakterystyczne dla rozwoju zjawiska spalania. Uzupełnione są przy tym o wielokryterialne algorytmy posiłkujące się korzyściami płynącymi z zastosowania metod sztucznej inteligencji z zaimplementowanymi algorytmami wykrywania pożarów bazującymi w głównej mierze o teorię sieci neuronowych, logikę rozmytą i ich kompilacje. Równolegle udoskonalane są alternatywne metody detekcji oparte o układy strukturyzowane (*smart microsensors arrays*). Intencją budowy takich konstrukcji jest wykrywanie symptomów rozwijającego się pożaru i ich rozróżnienie od rozprzestrzeniającego się w przyległych strefach dymu, czyli procesu, który nieodłącznie mu towarzyszy. Ma to szczególne znaczenie przy automatycznej inicjacji procedury uruchamiania urządzeń gaśniczych w strefie objętej pożarem, nie zaś w obrębie obszaru jedynie zadymionego. Dodatkowo, w oparciu o zarejestrowane sygnały istnieje możliwość identyfikacji rodzaju materiału palnego podlegającego rozkładowi termicznemu, co znacznie ułatwia to ustalanie przyczyny rozwoju pożaru. Prowadzone przez ostatnią dekadę próby odwzorowania zmysłu powonienia doprowadziły do budowy tzw. elektronicznego nosa, posiadającego zdolność selektywnej percepcji analitów, która w połączeniu z wielowymiarowymi metodami przetwarzania danych obiektowych w sposób coraz bardziej zbliżony do ideału naśladuje swojego biologicznego protoplastę. Przyczyniło się temu kilka przyczyn spośród których wymienić można postęp w obszarze nanotechnologii, rosnące zainteresowanie problematyką monitorowania stężeń gazów niebezpiecznych w środowisku pracy, kontroli procesów produkcyjnych oraz rozwój układów kondycjonowania

i zamiany sygnałów z układów sensorycznych na postać binarną i przetwarzania i filtracji danych przy użyciu wyrafinowanych metod rozpoznawania i grupowania wzorców (ang. *pattern recognition method*) oraz ich dalszej klasyfikacji.

Elektrokatalityczne mikrosensory grubowarstwowe z naniesionymi filmami ze spieków ceramiczno-metalowych skonstruowano w General Atomics w ramach projektu rozwojowego prowadzonego pod auspicjami US Navy. Układy prototypowe stanowiły pojedyncze sensory jak ich wzajemnie powiązane układy (WBO/Pt, YSZ/Pt, YSZ/Pd) przedstawiono na rysunkach 8 i 9.



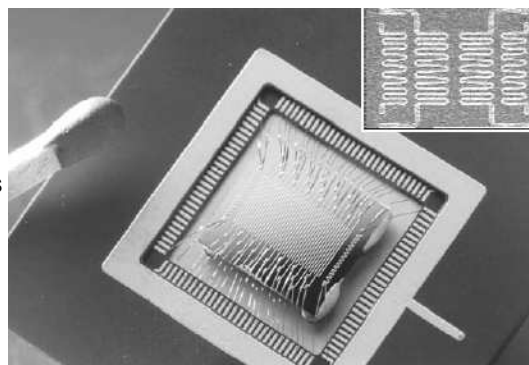
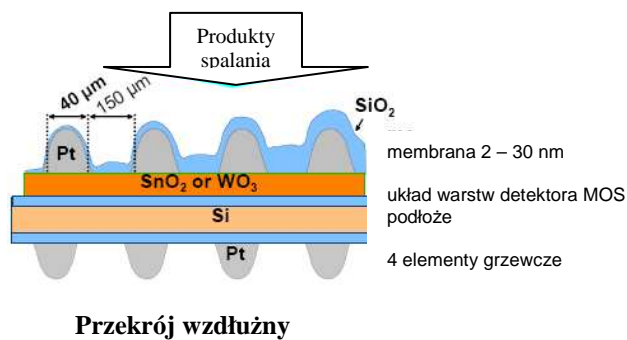
Rys. 8. Sensory cermet produkcji General Atomics [8].



Rys. 9. Gniazdo wielodetektorowej czujki gazowej z układem PCB [8].

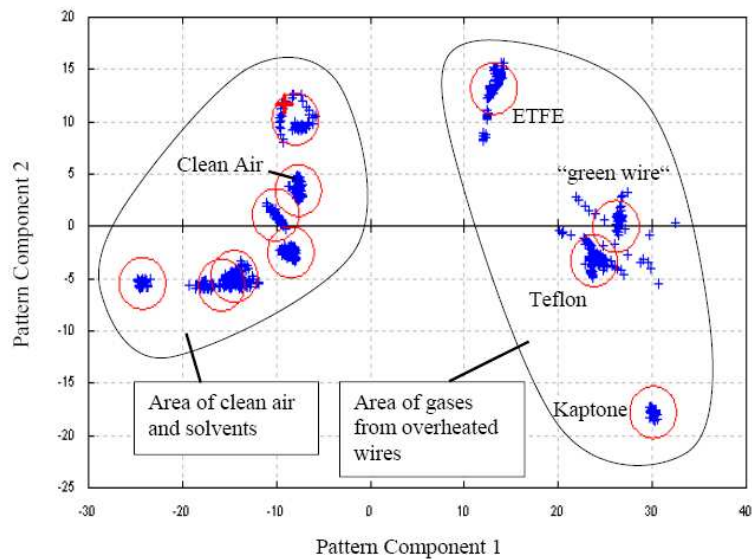
System taki posiada cechy umożliwiające zbudowanie rozproszonej sieci „inteligentnych” czujników chemicznych zdolnych do monitorowania stężeń gazów toksycznych i związków niebezpiecznych.

Innym przykładem zaawansowanej odmiany tym razem cienkowarstwowego układu strukturyzowanego zbudowanego w oparciu o sensory półprzewodnikowego jest układ detekcyjny składający się z 38 segmentów, których przewodnictwo elektryczne jest równocześnie mierzone i zależy od dyfuzji gazów przez warstwę SiO_2 . Dzięki pokryciu każdego z segmentów różnej grubości membraną SiO_2 (rzędu nm) oraz utrzymywaniu stałego gradientu temperatur poszczególnych sekcji udało się uzyskać selektywność w zakresie detekcji różnych produktów rozkładu termicznego. Taka konstrukcja elementu detekcyjnego pozwala na elektrochemiczną analizę składu mieszaniny lotnych produktów spalania, co może na przykład ułatwić identyfikację substancji palnych, od których zapłonu rozwinął się pożar, miejsca i co najważniejsze przyczyn jego rozwoju, a także pozwolić bieżące monitorowanie obecności związków niebezpiecznych w miejscu zainstalowania.



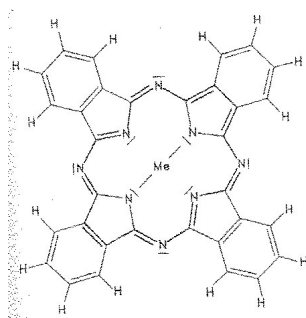
Ryc. 10. Przekrój detektora MOS oraz widok układu detekcyjnego KAMINA [6].

Typowy sensor posiada przetwornik zamieniających informację fizykochemiczną na sygnał elektryczny oraz podatne chemicznie podłoże. Dalej przetwornik A/C koduje informację na postać numeryczną (binarną), która w formie macierzy danych tworzy unikalny dla każdego produktu spalania obraz (wzorec). Techniki rozpoznawania wzorców znalazły zastosowanie w przypadku wielokryterialnych lub wielosensorowych systemów detekcyjnych. Ilość sensorów determinuje liczbę osi w wielowymiarowej przestrzeni. Różne rodzaje procesu spalania lub zjawisk pokrewnych reprezentują zbiory punktów w niej rozlokowanych. Pożary których przebieg jest zbliżony do powodują wygenerowanie sygnałów które skupiają się w sąsiedztwie zapamiętanych wzorców. Metoda rozpoznawania wzorców (*ang. pattern recognition method*) posługuje się statystycznymi metodami obróbki danych wejściowych oraz analizą numeryczną w celu zdefiniowania wzajemnych powiązań pomiędzy rejestrowanymi sygnałami z poszczególnych torów pomiarowych. Po matematycznym zdefiniowaniu granic pomiędzy obszarami skupień istnieje możliwość identyfikacji rodzaju przebiegu pożaru oraz ich odróżnienie od źródeł alarmów fałszywych.



Ryc.11. Zobrazowanie metody rozpoznawania wzorców. Zaznaczone obszary reprezentują skupiska sygnałów diagnostycznych reprezentatywnych dla czystego powietrza, atmosfery zawierającej związku charakterystyczne dla typowych rozpuszczalników (izopropanol, etanol, ksylen, toluen, aceton, WD40) oraz związków chemicznych emitowanych w przypadku rozkładu termicznego powłoki kabla energetycznego (np. w wyniku przepływu prądu przeciążeniowego) [6].

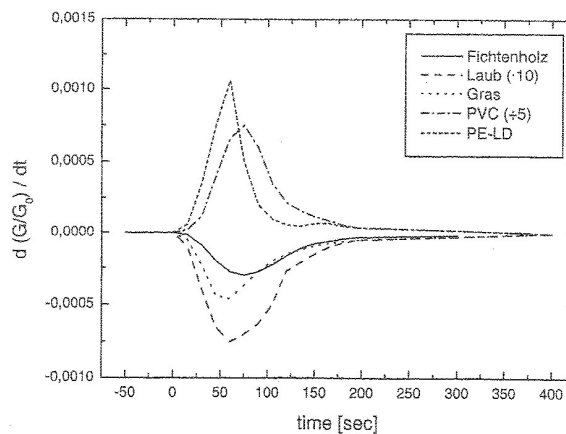
Półprzewodnictwo akceptorowe jest w głównej mierze przydatne przy wykrywaniu gazów ulegających utlenianiu, których cząsteczki będą wiązać elektrony podczas absorpcji gazu zwiększając liczbę nośników ładunku (dziur) i w konsekwencji przewodnictwo elektryczne. Oprócz polipiroliny, ftalocyjanina (Pc) znalazła zastosowanie przy budowie sensora półprzewodnikowego z warstwą organiczną, który jest szczególnie przydatny przy wykrywaniu gazów ulegających utlenianiu, w tym tlenków azotu NO_x . Jako atom centralny Me (patrz rys. 12) mogą być stosowane następujące pierwiastki: Cu, Pb, Ni, Co czy też Fe.



Ryc. 12. Budowa molekuly Pc [1]

Wstępne wyniki badań są obiecujące dzięki obserwowanym następującym zależnościom (patrz rys.13):

- przewodnictwo elektryczne maleje w przypadku tlenia materiałów organicznych, choć wzrost stężenia tlenku węgla nie wpływa na zmianę sygnału wyjściowego. Zakłada się, że odpowiedź układu spowodowana jest reakcją na tworzenie się amin – związków charakterystycznych dla niecałkowitego spalania paliwa;
- przewodnictwo elektryczne rośnie przy spalaniu płomieniowym i tleniu tworzyw sztucznych PVC, PE-LD.



Ryc. 13. Względna zmiana sygnału wyjściowego w funkcji czasu [1]

Poprzez dobór grubości warstwy Pc (sublimacja próżniowa, nakładanie mechaniczne) oraz domieszkowanie z zastosowaniem związków chemicznie aktywnych (katalizatorów reakcji) możliwa jest modyfikacja charakterystyk półprzewodnika. Jest to jednak technologia na tyle nowa, że do tej pory nie znalazła zastosowania w komercyjnych czujkach punktowych.

Do zalet takiego rozwiązania należą:

- znacznie niższe temperatury robocze w porównaniu z tranzystorami SGFET (od 100 do 150°C), co niesie ze sobą mniejsze zapotrzebowanie na moc (rzędu kilku mW);
- wysoka stabilność chemiczna molekuł ftalocyjaniny (Pcs);

- duża czułość rzędu ppb;
- potwierdzona wytrzymałość na oddziaływanie atmosfery korozyjnej;
- zdolność do wykrywania różnego rodzaju procesów spalania.

Podsumowanie i wnioski

Czujki wielodetektorowe zawierające czujnik gazowych produktów spalania stanowią kolejny krok w rozwoju układów wykrywczych systemów sygnalizacji pożarowej. W obszarze wykrywania zagrożenia pożarowego sensor gazu, obok części odpowiedzialnej za wykrywanie dymu, stanowi w praktyce część detekcyjną wielodetektorowej czujki pożarowej. Wśród wiedzy prym sensor CO, co przez wzgląd na przebieg rozwoju pożaru (zależny m.in. od rodzaju procesu spalania) oraz bezpośrednią przyczynę przeważającej większości zgonów spowodowanych inhalacją produktów spalania, jest uzasadnione.

Zaawansowane przetwarzanie danych uzyskiwanych w oparciu o monitorowanie wielu parametrów fizyko-chemicznych związanych z rozwojem pożaru ma sens tylko w przypadku stosowania niezawodnych w działaniu sensorów, na których można polegać. W przeciwnym razie prowadzi to do konieczności borykania się z problemami często nie do rozwiązania. Jednym z zasadniczych, który dotyczy obecnie stosowanych podzespołów, jest ich relatywnie krótki czas użytkowania. Ze względu na utratę właściwości funkcjonalnych trzeba liczyć się z koniecznością wymiany czujek co 3–5 lat. Istnieje zatem potrzeba dalszego poszukiwania rozwiązań z obszaru nowych technologii, których przykłady zostały powyżej jedynie zasygnalizowane.

Bibliografia

1. Schutze A., Application potential of organic semiconductor gas sensors for fire detection.; VdS-Conference. November 15 – 16, 2000, Cologne/Germany.
2. Hensel. A.; *Further Development of Optode Membranes for the Selective Detection of Combustion Gases.*; VdS-Conference. November 15 – 16, 2000, Cologne/Germany.
3. *Gassensorik in der Brandmeldetechnik.*; Vds Fachtagung; 15-16 November 2000, Köln
4. <http://bazy.opi.org.pl/raporty/opisy/synaba/122000/sn122309.htm>
- [5] Bomse D., *A diode laser multigas analyzer for advanced detection of fires.*, NIST 2002.
6. Harms M., Goschnick J., Young R. C.; *Early detection and distinction of fire gases with a gas sensor microarray.*; AUBE 01' 12th International Conference on automatic fire detection. Proceedings; NIST
7. M. Cristina Carotta i in., *Gas sensors based on semiconductor oxides: basic aspects onto materials and working principles.*; Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 828, 2005 Materials Research Society
8. S.L. Rose-Pehrsson, *Fire Protection Systems: Alternative Sensors, w: Making the Nation Safe from Fire.*, The National Academies Press, Washington DC, 2001
9. Jeffrey S. Goldmeer; *A Rugged LED-Based Sensor for Fire Detection*; AUBE 2001 – 12th International Conference on Automatic Fire Detection; NIST 2001
10. Bomse D., *A diode laser multigas analyzer for advanced detection of fires.*, AUBE 2001 – 12th International Conference on Automatic Fire Detection; NIST 2001
11. U.Glombitza, H.Hoff; *Fibre Optic Radar System for Fire Detection in Cable Trays.*; AUBE 2004 – 13th International Conference on Automatic Fire Detection; Universitat Duisburg-Essen, Germany