

(12) **Opis zgłoszeniowy wynalazku**
(z daty zgłoszenia)

(21) Numer zgłoszenia: **443201**
(22) Data zgłoszenia: **2022.12.20**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.06.24 BUP 26/2024**

(51) MKP:
G01N 27/62 (2021.01)
G01N 27/64 (2006.01)
G01N 27/66 (2006.01)

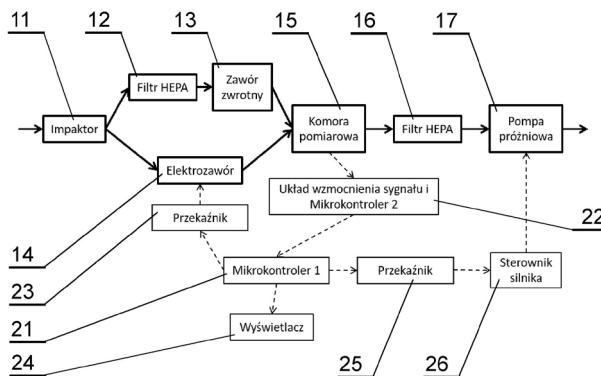
(71) Zgłaszający:
**CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY
PRACY - PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y):
TOMASZ JANKOWSKI, Warszawa, PL
ADRIAN OKOŁOWICZ, Warszawa, PL
SZYMON JAKUBIAK, Warszawa, PL
PIOTR SOBIECH, Łuków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Adam Pawłowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:
Jonizacyjny detektor nanoobjektów w powietrzu

(57) Skróć opisu:
Jonizacyjny detektor nanoobjektów w powietrzu, charakteryzuje się tym, że zawiera komorę pomiarową (15) z jonizacyjnym czujnikiem dymu z elektrodą pływającą, przy czym powietrze do komory pomiarowej (15) zasysane jest przez pompę próżniową (17) zainstalowaną za komorą pomiarową (15), przy czym zasysane powietrze jest doprowadzane do komory pomiarowej (15) z impaktora (11) poprzez dwa przewody powietrza: pierwszy przewód zawierający filtr HEPA (12) i zawór zwrotny (13) oraz drugi przewód zawierający elektrozawór (14).



JONIZACYJNY DETEKTOR NANOObIEKTÓW W POWIETRZU

Przedmiotem wynalazku jest jonizacyjny detektor nanoobjektów w powietrzu.

W środowisku pracy aerozole nanoobjektów mogą powstawać spontanicznie jako produkt uboczny (np. w wyniku procesów spalania lub spawania) lub w wyniku emisji nanocząstek z procesów technologicznych, takich jak mielenie, kruszenie, polerowanie lub transport. Ponadto, wytworzone nanomateriały (ENM – ang. Engineered Nanomaterials) mogą być stosowane jako substraty lub dodatki w wielu różnych procesach technologicznych [1].

Ponieważ nanomateriały są bardzo różnorodną grupą substancji, trudno jest sformułować ogólne stwierdzenia dotyczące ich bezpieczeństwa. Przez lata prowadzono badania nad wpływem ENM na zdrowie ludzi w oparciu o modele in vitro [2-5]. W prowadzonych pracach konieczne jest uwzględnianie, że dana substancja może wykazywać różną aktywność biologiczną w zależności od metody produkcji i przetwarzania [6,7]. Obecnie nie ma ustalonych wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) dla nanocząstek. Istnieją jednak ogólne zasady i zalecenia dotyczące ochrony pracowników zaproponowane przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD), Światową Organizację Zdrowia (WHO) oraz Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO) [8-12]. W swoich zaleceniach WHO przyjęła wartości progowe dla nanomateriałów w oparciu o stężenie liczbowe i gęstość właściwą nanoobjektów oraz ich aglomeratów i agregatów (NOAA – ang. Nano-Objects and their Agglomerates and Aggregates) zaproponowane przez Radę Społeczno - Ekonomiczną (Social-Economic Raad, SER), organ doradczy holenderskiego rządu [13]. Są to wartości dopuszczalne, których przekroczenie powinno skutkować zastosowaniem odpowiednich środków kontroli narażenia. Próg dla cząstek metalicznych wynosi 20 000 cząstek/cm³, a dla tlenków metali, sadzy, fulerenów, dendrymerów, polistyrenu itp. wynosi 40 000 cząstek/cm³. Zaznaczono przy tym, że są to wartości tymczasowe i mogą się zmieniać w miarę postępu wiedzy o toksyczności nanomateriałów.

Wspomniane wyżej dokumenty przywołują kilka liczników cząstek umożliwiających przeprowadzenie bezpośredniego pomiaru stężenia masowego (na podstawie założonej gęstości właściwej nanomateriałów) i stężenia liczbowego NOAA w powietrzu w czasie rzeczywistym. Wzmiankowana jest również grawimetryczna metoda określenia średniego stężenia masowego pyłu, która nie wymaga znajomości gęstości właściwej. Istnieje również możliwość wykorzystania impaktorów kaskadowych w celu pobierania próbek pyłu z podziałem na klasy wielkości [14]. Każda z przedstawionych metod pomiaru posiada swoje

wady. Wady metod licznikowych to ich względność (która może skutkować rozbieżnością wyników pomiarów prowadzonych za pomocą dwóch różnych przyrządów) i brak ujednoczonych metod kalibracji [11,15,16]. Wadami metody grawimetrycznych są ich relatywnie niska dokładność (zależna od czułości wagi i skuteczności filtra), długi czas potrzebny na uzyskanie wyniku (w zależności od stosowanych procedur ważenia i kondycjonowania filtra) oraz wrażliwość na bodźce fizyczne (wstrząsy, wibracje).

W ramach działalności Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN) zainicjowano w 2019 roku prace nad przygotowaniem strategii monitorowania jakości powietrza na stanowiskach pracy pod kątem określania stężenia NOAA za pomocą bezpośrednich pomiarów prowadzonych przy wykorzystaniu czujników niskokosztowych. Na obecnym etapie prac w wyniku przeglądu rynku tanich liczników pyłu oraz dostępnych źródeł literaturowych zdecydowano o skoncentrowaniu prac na pomiarach stężenia nanoobjektów za pomocą czujników pyłu wykorzystywanych do pomiarów środowiskowych.

Istnieje kilka systemów wykorzystywanych do określania stężenia drobnych aerozoli in situ i on-line. Najpopularniejsze systemy to skaningowe analizatory wymiarowe cząstek (SMPS – ang. Scanning Mobility Particle Sizer), łączące analizatory ruchliwości w polu elektrycznym (DMA – ang. Dynamic Mechanical Analyzer) z kondensacyjnymi licznikami cząstek (CPC – ang. Condensation Particle Counter), systemy wykorzystujące DMA w połączeniu z elektrometrami w postaci puszki Faradaya oraz elektryczne impaktory niskociśnieniowe. Ponadto istnieją przenośne urządzenia zdolne do oceny narażenia na NOAA za pomocą pomiarów elektrometrycznych naładowanych cząstek [17-19] lub zmiany oscylacji płytki piezoelektrycznej [20,21].

Jonizacyjne czujniki dymu są szeroko stosowanymi urządzeniami przeciwpożarowymi, których technologia sięga 1950 roku. Ich główną przewagą nad czujnikami optycznymi jest szybsza reakcja na pożary, w których cząstki powstałe w wyniku spalania są stosunkowo małe (w zakresie od kilku nanometrów do jednego mikrometra). Niewielka ilość materiału radioaktywnego (zazwyczaj stosuje się Am-241) jest umieszczona na środku dysku, który stanowi dodatnią elektrodę. Na górze tego dysku znajduje się materiał izolacyjny i pływająca elektroda (zwana też kolektorem), która jest elektrycznie izolowana od innych elementów i podłączona do obwodu elektronicznego zdolnego do pomiaru potencjału elektrostatycznego. Objętość pod elektrodą pływającą jest określana jako komora odniesienia, natomiast objętość nad nią, ograniczona od góry elektrodą ujemną, nazywana jest komorą aktywną. Cząstki alfa (identyczne z jądrami helu-4) emitowane z materiału radioaktywnego jonizują powietrze, powodując powstawanie jonów dodatnich i ujemnych. Z uwagi na mniejszą objętość, ich

stężenie jest znacznie wyższe w komorze odniesienia niż w komorze aktywnej, stąd na powierzchni pływającej elektrody występuje różnica potencjału elektrostatycznego. Jeśli cząstki stałe dostaną się do komory aktywnej, część obecnych w komorze jonów przyczepi się do ich powierzchni, powodując zmianę potencjału elektrostatycznego mierzonego na elektrodzie pływającej. W przypadku czujnika dymu zmiana ta jest porównywana z wartością progową i służy do uruchomienia alarmu.

Zastosowanie zmodyfikowanych czujników dymu do wykrywania cząstek stałych zostało wcześniej zaproponowane przez kilku autorów. Znane jest zastosowanie optycznych i jonizacyjnych czujników dymu do pomiaru stężenia aerozoli mikrometrycznych i submikrometrycznych [22,23]. W badaniach porównawczych dwóch typów czujników wykazano, że czujnik jonizacyjny był około pięć razy bardziej wrażliwy na obecność drobnych cząstek w porównaniu do czujnika fotoelektrycznego. Dolny limit wykrywania drobnych cząstek oszacowano na poziomie $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ponadto stwierdzono, że oprócz stężenia cząstek również parametry środowiskowe, takie jak temperatura, wilgotność i ciśnienie, będą miały wpływ na wartość sygnału wyjściowego. Ponadto, zaproponowano zastosowanie zmodyfikowanego jonizacyjnego czujnika dymu jako taniego monitora nanocząstek [24]. Aby wyeliminować wpływ warunków otoczenia na sygnał wyjściowy, przeprowadzono pomiary dla filtrowanego i nieoczyszczonego powietrza. Dolny limit detekcji dla cząstek 100 nm oszacowano na poziomie $15\ 000 \text{ cząstek}/\text{cm}^3$. Testowany czujnik wykazał liniową odpowiedź na zmianę stężenia aerozolu kalibracyjnego chlorku potasu (KCl), dymu ze świecy oraz dymów spawalniczych.

Celowym byłoby opracowanie skutecznego detektora nanoobjektów w powietrzu, który umożliwi wykorzystanie czujnika dymu w sposób zapewniający uzyskanie dokładnych pomiarów.

Przedmiotem wynalazku jest jonizacyjny detektor nanoobjektów w powietrzu, charakteryzujący się tym, że zawiera komorę pomiarową z jonizacyjnym czujnikiem dymu z elektrodą pływającą, przy czym powietrze do komory pomiarowej zasysane jest przez pompę próżniową zainstalowaną za komorą pomiarową, przy czym zasysane powietrze jest doprowadzane do komory pomiarowej z impaktora poprzez dwa przewody powietrza: pierwszy przewód zawierający filtr HEPA i zawór zwrotny oraz drugi przewód zawierający elektrozawór.

Dzięki temu, że powietrze do komory pomiarowej pobierane jest poprzez zainstalowany na wlocie detektora impaktor, umożliwia to filtrowanie dużych cząstek z powietrza, tak aby do komory pomiarowej trafiały głównie małe cząstki, których stężenie ma być określane. Dzięki

zastosowaniu dwóch przewodów dopływu powietrza do komory pomiarowej, w tym jednego z filtrem HEPA, możliwy jest pomiar sygnału referencyjnego dla aktualnej temperatury i wilgotności powietrza, a następnie porównanie tego sygnału referencyjnego z sygnałem pomiarowym dla powietrza zawierającego nanoobiekty z przewodu powietrza niefiltrowanego.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia schemat blokowy jonizacyjnego detektora nanoobjektów według wynalazku, Fig. 2 przedstawia schemat toru przepływu powietrza w jonizacyjnym detektorze nanoobjektów według wynalazku, Fig. 3 przedstawia przykładową komorę pomiarową, Fig. 4 przedstawia przykładowy impaktor, Fig. 5 przedstawia zmiany stężenia liczbowego cząstek oraz różnicy sygnałów wyjściowych w czasie w komorze pomiarowej, Fig. 6 przedstawia uśredniony rozkład rozmiarów cząstek generowanego aerozolu podczas badań w komorze pomiarowej, Fig. 7 przedstawia korelacje między stężeniem liczbowym cząstek a różnicą sygnałów wyjściowych dla przedziałów czasowych (a) 12:11 – 12:23 oraz (b) 12:41 – 13:25, Fig. 8 przedstawia zmiany stężenia liczbowego cząstek oraz różnicy sygnałów wyjściowych w czasie w komorze pomiarowej dla różnych czasów uśredniania detektora: (a) 10 s, (b) 15 s, (c) 20 s, Fig. 9 przedstawia korelacje między stężeniem liczbowym cząstek a różnicą sygnałów wyjściowych dla przedziałów czasowych (a) 9:44 – 10:03, czas uśredniania: 10 s; (b) 11:23 – 12:01, czas uśredniania: 15 s; (c) 14:59 – 15:18, czas uśredniania: 20 s, Fig. 10 przedstawia uśrednione rozkład rozmiarów cząstek generowanego aerozolu podczas badań w komorze pomiarowej z neutralizacją aerozolu dla czasów uśredniania: (a) 10 i 15 s, (b) 20 s, Fig. 11 przedstawia korelację między liczbowym stężeniem aerozolu a wartością różnicy sygnałów wyjściowych z detektora.

Głównym elementem detektora nanoobjektów według wynalazku jest komora pomiarowa 15, w której zastosowano jonizacyjny czujnik dymu z elektrodą pływającą z dostępem do dwóch sygnałów napięciowych: sygnału napięcia zasilania oraz sygnału z elektrometru mierzącego potencjał elektryczny elektrody pływającej. Powietrze, w którym badana jest obecność nanoobjektów, przechodzi do detektora nanoobjektów przez impaktor 11. Za impaktorem powietrze prowadzone jest dwoma przewodami: pierwszym przewodem z filtrem HEPA 12 i zaworem zwrotnym 13 lub drugim przewodem z elektrozaworem 14. Gdy elektrozawór 14 jest zamknięty, powietrze przepływa jedynie przez filtr HEPA 12, który zatrzymuje cząstki stałe w badanym powietrzu, dzięki czemu możliwe jest ustalenie wartości referencyjnej sygnału z elektrometru w komorze pomiarowej 15, która jest charakterystyczna

dla powietrza o danej temperaturze i wilgotności. Po ustaleniu wartości referencyjnej elektrozawór 14 zostaje otworzony i do komory pomiarowej 15 trafia przez drugi przewód (ze względu na opory filtra HEPA 12, przez który przy otwartym elektrozaworze 14 przechodzi jedynie pomijalna ilość powietrza) powietrze zawierające nanocząstki, których obecność zostaje odzwierciedlona sygnałem z elektrometru w komorze pomiarowej 15, który może zostać porównany z sygnałem referencyjnym uzyskanym uprzednio dla powietrza o tej samej temperaturze i wilgotności po przejściu przez filtr HEPA 12. Powietrze do komory pomiarowej 15 zasysane jest za pomocą pompy próżniowej 17, przy czym pomiędzy komorą pomiarową 15 a pompą próżniową 17 znajduje się filtr HEPA 16 filtrujący cząstki stałe, aby nie zakłócały pracy pompy próżniowej 17.

Pracą detektora nanoobjektów steruje pierwszy mikrokontroler 21. Sygnały pomiarowe z komory pomiarowej 15 (tj. sygnały mierzone jako różnica sygnału zasilania i sygnału referencyjnego dla przefiltrowanego powietrza oraz różnica sygnału zasilania i sygnału pomiarowego dla niefiltrowanego powietrza zawierającego nanoobjekty) są wzmacniane i analizowane w układzie 22 wzmocnienia sygnału przyłączonego do drugiego mikrokontrolera. Pierwszy mikrokontroler 21 steruje za pośrednictwem przekaźnika 23 pracą elektrozaworu 14 (tak aby do komory pomiarowej 15 trafiało powietrze filtrowane lub niefiltrowane) oraz za pośrednictwem przekaźnika 25 nastawia sterownik silnika 26 pompy próżniowej 17 (aktywując przepływ powietrza przez komorę pomiarową i nastawiając intensywność przepływu). Ponadto, mikrokontroler 21 podaje wyniki pomiaru na wyświetlaczu 24.

Przykład wykonania

W komorze pomiarowej 15 zastosowano jonizacyjny czujnik dymu DIO-40 (Polon-Alfa, Polska) zmodyfikowany tak, aby umożliwić pomiar sygnału napięcia zasilania oraz sygnału z elektrometru mierzącego potencjał elektryczny elektrody pływającej. Czujnik dymu DIO-40 przeznaczony jest standardowo do wykrywania dymu w początkowej fazie pożaru. Jest to konwencjonalny, punktowy czujnik dymu. Źródłem promieniowania jest izotop Am 241, aktywność źródła wynosi 7,4 kBq +/- 10%. Am 241 jest źródłem promieniowania α , które z uwagi na niską zdolność do penetracji stwarza zagrożenie dla zdrowia wyłącznie w przypadku połknięcia lub przedostania się do dróg oddechowych. Komora pomiarowa została wydrukowana z transparentnego filamentu PET-G do kształtu obudowy przedstawionej na Fig. 3 (w widoku w rozstrzeleniu) zawierającej dolny element 21 i górny element 22 z wlotem 23 powietrza i wylotem 24 powietrza, przy czym pomiędzy dolnym elementem 21 a górnym elementem 22 znajduje się przestrzeń o kształcie dopasowanym do kształtu czujnika dymu

DIO-40, tak aby powietrze przepływające pomiędzy wlotem 23 a wylotem 24 przechodziło przez czujnik dymu.

Impaktor 11 odcinający cząstki na wlocie do licznika został zaprojektowany jako model parametryczny do wydruku 3D. Impaktor zaprojektowano tak, aby przy założonym przepływie aerozolu 5,9 L/min uzyskać 50% punktu odcięcia wynoszącego ok. 0,35 μm . Impaktor o konstrukcji przedstawionej na Fig. 4 został wydrukowany z przewodzącego filamentu PLA.

W układzie 22 wzmocnienia sygnału zastosowano wzmacniacze operacyjne LM358 z wbudowaną kompensacją częstotliwości, co zwiększa stabilność ich działania. Do pomiaru wzmocnionego sygnału zastosowano przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) wbudowany w mikrokontroler Microchip SAMD21 zainstalowany na płytce stykowej Adafruit ItsyBitsy M0 Express. Rozdzielczość przetwornika ADC została ustawiona na 12 bitów. Zastosowano napięcie odniesienia 3,3 V z płytki Adafruit ItsyBitsy M0 Express. Wartość mierzonego sygnału została sprowadzona poniżej napięcia odniesienia za pomocą dzielnika rezystorowego. Opracowano program sterujący dla mikrokontrolera SAMD21 do pomiaru sygnału wyjściowego z komory pomiarowej i przesyłający dane pomiarowe do mikrokontrolera 21. W celu dalszej analizy danych pomiarowych możliwe jest pobranie danych z detektora na komputer PC. Do wymuszenia przepływu aerozolu przez komorę pomiarową detektora wybrano membranową pompę podciśnieniową 17 zasilaną napięciem 12 V, zdolną do wytworzenia podciśnienia o maksymalnej wartości 54 kPa. Nominalne natężenie przepływu powietrza wynosi 5,9 l/min +/- 5% (powietrze niefiltrowane i wynika z konstrukcji całego urządzenia. Wybór ten został podyktowany znacznie wyższymi oporami miejscowymi w projektowanym układzie wynikającymi z obecności filtrów HEPA 12, 16 oraz zaworu zwrotnego 13.

Weryfikacja prawidłowości działania detektora

Prawidłowość działania jonizacyjnego detektora nanocząstek według wynalazku w znanych parametrach środowiskowych została przetestowana w szczelnej komorze testowej o objętości roboczej ok. 1 m³, która przed rozpoczęciem każdego pomiaru była przepłukiwana przefiltrowanym powietrzem (filtracja powietrza na filtrze HEPA), aż do spadku stężenia liczbowego cząstek poniżej dolnej granicy wykrywalności urządzenia referencyjnego MINI-WRAS 1371 (Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG). W komorze testowej umieszczono detektor oraz wlot urządzenia referencyjnego, a do komory testowej doprowadzany był strumień generowanego aerozolu nanoobjektów. Zastosowano generator iskrowy GFG 1000 (Palas GmbH) z elektrodami grafitowymi, generujący cząstki sadzy w strumieniu argonu.

Częstotliwość iskrzenia ustawiono na 6 Hz. W trakcie pomiarów zmieniane były warunki ich prowadzenia, tj. włączano i wyłączało generator aerozolu, by zbadać odpowiedź urządzeń na zmienne wartości stężenia liczbowego nanoobjektów w komorze testowej. Generowanie aerozolu cząstek sadzy w każdym przypadku trwało od 3 do 5 min. Pomiary prowadzono przy różnych czasach uśredniania sygnału wyjściowego oraz z neutralizatorem i bez neutralizatora aerozolu przed doprowadzeniem go do komory testowej.

W trakcie badań bez neutralizacji aerozolu, generator iskrowy z elektrodami grafitowymi, użyty w tych badaniach, generował stosunkowo wysokie stężenia liczbowe cząstek, sięgające niemal 400 tys. cząstek/cm³ (Fig. 5). Średnia ważona wielkość generowanych cząstek wyniosła 63 nm, przy czym cząstki o rozmiarze mniejszym niż 100 nm stanowiły 94,85% wszystkich cząstek (Fig. 6). Zebrano wystarczającą ilość danych pomiarowych do ustalenia korelacji wiążącej stężenie liczbowe cząstek generowanego aerozolu oraz różnicę sygnałów wyjściowych detektora nanoobjektów. Na Fig. 5 kropkowaną linią zaznaczono fazę rozpoczęcia generowania aerozolu. Natomiast Fig. 7 przedstawia otrzymane korelacje dla wybranych przedziałów czasowych, dobranych z uwzględnieniem największej liczebności wyników zarejestrowanych przez oba urządzenia. Przy takich parametrach przy przeprowadzonych w kilku seriach pomiarowych badaniach można potwierdzić, że między stężeniem liczbowym cząstek a różnicą sygnałów wyjściowych detektora korelacja jest silna ($R^2 > 0,7$). W tym przypadku mamy do czynienia z liniową zależnością.

Ze względu na charakterystykę działania stosowanego generatora iskrowego, zdecydowano się przeprowadzić badania w komorze testowej z neutralizacją aerozolu ze względu na możliwość obecności ładunku na generowanych cząstkach. W tym przypadku stężenia liczbowe generowanych cząstek przekroczyły w dwóch przypadkach nawet 400 000 cząstek/cm³ (Fig. 8). Fig. 9 przedstawia korelacje dla wybranych przedziałów czasowych. Fig. 10. przedstawia liczbowe rozkłady rozmiarów generowanych cząstek, dla których średnie ważne wielkości cząstek wyniosły odpowiednio dla czasów uśredniania detektora (a) 10 s i 15 s – 71 nm oraz (b) 20 s – 70 nm. Cząstki o rozmiarze mniejszym niż 100 nm stanowiły odpowiednio 90,35% oraz 91,39% wszystkich cząstek. Otrzymane korelacje również w tym przypadku są silne ($R^2 > 0,8$). Równania korelacyjne różnią się od tych uzyskanych względem zneutralizowanego aerozolu. Detektor jest bardziej czuły (otrzymane równanie korelacyjne charakteryzuje się większym współczynnikiem kierunkowym prostej), a zakres pomiarowy urządzenia jest przesunięty (wyras wolny w równaniu co do wartości bezwzględnej jest większy). Podczas tych badań nie następowały znaczące zmiany warunków środowiskowych (średnia temperatura powietrza 20,5±0,4°C; średnia wilgotność względna powietrza

30,7±2,8%; średnie ciśnienie atmosferyczne 1006,7±2,5 hPa), które mogłyby znacząco zmienić otrzymane rezultaty. Największe wahania tych parametrów następowały w momencie oczyszczania komory testowej, kiedy to pomiary stężenia liczbowego i różnicy sygnałów wyjściowych detektora nie były prowadzone.

Przeprowadzone badania pozwoliły potwierdzić, że detektor według wynalazku może być wykorzystany do pomiaru stężenia nanoobjektów, w zakresie 10 000 – 400 000 cząstek/cm³. W badaniach z użyciem aerozolu cząstek syntetycznej sadzy wykazano zależność stężenia liczbowego cząstek (wyniki pomiarów z urządzenia referencyjnego) od różnicy sygnałów wyjściowych detektora (Fig. 11). Korelacja w tym przypadku jest silna. Krzywa najlepszego dopasowania jest krzywą drugiego stopnia i została wybrana, ze względu na lepsze odwzorowanie zarówno bardzo niskich, jak i bardzo wysokich stężeń liczbowych. Charakteryzowała się również większym współczynnikiem R² niż krzywa liniowa. Tak uzyskana krzywa korelacyjna jest wykorzystywana do określania stężenia nanoobjektów w powietrzu przez detektor poprzez niezbędne kalkulecje w mikrokontrolerze (21).

BIBLIOGRAFIA

- 1) Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y.S., Dufresne, A. and Danquah, M.K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: History, sources, toxicity and regulations. *Beilstein J. Nanotechnol.* 9: 1050–1074.
- 2) Cheng, L.-C., Jiang, X., Wang, J., Chen, C. and Liu, R.-S. (2013). Nano-bio effects: Interaction of nanomaterials with cells. *Nanoscale* 5: 3547–3569.
- 3) Mukherjee, D., Porter, A., Ryan, M., Schwander, S., Chung, K., Tetley, T., Zhang, J. and Georgopoulos, P. (2015). Modelling in vivo interactions of engineered nanoparticles in the pulmonary alveolar lining fluid. *Nanomaterials* 5: 1223.
- 4) Cosnier, F., Bau, S., Grossmann, S., Nunge, H., Brochard, C., Viton, S., Payet, R., Witschger, O. and Gaté, L. (2016). Design and characterization of an inhalation system to expose rodents to nanoaerosols. *Aerosol Air Qual. Res.* 16: 2989–3000.
- 5) Geiser, M., Jeannot, N., Fierz, M. and Burtscher, H. (2017). Evaluating adverse effects of inhaled nanoparticles by realistic in vitro technology. *Nanomaterials* 7: 49.
- 6) Oberdorster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Carter, J., Karn, B., Kreyling, W., Lai, D., Olin, S., Monteiro-Riviere, N., Warheit, D. and Yang, H. (2005). Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: Elements of a screening strategy. Part. *Fibre Toxicol.* 2: 1–35.

- 7) Shin, S., Song, I. and Um, S. (2015). Role of physicochemical properties in nanoparticle toxicity. *Nanomaterials* 5: 1351.
- 8) ISO/TS 12901-1:2012 „Nanotechnologies – Occupational risk management applied to engineered nanomaterials – Part 1: Principles and approaches”. 1–36.
- 9) ISO/TS 12901-2:2014 „Nanotechnologies – Occupational risk management applied to engineered nanomaterials – Part 2: Used of the control banding approach”. 1–31.
- 10) OECD (2015). Environment, Health and Safety Publications, Harmonized tiered approach to measure and assess the potential exposure to airborne emissions of engineered nano-objects and their agglomerates and aggregates at workplaces. Series On the Safety of Manufactured Nanomaterials, No. 55, ENV/JM/MONO(2015)19
- 11) OECD (2017). Strategies, techniques and sampling protocols for determining the concentrations of manufactured nanomaterials in air at the workplace. Series On the Safety of Manufactured Nanomaterials, No. 82, ENV/JM/MONO(2017)30
- 12) WHO (2017). WHO guidelines on protecting workers from potential risks of manufactured nanomaterials. World Health Organization.
- 13) van Broekhuizen, P. and Dorbeck-Jung, B. (2013). Exposure limit values for nanomaterials – capacity and willingness of users to apply a precautionary approach. *J. Occup. Environ. Hyg.* 10: 46–53.
- 14) Kumsanlas, N., Piriyaakarnsakul, S., Sok, P., Hongtieab, S., Ikemori, F., Szymanski, W.W., Hata, M., Otani, Y. and Furuuchi, M. (2019). A Cascade Air Sampler with Multi-nozzle Inertial Filters for PM0.1. *Aerosol Air Qual. Res.* 19: 1666–1677.
- 15) Hsiao, T.-C., Lee, Y.-C., Chen, K.-C., Ye, W.-C., Sopajaree, K. and Tsai, Y.I. (2016). Experimental comparison of two portable and real-time size distribution analyzers for nano/submicron aerosol measurements. *Aerosol Air Qual. Res.* 16: 919–929.
- 16) Levin, M., Witschger, O., Bau, S.B., Jankowska, E., Koponen, I.K., Koivisto, A.J., Clausen, P.A., Jensen, A., Mølhave, K., Asbach, C. and Jensen, K.A. (2016). Can we trust real time measurements of lung deposited surface area concentrations in dust from powder nanomaterials? *Aerosol Air Qual. Res.* 16: 1105–1117.
- 17) Iavicoli, I., Fontana, L., Pingue, P., Todea, A.M., Asbach, C. (2018). Assessment of occupational exposure to engineered nanomaterials in research laboratories using personal monitors. *Sci. Total Environ.* 627: 689-702.
- 18) Kuula, J., Kuuluvainen, H., Rönkkö, T., Niemi, J.V., Saukko, E., Portin, H., Aurela, M., Saarikoski, T., Rostedt, R., Hillamo, R. and Timonen, H. (2019). Applicability of Optical

- and Diffusion Charging-Based Particulate Matter Sensors to Urban Air Quality Measurements. *Aerosol Air Qual. Res.* 19: 1024–1039.
- 19) Todea, A.M., Beckmann, S., Kaminski, H., Bard, D., Bau, S., Clavaguera, S., Dahmann, D., Dozol, H., Dziurawicz, N., Elihn, K., Fierz, M., Lidén, G., Meyer-Plath, A., Monz, C., Neumann, V., Pelzer, J., Simonow, B.K., Thali, P., Tuinman, I., van der Vleuten, A., Vroomen, H., Asbach, C. (2017). Inter-comparison of personal monitors for nanoparticles exposure at workplaces and in the environment. *Sci. Total Environ.* 605–606: 929–945.
 - 20) Wasisto, H.S., Merzsch, S., Waag, A., Uhde, E., Salthammer, T., Peiner, E. (2013). Portable cantilever-based airborne nanoparticle detector. *Sens. Actuators, B* 187: 118-127.
 - 21) Wasisto, H.S., Merzsch, S., Uhde, E., Waag, A., Peiner, E. (2015) Handheld personal airborne nanoparticle detector based on microelectromechanical silicon resonant cantilever. *Microelectron. Eng.* 145: 96-103.
 - 22) Litton, C.D., Smith, K.R. and Edwards, R (2004). Combined optical and ionization measurements techniques for inexpensive characterization of micrometer and submicrometer aerosols. *Aerosol. Sci. Tech.* 38: 1054–1062.
 - 23) Edwards, R., Smith, K.R., Kirby, B., Allen, T., Litton, C.D., Hering, S. (2006). An inexpensive dual-chamber particle monitor: laboratory characterization. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 56: 789–799.
 - 24) Dahl, A., Gudmundsson, A. and Bohgard, M. (2008). A low cost nanoparticle monitor for screening measurements in indoor environments. *Indoor Air* 2008.
 - 25) Data sheet for the DIO-40 ionization smoke detector. Available online: <https://polon-alfa.pl/sites/default/files/aat/download/DIO-40.pdf> (accessed on 14 April 2022).

ZASTRZEŻENIA

1. Jonizacyjny detektor nanoobjektów w powietrzu, znamienny tym, że zawiera komorę pomiarową (15) z jonizacyjnym czujnikiem dymu z elektrodą pływającą, przy czym powietrze do komory pomiarowej (15) zasysane jest przez pompę próżniową (17) zainstalowaną za komorą pomiarową (15), przy czym zasysane powietrze jest doprowadzane do komory pomiarowej (15) z impaktora (11) poprzez dwa przewody powietrza: pierwszy przewód zawierający filtr HEPA (12) i zawór zwrotny (13) oraz drugi przewód zawierający elektrozawór (14).
2. Jonizacyjny detektor według zastrzeżenia 1 znamienny tym, że impaktor (11) zatrzymuje co najmniej 50% cząstek o rozmiarze powyżej 350 nm.
3. Jonizacyjny detektor według zastrzeżenia 1 albo 2 znamienny tym, że zawiera układ pomiarowo-sterujący, zawierający układ (22) wzmocnienia sygnału, którego wejście podłączone jest do sygnału pomiaru napięcia zasilania komory pomiarowej (15) oraz sygnału wskazującego na potencjał elektryczny elektrody pływającej komory pomiarowej (15), a którego wyjście podłączone jest do mikrokontrolera (21) sterującego pracą elektrozaworu (14), sterownika silnika (26) pompy próżniowej (17) oraz wyświetlacza (24).

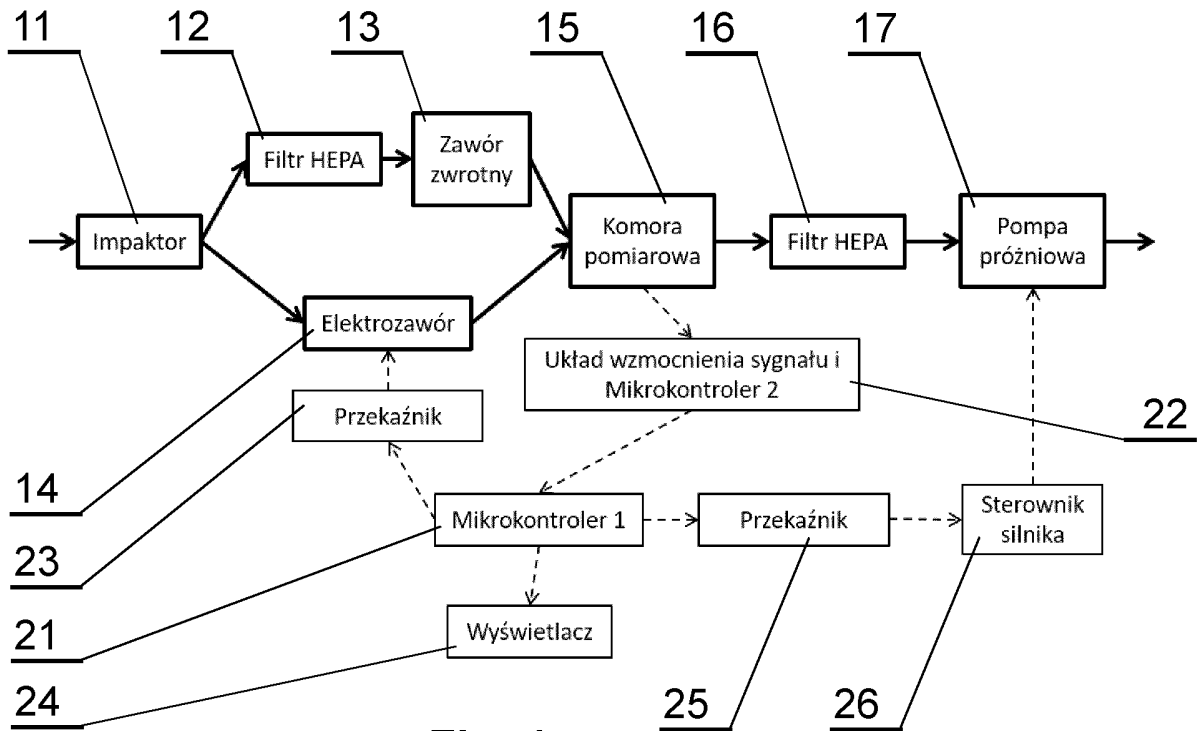


Fig. 1

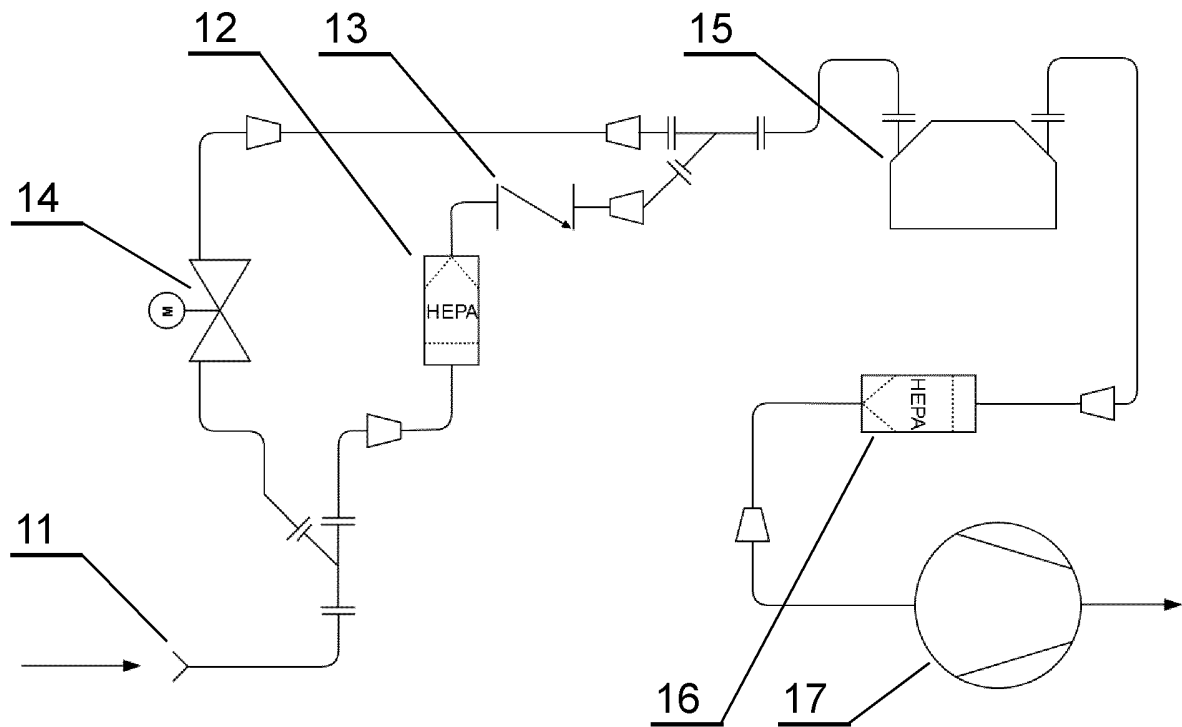


Fig. 2

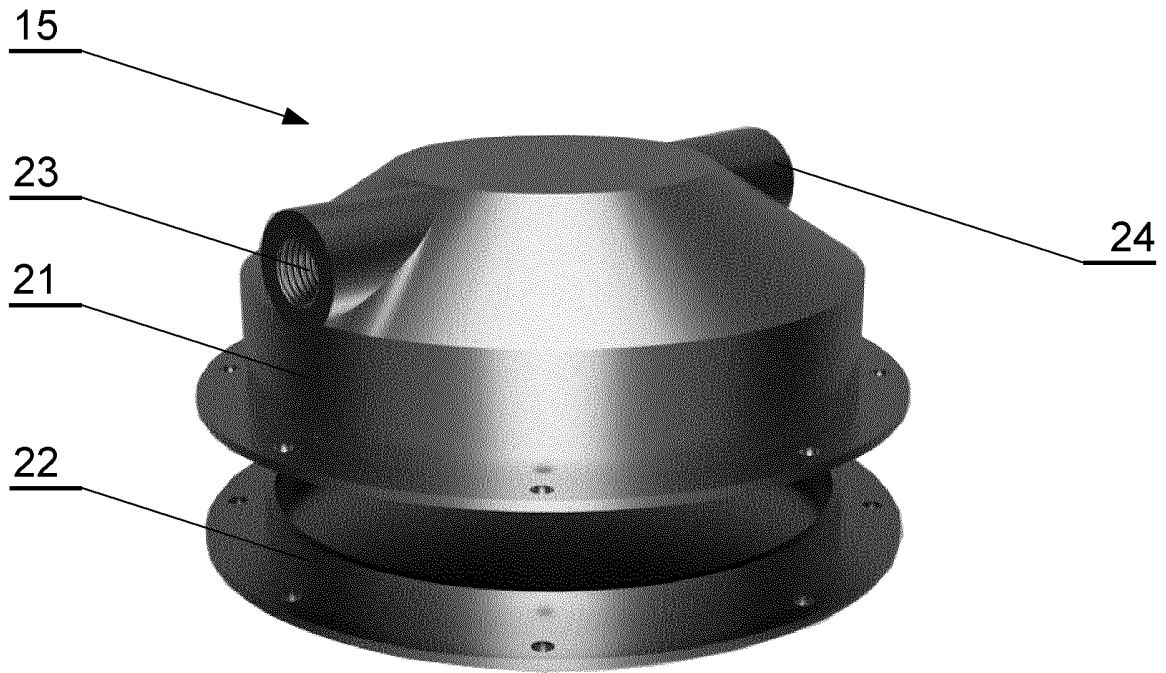


Fig. 3

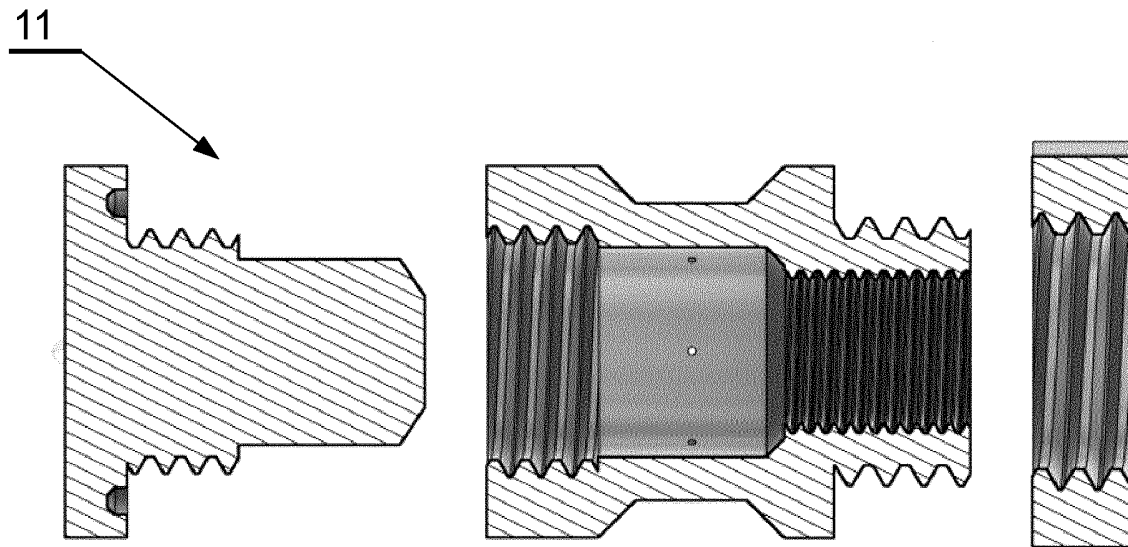


Fig. 4

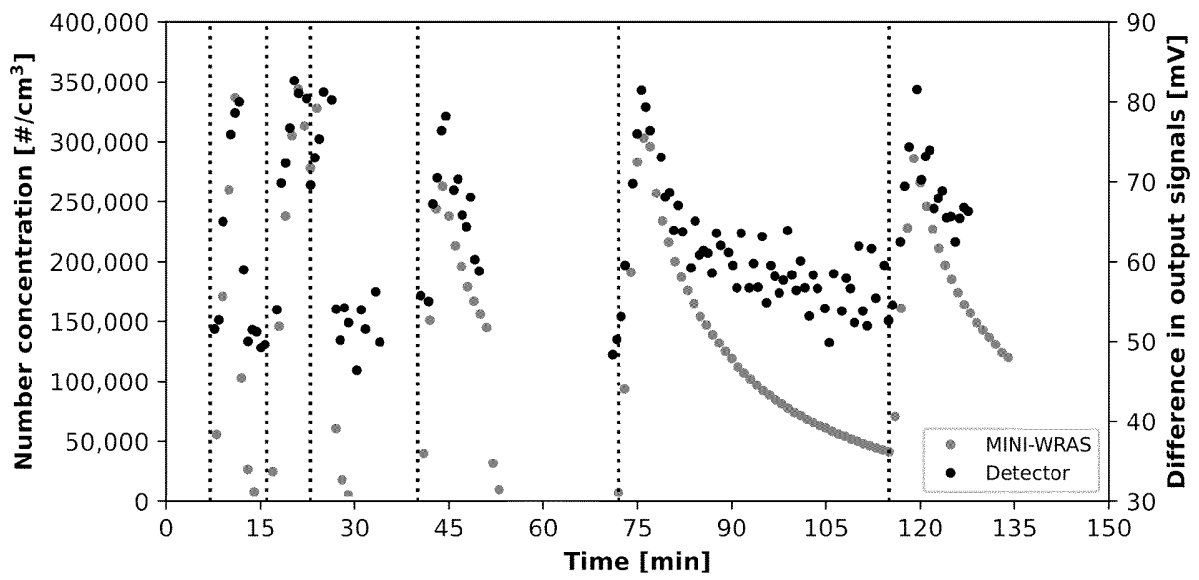


Fig. 5

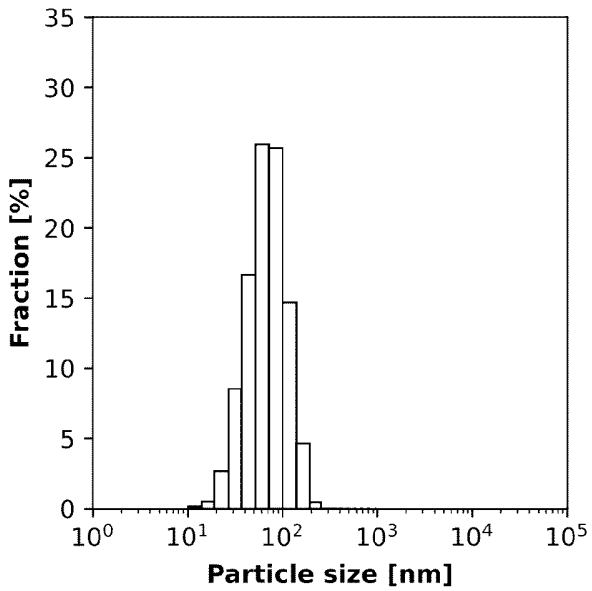


Fig. 6

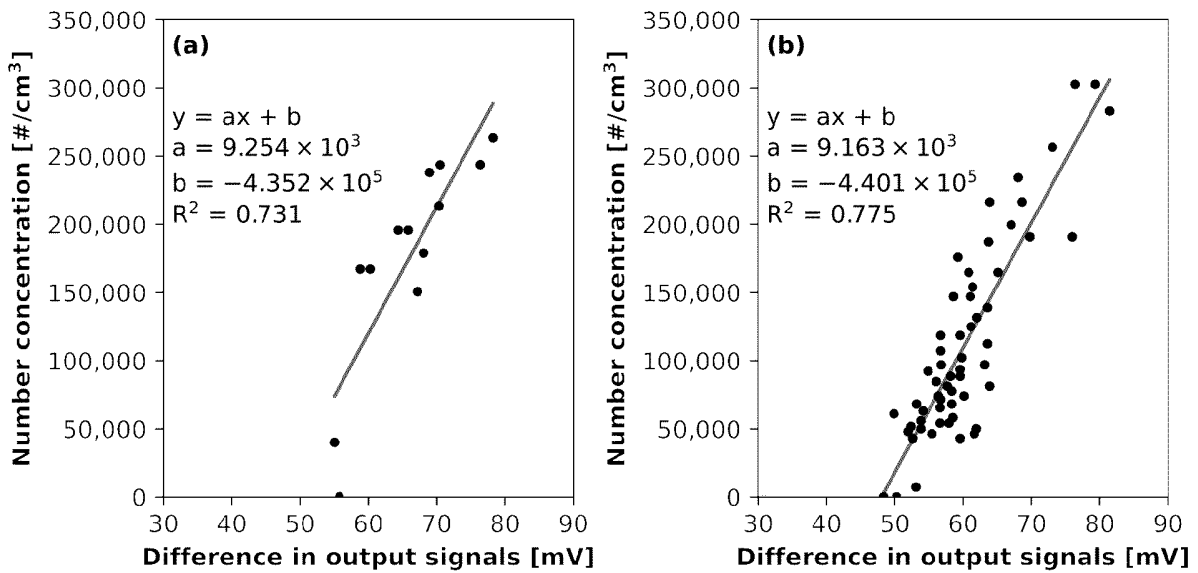


Fig. 7

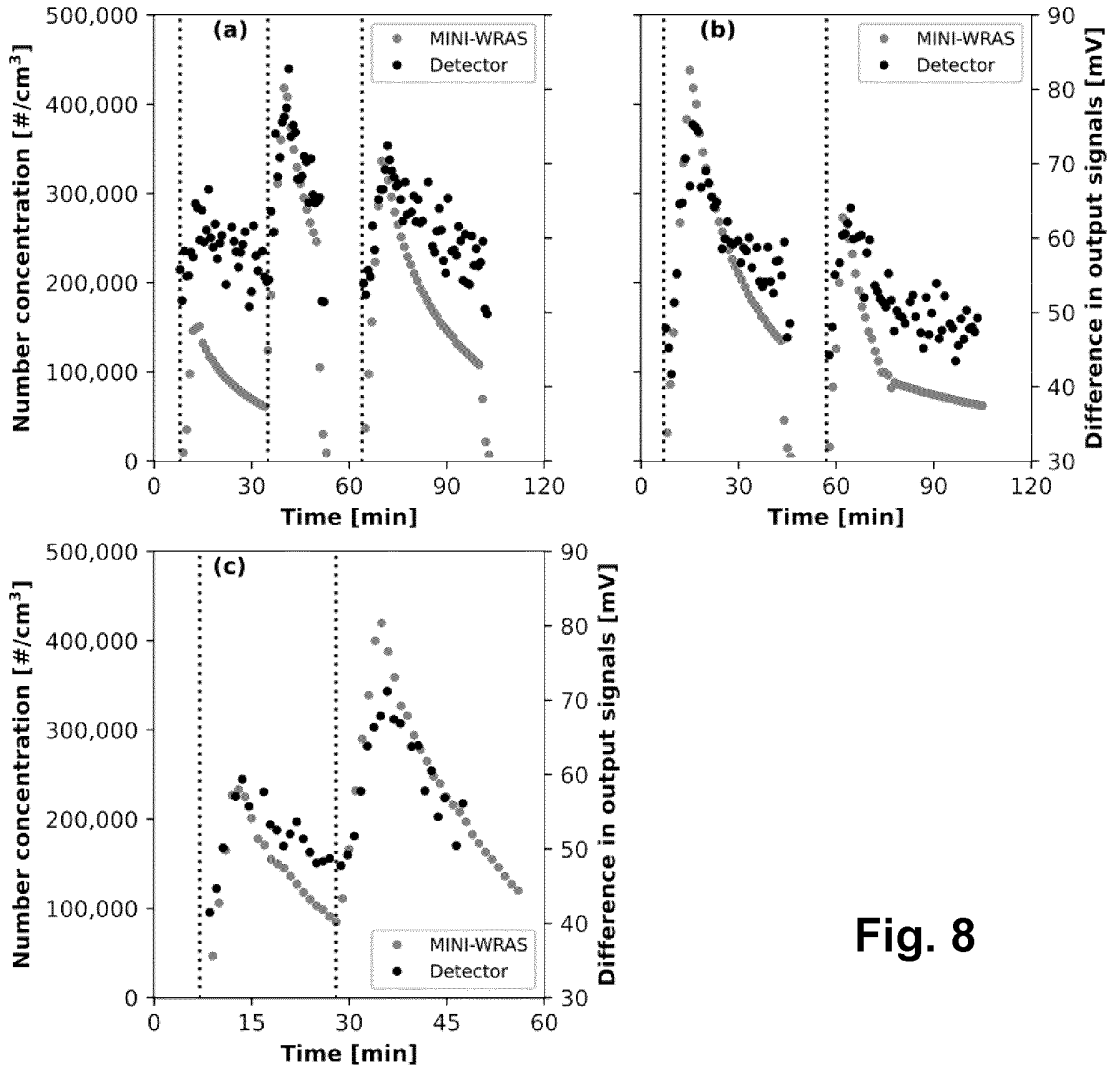


Fig. 8

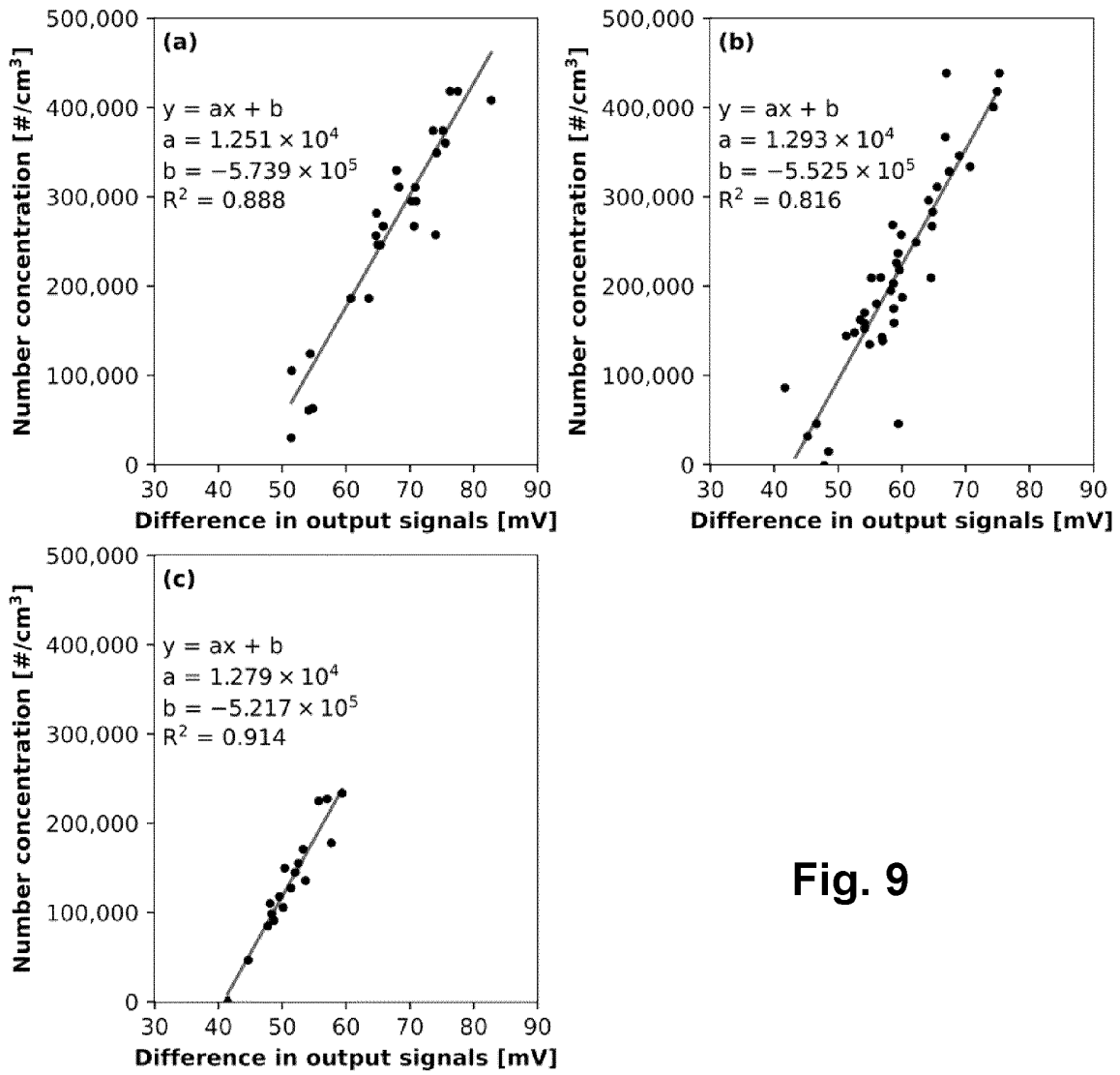


Fig. 9

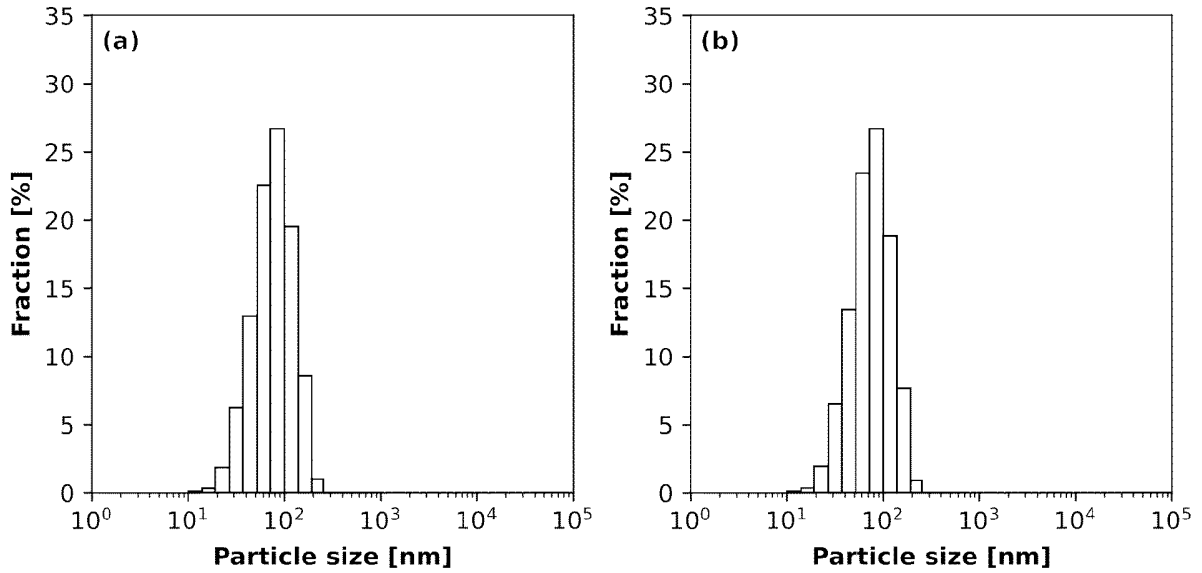


Fig. 10

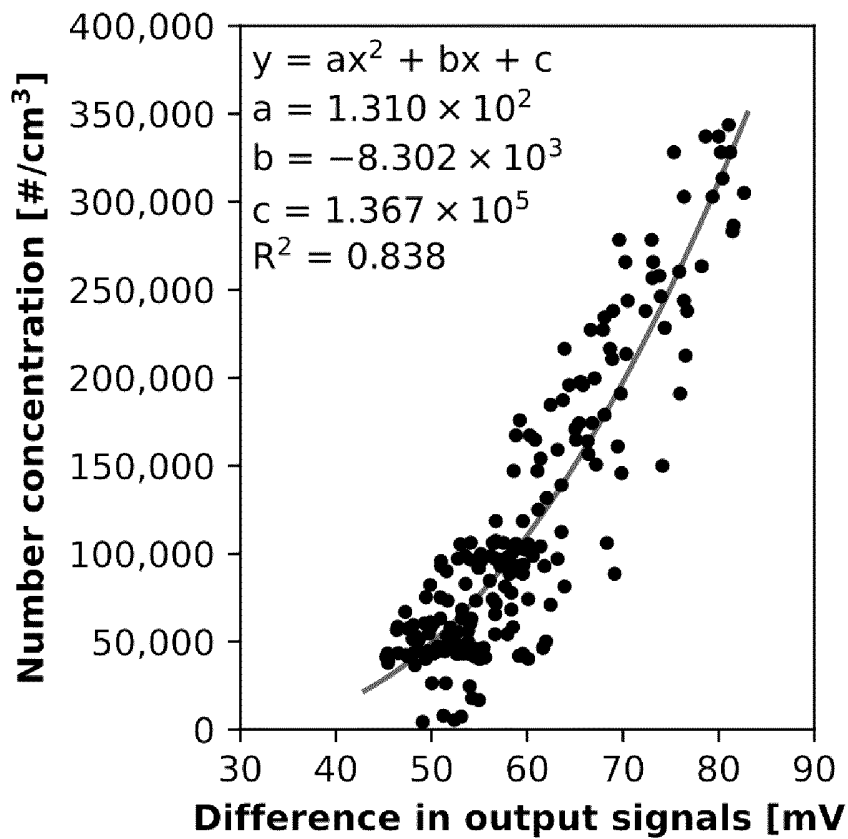


Fig. 11


SPRAWOZDANIE O STANIE TECHNIKI DO ZGŁOSZENIA NR P.443201

| Klasyfikacja zgłoszenia: G01N 27/62, G01N 27/64, G01N 27/66 | | |
|---|---|------------------------|
| Podklasy w których prowadzono poszukiwania: G01N | | |
| Bazy komputerowe w których prowadzono poszukiwania: EPODOC WPI bazy UPRP | | |
| Kategoria dokumentu | Dokumenty - z podaną identyfikacją | Odniesienie do zastrz. |
| A | WO2009134495 A2 (ENERTECHNIX INC [US]; ARIESSOHN PETER [US]; NOVOSSELOV IGOR [US]) 05-11-2009 | 1-3 |
| A | US2010001184 A1 (UNIV ST LOUIS [US]) 07-01-2010 | 1-3 |
| A | JP2004219250 A (CENTRAL RES INST ELECT) 05-08-2004 | 1-3 |
| <input type="checkbox"/> Dalszy ciąg wykazu dokumentów na następnej stronie | | |
| <p>A – dokument określający ogólny stan techniki, który nie jest uważany za posiadający szczególne znaczenie, E – dokument stanowiący wcześniejsze zgłoszenie lub patent, ale opublikowany w lub po dacie zgłoszenia, L – dokument, który może poddawać w wątpliwość zastrzegane pierwszeństwo(-wa), lub przytoczony w celu ustalenia daty publikacji innego cytowanego dokumentu lub z innego szczególnego powodu, O – dokument odnoszący się do ujawnienia ustnego przez zastosowanie, wystawienie lub ujawnienie w inny sposób, P – dokument opublikowany przed datą zgłoszenia, ale później niż zastrzegana data pierwszeństwa, T – dokument późniejszy, opublikowany po dacie zgłoszenia lub w dacie pierwszeństwa i niebędący w konflikcie ze zgłoszeniem, ale cytowany w celu zrozumienia zasad lub teorii leżących u podstaw wynalazku, X – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za nowy lub nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument brany jest pod uwagę samodzielnie, Y – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument zostanie połączony z jednym lub kilkoma tego typu dokumentami, a takie połączenie będzie oczywiste dla znawcy, & – dokument należący do tej samej rodziny patentowej.</p> | | |

Sprawozdanie wykonał/-a:

Irena Pokorska
Ekspert

Data:

31.01.2023

Podpis:

/podpisano kwalifikowanym podpisem elektronicznym/
Pismo wydane w formie dokumentu elektronicznego

Uwagi do zgłoszenia

Sprawozdanie zostało wykonane w oparciu o zastrz. z dnia 20.12.2022 r.