

Ewa BERDOWSKA  
Andrzej ZASTAWNY

BADANIE WPŁYWU WYBRANYCH DOMIESZEK GAZOWYCH NA PRĄDY JONIZACYJNE  
W POWIETRZU W KOMORACH TYPU LICZNIK PROPORCJONALNY

**Streszczenie.** Pomierzono charakterystyki prądowo-napięciowe prądów jonizacyjnych w komorach typu licznik proporcjonalny z różnymi wartościami promieni anod i katod, wypełnionych powietrzem z domieszkami  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Charakterystyki prądowo-napięciowe są czułe na zawartość tych domieszek w obszarze przejścia wyładowania niesamoistnego w samoistne w sposób dostateczny do wykorzystania w detekcji tych gazów w powietrzu.

### 1. Wstęp

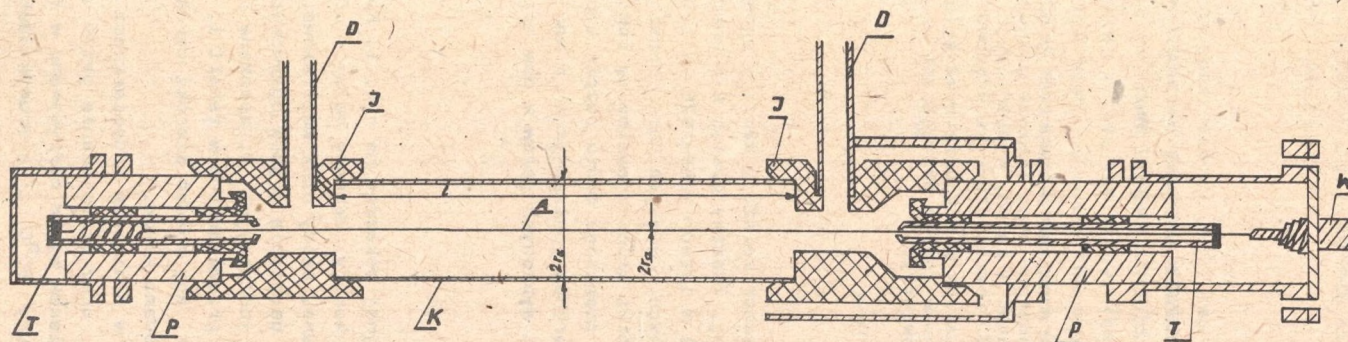
Zjawiska jonizacyjne w gazach zależą w złożony sposób od rodzaju gazu i geometrii komory jonizacyjnej. Znaczny postęp w poznaniu mechanizmu wyładowań jonizacyjnych nastąpił w latach 1965-1975 w związku z rozwojem techniki liczników proporcjonalnych, będących detektorami promieniowania jonizującego [1, 2, 3, 4]. Liczniki proporcjonalne są komorami jonizacyjnymi w postaci cylindra-katody i cienkiego drutu rozpiętego wzdłuż osi cylindra-anody. Podjęto badania prądów jonizacyjnych w komorze takiego typu w aspekcie możliwości detekcji wybranych gazów w powietrzu.

### 2. Pomiary

Przekrój komory jonizacyjnej pokazano na rys. 1. Konstrukcję wzorowano na pracy [5]. Wykonano trzy komory, nazwane dalej A, B, C, których katody stanowią cylindry miedziane, anody nici wolframowe. Zastosowanie pierścieni osłonnych pozwala na usunięcie prądów upływowych. W dalszym etapie wykonywano pomiary z komorą jonizacyjną D, pokazaną na rys. 2. Istotne parametry badanych komór są przedstawione w tabeli 1.

Wymiary komór dobrano tak, aby zbadać szeroki zakres zmienności pól elektrycznych między elektrodami komór.

Badano prądy jonizacyjne w powietrzu z domieszkami  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . Do otrzymywania  $\text{CO}$  i  $\text{CO}_2$  oraz oczyszczania gazów użyto aparaturę próżniową pokazaną na rys. 3. Tlenek węgla otrzymywano w reakcji kwasu mrówkowego, ogrzanego do temperatury  $80^\circ\text{C}$ , ze stężonym kwasem siarkowym [6].

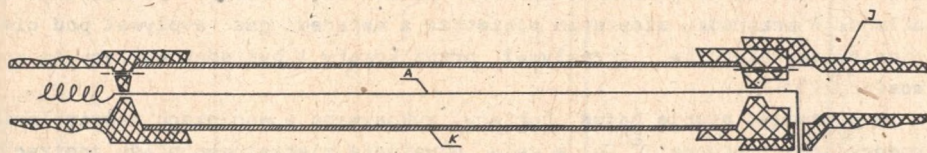


Rys. 1. Przekrój komory jonizacyjnej

A - anoda, K - katoda, D - doprowadzenie gazu, T - tulejki mocujące anodę, I - izolatory, W - gniazdo wtykowe

▨ - metal   ▩ - żywica epoksydowa   ■ - cyna

Dwutlenek węgla wytwarzano w reakcji węglanu wapnia z rozcieńczonym kwasem solnym [7]. Obydwie reakcje przeprowadzono bez kontaktu z powietrzem atmosferycznym. Gazy osuszano w wymrażarkach i następnie gromadzono w rezerwuarach.

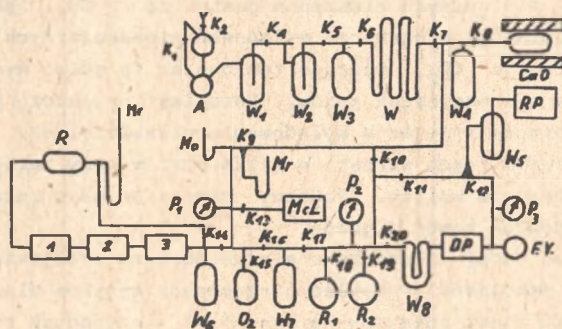


Rys. 2. Przekrój komory jonizacyjnej D  
 ▨ - metal, ▩ - żywica epoksydowa

Tabela 1

Wymiary komór jonizacyjnych

Komora	Średnica anody [mm]	Średnica katody [mm]	Długość [mm]
A	0,1	4,0	100
B	0,054	8,0	150
C	0,032	12,0	200
D	0,032	3,0	80



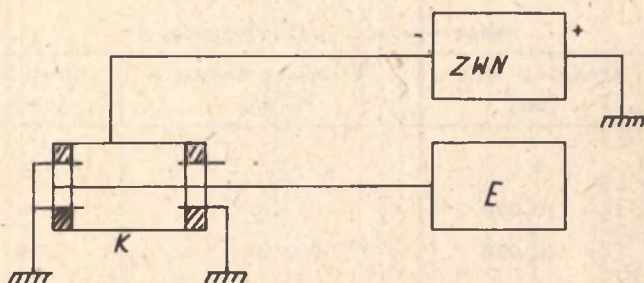
Rys. 3. Schemat aparatury próżniowej do otrzymywania i oczyszczania gazów

A - aparat do wyzwalania gazów, K - krany, W - wymrażarki, R - rezerwuary do magazynowania gazów, P - próżniomierze oporowe, Mr - manometry rtęciowe, DP - pompa dyfuzyjna, RP - pompa rotacyjna, 1,2,3 - komory jonizacyjne

Komory wypełniano do określonego ciśnienia gazem, który miał być domieszką, a następnie dopełniano osuszonym powietrzem do ciśnienia atmosferycznego. Po wypełnieniu komór odłączano układ od aparatury próżniowej. Przepływ gazu w układzie zamkniętym wymuszano efektem termiczno-grawitacyjnym. Ciśnienie gazu kontrolowano manometrem rtęciowym podłączonym do układu. W przypadku mieszanin powietrza z metanem gaz wypływał pod ciśnieniem ze zbiornika, przepływał przez komory i był odprowadzany do atmosfery.

W pierwszym etapie badań pomiary wykonywano w warunkach naświetlania komory radioizotopem  $^{60}\text{Co}$  w celu uzyskania mierzalnego prądu jonizacji pierwotnej. W końcowym etapie badań pomiary wykonywano bez promieniowania.

Schemat aparatury elektronicznej jest przedstawiony na rys.4. Na katodę podawano ujemne napięcie z zasilacza wysokiego napięcia przez opór  $10\text{ M}\Omega$ . Prąd jonizacyjny płynący przez komorę mierzono elektrometrem, o maksymalnej czułości  $10^{-13}\text{ A}$ , podłączonym do anody.

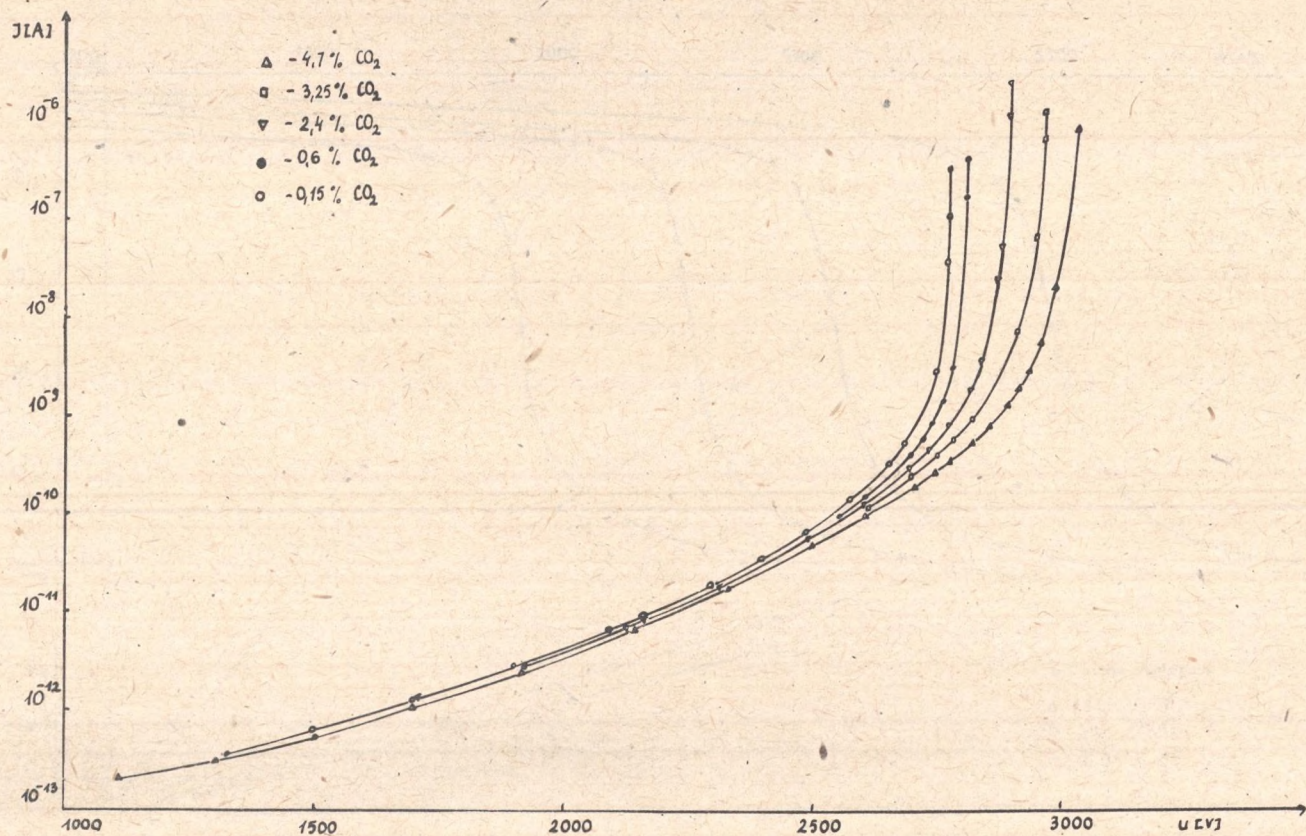


Rys. 4. Układ elektronicznej aparatury pomiarowej

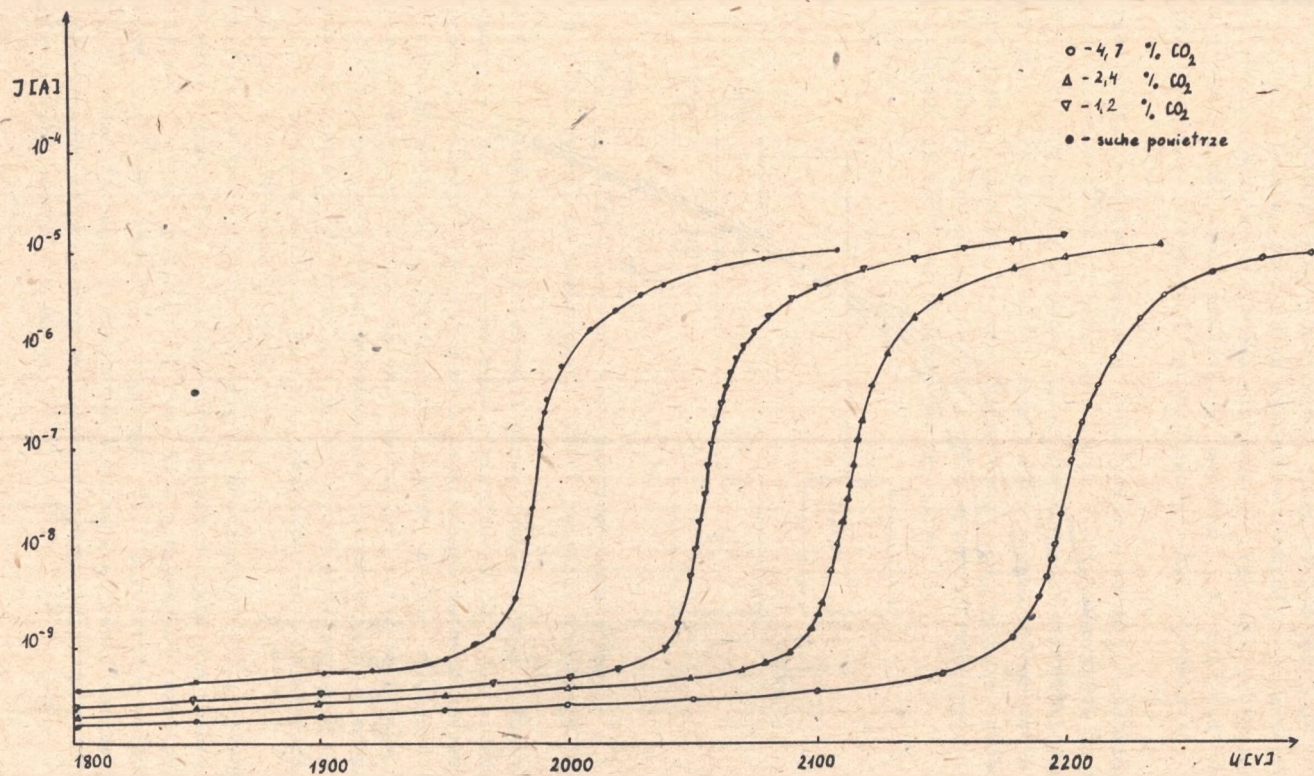
K - komora jonizacyjna, E - elektrometr, ZWN - zasilacz wysokiego napięcia

Na rys.5 przedstawione są zależności prądu jonizacyjnego w funkcji napięcia komory B dla różnych mieszanin powietrza z  $\text{CO}_2$ . Jak widać, natężenia prądów jonizacji w obszarze wyładowań niesamoistnych prawie nie zależą od koncentracji  $\text{CO}_2$ , dlatego ten obszar prądów wydaje się mało przydatny do detekcji domieszek gazów. Natomiast wyraźnie zależy od domieszki  $\text{CO}_2$  napięcie przejścia wyładowania niesamoistnego w samoistne, przy którym natężenie prądu wzrasta o kilka rzędów przy zmianach napięcia o kilka lub kilkanaście woltów. Podobny charakter mają zależności prądu od napięcia dla innych komór i gazów.

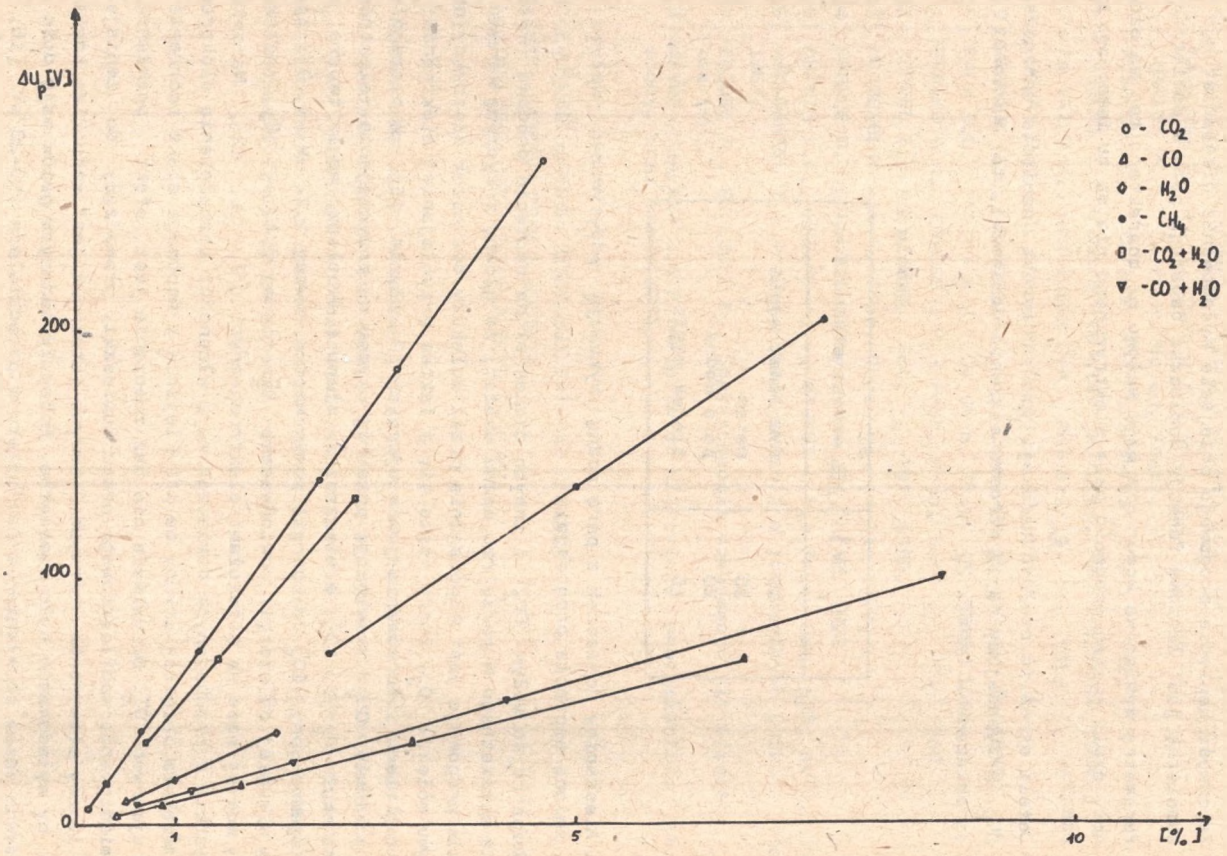
W drugim etapie badań ograniczono się do obszaru przejścia wyładowania niesamoistnego w samoistne. Przykład otrzymanych wyników dla komory D i różnych stężeń  $\text{CO}_2$  jest pokazany na rys. 6. Z otrzymanych rezultatów można wyznaczyć zależność napięcia progowego  $U_p$ , przy którym wyładowanie przechodzi z niesamoistnego w samoistne w funkcji stężenia domieszki. Na rys. 7 przedstawione są przyrosty napięcia progowego dla  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$  z  $\text{H}_2\text{O}$  w funkcji stężeń domieszki.



Rys. 5. Zależność prądu jonizacyjnego od napięcia dla komory B



Rys. 6. Zależność prądu od napięcia dla komory D w zakresie przejścia wyładowania w samoistne



Rys. 7. Zależność przyrostu napięcia progowego w funkcji stężenia różnych domieszek

### 3. Dyskusja

Analizując rezultaty pomiarów można wysunąć następujące wnioski:

- 3.1. Zależność napięcia progowego przejścia wyładowania niesamoistnego w samoistne jest liniową funkcją domieszki badanego gazu w powietrzu.
- 3.2. Parametry wymiarowe komór nie mają wpływu na charakter tej zależności, czyli niejednorodność pola elektrycznego nie ma tu istotnego znaczenia.
- 3.3. Jeżeli określić czułość detekcji jako przyrost napięcia progowego  $\Delta U_p$ , przypadający na 1% wzrostu stężenia domieszki, to wartości te są pokazane w tabeli 2.

Tabela 2

$\Delta U_p$ [V]	1% wzrost stężenia
60	dwutlenek węgla
30	metan
20	para wodna
10	tlenek węgla

- 3.4. Mieszaniny domieszek z parą wodną wykazują addytywność wpływu na zmianę napięcia progowego.

Rozpatrując wpływ  $\text{CO}_2$  i innych domieszek na napięcie progowe wyładowania samoistnego w powietrzu można uważać, że główną przyczyną wzrostu napięcia progowego jest wspomaganie przez molekuly domieszek destrukcyjnego wpływu molekuł  $\text{O}_2$ , który wiąże się z faktem przyklejania elektronów do molekuł tlenu i formowania jonów ujemnych [9, 13, 14, 15]. W szczególności molekuly  $\text{CO}_2$  zwiększają przekrój czynny na przyklejanie elektronów do molekuł  $\text{O}_2$  [9, 10]. W mieszaninie tlenu i dwutlenku węgla tworzą się ujemne jony  $\text{CO}_4^-$  o energii powinowactwa równej 1,22 eV [8, 9], tj. 3 razy większej od energii powinowactwa  $\text{O}_2^-$  równej 0,43 eV [10]. Molekuly pary wodnej same są molekułami elektroujemnymi [9, 11, 12]. Natomiast wszystkie z przebadanych domieszek mają własności spowalniania elektronów, co zwiększa przekrój czynny na przyklejanie i wspomaga efekt tworzenia jonów ujemnych  $\text{O}_2^-$ . Oczywiście nie bez znaczenia jest efekt pochłaniania promieniowania nadfioletowego przez domieszki, prowadzący do zmniejszenia liczby elektronów wtórnych, których istnienie jest warunkiem koniecznym, by wyładowanie było samoistne. Molekuly badanych gazów mają dość intensywne pasma pochłaniania nadfioletu w przedziałach (10-20)eV [16, 17, 18].



## LITERATURA

- [1] WILLIAMS A., SARA R.: Inter. J. Appl. Rad. and Izot. 13, 229, 1962.
- [2] HENDRICK R.W.: Nucl. Instr. and Met. 102, nr 2, 1972.
- [3] BAMBYNEK W.: Nucl. Instr. and Met. 112, 103, 1973.
- [4] CHARLES M.W.: J. Phys. Scien. Instr. 5, 1972.
- [5] MOŚCICKI W., ZASTAWNY A.: Nukleonika 7, 801, 1962.
- [6] GALECKI J.: Preparatyka nieorganiczna. PWN, Warszawa 1964.
- [7] De VRIES H., BARENSEN G.W.: Physica 19, 987, 1955.
- [8] CONWAY D.C.: J. Chem. Phys. 36, 2549, 1962.
- [9] MORUZZI J.L., PHELPS A.V.: J. Chem. Phys. 45, nr 12, 1966.
- [10] PACK J.L., PHELPS A.V.: J. Chem. Phys. 45, 4316, 1966.
- [11] PRASAD A.N., CRAGGS J.D.: Proc. Phys. Soc. 76, 223, 1960.
- [12] KUFFEL E.: Proc. Phys. Soc. 74, 297, 1959.
- [13] HERZENBERG A.: J. Chem. Phys. 51, nr 11, 1969.
- [14] SPENCE D., SCHULZ G.: Phys. Rev. A4, nr 2, 1972.
- [15] CHANIN L.M., PHELPS A.V., BIONDI M.A.: Phys. Rev. 128, nr 1, 1962.
- [16] MAK-DANIEL I.: Procesy stołknowienij w jonizowanych gazach. Moskwa, 1967.
- [17] ZAJDEL A., SZREJDER E.: Spektroskopia wakuuwnego ultrafioleta. Moskwa 1967.
- [18] WAYNE RABALAIS J.: Principles of ultraviolet photoelectron spectroscopy. Nowy Jork, 1977.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ  
НА ИОНИЗАЦИОННЫЕ ТОКИ В ВОЗДУХЕ  
В КАМЕРАХ ТИПА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО СЧЕТЧИКА

## Р е з ю м е

Исследовано вольт-амперные характеристики ионизационных токов в камерах типа пропорционального счётчика выполненных воздухом с добавлением  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Проверено что вольт-амперные характеристики в зоне перехода не-самостоятельного в самостоятельный разряд достаточно чувствительных для использования их при детекции этих примесей.

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SOME GASEOUS ADMIXTURES ON THE IONIZATION CURRENTS IN THE AIR IN THE DISCHARGE CHAMBERS OF THE PROPORTIONAL COUNTER TYPE

S u m m a r y

Voltage-current characteristics of the ionization discharge in chambers of the proportional counter type filled with air with admixtures of CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>O have been investigated. It was found that in the transition region between dependent and self-maintained discharge the characteristics change sufficiently for detection of the presence of those admixtures in the air.

Wpłynęło do Redakcji 7.V.1980 r.

Recenzent

Doc. dr hab. inż. Józef Szpilecki