

Dariusz SIEMIASZKO, Dorota KAMIŃSKA
Kamika Instruments
ul. A. Kocjana 15, 01-473 Warszawa

INNOWACYJNY ANALIZATOR MINI 3D – NOWA METODA TRÓJWYMIAROWEGO POMIARU CZĄSTEK

W pracy przedstawiono wyniki badań projektu pt. „Innowacyjny analizator cząstek mini 3D” realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Opracowany analizator umożliwia jednoczesny pomiar wszystkich trzech wymiarów cząstek materiałów proszkowych. Uzyskanie trójwymiarowej informacji o badanych materiałach jest jakościowym skokiem w obszarze pomiarów materiałów proszkowych, gdyż do tej pory wymiary cząstek były szacowane co najwyżej z dwóch wymiarów.

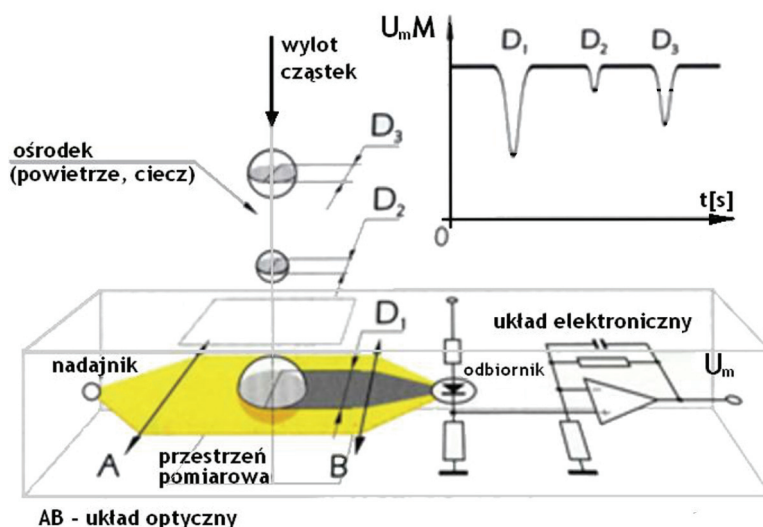
1. WSTĘP

Materiały w formie proszków są jednym z najpowszechniej stosowanych materiałów w przemyśle. Widać to wyraźnie w metalurgii proszków, farmacji ale również przy produkcji farb (wypełniacze) czy w przemyśle spożywczym. Jednocześnie wymagania co do uzyskiwanych wyrobów wciąż rosną i tym samym rosną wymagania dotyczące kontroli wykorzystywanych substratów czyli właśnie materiałów proszkowych. W związku z tymi potrzebami firma Kamika opracowała nowoczesny analizator wielkości cząstek, umożliwiający kontrolę wszystkich trzech wymiarów każdej cząstki a tym samym kontrolę kształtu i powiązanych z nią właściwości.

2. METODA POMIARU CZĄSTEK W TRZECH WYMIARACH

Metoda pomiarowa opracowana w firmie Kamika bazuje na teorii optyki geometrycznej i polega na pomiarze cząstek w równoległej wiązce światła [1, 2]. Na rysunku 1 przedstawiono schemat procesu pomiarowego. Przestrzeń pomiarowa czujnika jest ukształtowana przez układy optyczne A, B do których z nadajnika emitowane jest światło w zakresie bliskiej podczerwieni. Analizowane cząstki, poruszające się w powietrzu lub cieczy powodują, osłabienie strumienia świetlnego odbieranego przez fotodiodę. Miarą wielkości tego osłabienia jest amplituda sygnału elektrycznego uformowanego przez układ elektroniczny. Amplituda impulsu odpowiada maksymalnemu wymiarowi cząstki w kalibracji sferycznej. Rozmiar przestrzeni pomiarowej może być dobrany do konkretnych potrzeb, dlatego też możemy mierzyć dowolnie duże cząstki. Opisany układ umożliwia pomiar tylko jednego wymiaru cząstki. W urządzeniu Mini 3D wykorzystywane są jednak dwa tory pomiarowe umieszczone do siebie pod kątem 90°. Taka konstrukcja umożliwia dokładny pomiar dwóch wymiarów z amplitud impulsów. Trzeci wymiar cząstki jest wyliczany na podstawie czasu przelotu danej cząstki przez przestrzeń pomiarową.

Zastosowanie dwóch, prostopadłych strumieni światła nasuwa pytanie czy strumień światła generowany przez diodę kanału pierwszego nie zakłóca sygnału w kanale drugim. W niniejszej pracy przedstawiono analizę zakłóceń między kanałami pomiarowymi analizatora Mini 3D.



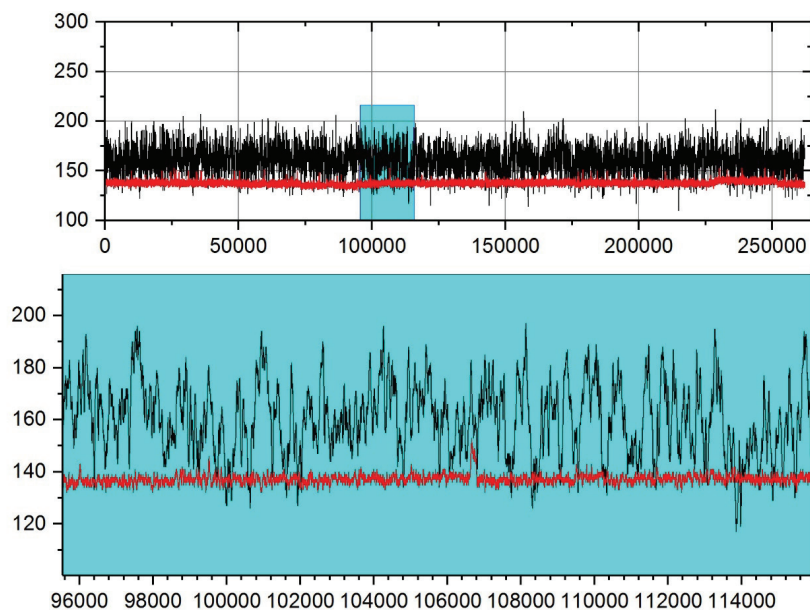
Rys. 1. Scheme of measuring the size of particles in a beam of light

3. METODYKA POMIARU

Badania przeprowadzono na innowacyjnym urządzeniu Mini 3D. Badanie polegało na zapisie szum obecnego w kanale pomiarowym i realizowano je w trzech krokach:

- w kroku pierwszym dioda nadawcza w kanale 2 została wyłączona, a szum mierzono w kanale 1,
- w kroku drugim dioda nadawcza w kanale 1 została wyłączona, a szum mierzono w kanale 2,
- w kroku trzecim obie diody nadawcze były włączone i szum mierzono w obu kanałach.

Analizę przeprowadzono wykorzystując największe, dostępne wzmocnienie sygnału – 176 razy. Na rysunku 2 pokazano przykładowy zapis uzyskanego szumu przy wyłączonym sygnale z kanału drugiego.



Rys. 2. Noise signal when channel 1 is turned on (black) and channel 2 is turned off (red)

Analizie poddano w każdym przypadku po pięć buforów. Z uzyskanych danych obliczono parametry statystyczne takie jak średnia i odchylenie standardowe, a następnie, przy pomocy testu t-Studenta, porównano wyniki. Uzyskane wyniki pozwoliły określić czy sygnały różnią się między sobą. Jako poziom ufności przyjęto standardową wartość $\alpha=0,05$ [3].

4. ANALIZA WYNIKÓW

Obliczone wartości średnich i odchyłeń standardowych przedstawiono w tabeli 1. Przed przystąpieniem do testu t-Studenta konieczne jest zbadanie czy uzyskane wyniki nie zawierają błędów grubych (test Grubbsa) oraz czy podlegają one rozkładowi normalnemu (test normalności). Analiza wyników za pomocą testu Grubbsa wykazała, że jedyną odstającą wartością jest wartość szumu w kanale pierwszym (przy włączonym kanale drugim) uzyskana w buforze 2. Wartość ta została odrzucona w dalszych obliczeniach.

Tabela 1

Zestawienie wyników pomiaru sygnału szumu w obu kanałach

Bufor	Szum k1* (k2 off)		Szum k1 (k2 on)		Szum k2 (k1 off)		Szum k2 (k1 on)	
	Średnia	Odch. stand	Średnia	Odch. stand	Średnia	Odch. stand	Średnia	Odch. stand
1	-0,10	30,11	0,28	30,46	-0,50	31,40	-0,27	31,17
2	0,04	29,46	0,05	29,76	0,07	31,15	0,26	31,11
3	0,18	29,85	0,03	30,34	0,11	30,90	-0,09	31,21
4	0,14	29,76	0,10	30,47	0,15	31,03	0,16	31,30
5	0,27	30,66	-0,15	30,55	0,26	30,65	0,15	30,92

* k1 – kanał pierwszy, k2 – kanał drugi

Następnie uzyskane wyniki poddano testowi normalności. Wyniki zestawiono w Tabeli 2. Jak widać wszystkie pomiary spełniają wymóg normalności dlatego też możliwe było przejście do następnego etapu czyli analizie za pomocą testu t-Studenta. W tabeli 3 przedstawiono wyniki testu w którym porównano szum w kanale 1 gdy światło w kanale 2 było wyłączone oraz gdy było włączone. Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że wyliczona wartość statystyki – t dla szumu w kanale pierwszym, wynosi -2,11. Natomiast dla szumu w kanale drugim wynosi -0,82. Na tej podstawie wyliczono prawdopodobieństwo, że uzyskane wartości nie są różne. Prawdopodobieństwo to wyniosło odpowiednio 7 i 43%. Oznacza to, że nie ma statystyczny różnicy poziomu szumu w zależności od tego czy drugi kanał jest włączony czy nie.

Tabela 2

Analiza normalności rozkładu uzyskanych danych

	Wartość statystyki	Wartość p	Decyzja
Szum k1 (k2 off)	0,9564	0,7828	Nie można odrzucić założenia o normalności
Szum k1 (k2 on)	0,9390	0,6483	Nie można odrzucić założenia o normalności
Szum k2 (k1 off)	0,9997	0,9999	Nie można odrzucić założenia o normalności
Szum k2 (k1 on)	0,9510	0,7442	Nie można odrzucić założenia o normalności

Tabela 3

Wyniki analizy szumu uzyskane w wyniku zastosowanie testu t-Studenta

	Wartość statystyki - t	DF	Prawdopodobieństwo	Decyzja
Szum k1 (k2 off ⇔ k2 on)	-2,1113	7	0,0726	Na poziomie ufności 95% nie stwierdzono różnic w mierzonych wartościach
Szum k2 (k1 off ⇔ k1 on)	-0,8172	8	0,4375	Na poziomie ufności 95% nie stwierdzono różnic w mierzonych wartościach

5. WNIOSKI

Przeprowadzone pomiary oraz analizy statystyczne wykazały, że nie ma istotnych różnic w obserwowanej wartości odchylenia standardowego szumu badanego kanału w zależności od tego czy drugi kanał jest w tym czasie włączony czy nie. Oznacza to, że kanały pracują niezależnie od siebie i uzyskiwane w nich impulsy są efektem jedynie mierzonych cząstek. Tym samym należy uznać, że potwierdzono wysoką precyzję pomiaru analizatora Mini 3D.

Badania sfinansowano w ramach projektu „Innowacyjny analizator cząstek mini 3D”, finansowanego ze środków Unii Europejskiej - Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

LITERATURA

1. Kaminski S., Kaminski P., Kaminska D., Trzcinski J.: Granulometric composition study of mineral resources using opto-electronic devices and Elsieve software system, E3S Web of Conferences 8, 01057 (2016)
2. Kaminski P., Kaminska D.: Badanie uziarnienia materiałów mineralnych 0,5 μm –100 mm, Powder & Bulk, nr 2 (2017)
3. Zięba A.: Analiza danych w naukach ścisłych i technice, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2013.