(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 242923 B1**

(12) **Opis patentowy**

(21) Numer zgłoszenia: **442242**
(22) Data zgłoszenia: **2022.09.12**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.01.16 BUP 03/2023**
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.05.15 WUP 20/2023**

(51) MKP:
G01N 22/04 *(2006.01)*
G01N 33/02 *(2006.01)*

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL
INSTYTUT AGROFIZYKI IM. BOHDANA DOBRZAŃSKIEGO POLSKIEJ AKADEMII NAUK, Lublin, PL
POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
JACEK MAJCHER, Palikije Drugie, PL
KAMIL STASZEK, Kraków, PL
MARCIN KAFARSKI, Lublin, PL
AGNIESZKA SZYPŁOWSKA, Lublin, PL
ANDRZEJ WILCZEK, Stasin, PL
WOJCIECH SKIERUCHA, Lublin, PL
ARKADIUSZ LEWANDOWSKI, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:
Maciej Nowicki, Lublin, PL

(54) Tytuł:
Urządzenie i sposób pomiaru wilgotności, zwłaszcza pojedynczych nasion rzepaku

PL 242923 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie i sposób pomiaru wilgotności, zwłaszcza pojedynczych nasion rzepaku, z wykorzystaniem reflektometru wieloportowego.

Dotychczas znany jest z normy PN-EN ISO 665:2020-09 „Nasiona oleiste – Oznaczanie wilgotności i zawartości substancji lotnych" sposób pomiaru wilgotności nasion rzepaku polegający na suszeniu próbki nasion w określonych warunkach do uzyskania stałej masy. Następnie liczona jest różnica mas przed i po suszeniu i na tej podstawie liczona jest zawartość wody. Metoda ta składa się z kilku etapów, w tym z suszenia, przez co jest czasochłonna.

Sposób pomiaru wilgotności pojedynczych nasion rzepaku przedstawiony jest w pracy Boguta A., Majcher J. The Method of Determining Seed Moisture Based on the Signal Generated by the Piezoelectric Plate. Przegląd Elektrotechniczny. 2021, vol. 97, s. 125–127, doi: 10.15199/48.2021.01.23. W urządzeniu tym wykorzystane są właściwości mechaniczne nasion do określenia ich wilgotności. Według opisu nasiona rzepaku uderzają na płytkę piezoelektryczną z określonej wysokości, następnie na podstawie kształtu sygnału elektrycznego generowanego przez płytkę piezoelektryczną określana jest wilgotność nasion rzepaku. Sposób ten, pomimo że określa wilgotność pojedynczych nasion, ma wadę, a mianowicie jest bardzo wrażliwy na miejsce, którym nasiono uderza w płytkę. W przypadku nasion jest to duży problem, ponieważ posiadają one budowę niesymetryczną.

Znane jest z opisu patentowego KR101450765B1 urządzenie do pomiaru wilgotności nasion przy użyciu mikrofal. Składa się ono z dwóch anten, nadawczej i odbiorczej, a pomiędzy nimi znajdują się ziarna. Urządzenie to przystosowane jest to pomiaru wilgotności dla próbki składającej się z wielu anten.

W opisie patentowym PL130757B1 przedstawione jest urządzenie do pomiaru wilgotności względnej danego przedmiotu za pomocą mikrofal. W urządzeniu tym prowadnica falowa wykonana jest w postaci prostokątnego profilu, do którego przylegają radiatory. Urządzenie to nie jest przystosowane do pomiarów ciągłych.

Z kolei z opisu zgłoszenia patentowego PL389288A1 znane jest urządzenie, które wykorzystuje falowód z układem pomiarowym do pomiaru wilgotności pojedynczych przedmiotów w tym nasion. W rozwiązaniu tym falowód przecina tor, przez który przemieszcza się dany przedmiot, następnie niezwłocznie waży się dany przedmiot i prowadzi stosowne obliczenia wilgotności. W sposobie tym dla określenia wilgotności konieczny jest oddzielny pomiar masy przedmiotu.

W artykule S. Trabelsi et al. „Microwave Moisture Sensor for Grain and Seed", Biological Engineering 2008, 1(2), pp. 195–202; doi: 10.13031/2013.24479 przedstawiono prototyp mikrofalowego czujnika do pomiaru wilgotności ziaren. Składa się on z prostokątnego pojemnika, na którego przeciwległych ścianach umieszczone są dwie anteny mikropaskowe skierowane do siebie. Ziarna umieszcza się w pojemniku następnie mierzone jest tłumienie i przesunięcie fazowe danej próbki. Takie rozwiązanie pozwala uzyskać wysoką dokładność do 0.5% wilgotności. Powyższy czujnik jednak nie mierzy wilgotności pojedynczych ziaren tylko większą próbkę, a uzyskany wynik jest średnią wilgotnością nasion danej próbki.

W artykule Omar Flor et al. „New Sensing Technologies for Grain Moisture", Agriculture 2022, 12, 386; doi: 0.3390/agriculture12030386 opisano kilka dostępnych metod pomiaru wilgotności nasion. Wśród nich mamy przedstawioną budowę i zasadę działania takich czujników jak: czujnik pojemnościowy czy ultra-szerokopasmowa metodę radarową. Jednak wszystkie opisane metody dotyczą pomiaru wilgotności większej próbki nasion.

W opisie zgłoszenia patentowego US5039947A przedstawiono proces nieniszczącego określania zawartości wilgoci w pojedynczych przedmiotach, takich jak pojedyncze ziarna, nasiona, orzechy, owoce lub inne produkty biologiczne lub rolnicze. Przedmiot jest umieszczany w mikrofalowej wnęce rezonansowej połączonej ze źródłem promieniowania mikrofalowego i obwodem pomiarowym. Pomiary energii rozpraszanej w próbce oraz zmiany częstotliwości (lub długości fali) spowodowanej obecnością przedmiotu we wnęce wykonywane są w każdej z dwóch orientacji różniących się o około 90 stopni względem maksymalnego wektora pola elektrycznego. Zawartość wilgoci jest następnie określana ze stosunku uśrednionych wartości rozpraszanej energii do zmiany częstotliwości. Proces jest szczególnie przydatny do oznaczania zawartości wilgoci w przedmiotach o nieregularnym lub zmiennym kształcie.

Celem wynalazku jest pomiar wilgotności pojedynczych nasion rzepaku, z natychmiastowym odczytem wartości z wykorzystaniem pomiaru zespolonego współczynnika odbicia w mikrofalowym zakresie częstotliwości.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie i sposób pomiaru wilgotności, zwłaszcza pojedynczych nasion rzepaku. Istotą urządzenia jest to, że składa się ze źródła sygnału mikrofalowego, który połączony jest poprzez układ do pomiaru zespolonego współczynnika odbicia do złącza SMA czujnika w postaci linii transmisyjnej umiejscowionej na płycie PCB. Na linii transmisyjnej ułożone są szeregowo blokady i zakończona jest ona obciążeniem. Odległość pomiędzy falowodami linii transmisyjnej wynosi od 0,5 do 0,75 średnicy nasion. Tudzież płytka pochylona jest względem podłoża o kąt od 15° do 80°, zapewniając swobodne stoczenie się nasion do kolejnych blokad. Długość linii transmisyjnej jest większa lub równa długości fali na częstotliwości, dla której przeprowadzany jest pomiar. Korzystnie odległość między skrajnymi blokadami zapewnia obrót nasiona o 360°.

Istotą sposobu jest to, że nasiono z wykorzystaniem urządzenia umieszcza się w czujniku zbudowanym z mikrofalowej linii transmisyjnej w pierwszym położeniu oraz dokonuje się pomiaru współczynnika odbicia, a następnie obraca się nasiono o zadany kąt i powtarza się pomiar. W dalszej kolejności powtarza się sekwencję zadaną ilość razy. Zmierzone współczynniki odbicia zapisuje się na płaszczyźnie liczb zespolonych oraz wyznaczana jest największa odległość między dwoma zmierzonymi współczynnikami odbicia tudzież odległość koreluje się za pomocą funkcji matematycznej z wilgotnością nasion rzepaku.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest odczyt wilgotności, zwłaszcza pojedynczych nasion rzepaku, nieskomplikowana budowa oraz natychmiastowy odczyt wilgotności. Dodatkowo urządzenie przystosowane jest do pracy ciągłej. Urządzenie jest wygodne w obsłudze oraz cechuje się niską niepewnością pomiaru wilgotności.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania został uwidoczniony na schematycznym rysunku, na którym fig. 1 – urządzenie w widoku perspektywicznym, zaś fig. 2 – przykładową płaszczyznę zespoloną zmierzonych wartości.

Urządzenie do pomiaru wilgotności pojedynczych nasion, zwłaszcza rzepaku, w przykładzie wykonania składa się ze źródła sygnału mikrofalowego 1 o częstotliwości 2,4 GHz, połączonego poprzez układ pomiarowy 2 ze złączem SMA do linii transmisyjnej 4 o długości 75 mm i szczelinie wynoszącej 1 mm umiejscowionej na płytce PCB umieszczonej pod kątem 15° względem podłoża, zakończonej obciążeniem 7 równym impedancji charakterystycznej o wartości 50 Ω. W układzie tym następuje pomiar zespolonego współczynnika odbicia w szesnastu położeniach nasiona 5 znajdującego się w blokadach 6. Długość linii transmisyjnej równa się długości fali dla asymetrycznej linii paskowej wykonanej na płytce PCB, której przenikalność względna wynosi 3,6 na częstotliwości 2,4 GHz. Układ pomiarowy 2 stanowi sześciowrotowy reflektometr mikrofalowy, składający się z pasywnego układu podziału mocy, do którego podłączone jest źródło sygnału mikrofalowego, detektory mocy oraz linia transmisyjna, której współczynnik odbicia jest mierzony. Poprzez pomiar wartości mocy dokonany za pomocą detektorów wyznaczany zostaje zespolony współczynnik odbicia badanej linii transmisyjnej.

Sposób pomiaru wilgotności pojedynczych nasion, zwłaszcza rzepaku, przy użyciu reflektometru wieloportowego z wykorzystaniem urządzenia przedstawionego w przykładzie wykonania polegał na tym, że nasiona rzepaku 5 o średnicach od 1,7 do 2 mm umieszczano na początku czujnika składającego się z linii transmisyjnej 4. Pod wpływem siły grawitacji nasiono 5 stacza się wzdłuż linii transmisyjnej 4 do kolejnych blokad 6, co powoduje obrót nasiona 5 wokół własnej osi. W każdej z blokad 6 mierzony jest zespolony współczynnik odbicia linii transmisyjnej. Zmierzone współczynniki odbicia zapisywane są na płaszczyźnie zespolonej i tworzą one zarys elipsy. Następnie wyznaczana jest największa odległość A między dwoma dowolnymi zmierzonymi współczynnikami odbicia. Odległość A jest skorelowana za pomocą funkcji matematycznej z wilgotnością nasion rzepaku 5.

Dla przedstawionego przykładu funkcja ta posiadała postać:

$A = 0{,}0005w + 0{,}0013$ o wysokim współczynniku korelacji $R^2 = 0.9697$,

gdzie w oznacza wilgotność nasion.

Wilgotność nasion rzepaku w zbadano według normy PN-EN ISO 665:2020-09 i porównano odczytane wartości z reflektometru wielowrotowego. Przykładowe wyniki serii pomiarów dla różnych wilgotności nasion umieszczono w Tabeli.

Tabela – Zależność odległości A od wartości wilgotności otrzymanej metodą referencyjną

odległość A	wilgotność nasion *w* [%] zmierzona według normy PN-EN ISO 665:2020-09
0,0051054	8
0,005425044	8,5
0,005774389	9,6
0,005816889	10,4
0,006270667	11,4
0,006796467	12,7
0,008207744	14,4
0,008577478	14,8
0,0092537	16,7
0,009632411	19,7

Wykaz oznaczeń:

1. Źródło sygnału mikrofalowego
2. Układ do pomiaru zespolonego współczynnika odbicia
3. Złącze SMA
4. Linia transmisyjna
5. Badane nasiono rzepaku
6. Blokady
7. Obciążenie linii transmisyjnej

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do pomiaru wilgotności pojedynczych nasion, zwłaszcza rzepaku, posiadające linię transmisyjną z systemem blokad, **znamienne tym**, że składa się ze źródła sygnału mikrofalowego (1), który połączony jest poprzez układ do pomiaru zespolonego współczynnika odbicia (2) do złącza SMA (3) czujnika w postaci linii transmisyjnej (4) umiejscowionej na płycie PCB, **zaś** na linii transmisyjnej (4) ułożone są szeregowo blokady (6) i zakończona jest ona obciążeniem (7), **przy czym** odległość pomiędzy falowodami linii transmisyjnej (4) wynosi od 0,5 do 0,75 średnicy nasion (5), **tudzież** płytka pochylona jest względem podłoża o kąt od 15° do 80°, zapewniając swobodne stoczenie się nasion (5) do kolejnych blokad (6) **tudzież** długość linii transmisyjnej (4) jest większa lub równa długości fali na częstotliwości, dla której przeprowadzany jest pomiar.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamienne tym**, że odległość między skrajnymi blokadami zapewnia obrót nasiona (5) o 360°.
3. Sposób pomiaru wilgotności pojedynczych nasion (5), zwłaszcza rzepaku, z wykorzystaniem urządzenia według zastrz. 1 **znamienny tym**, że nasiono (5) umieszcza się w czujniku zbudowanym z mikrofalowej linii transmisyjnej (4) w pierwszym położeniu oraz dokonuje się pomiaru współczynnika odbicia, a następnie obraca się nasiono (5) o zadany kąt i powtarza się pomiar, **a w dalszej kolejności** powtarzając sekwencję zadaną ilość razy **po czym**, zmierzone współczynniki odbicia zapisuje się na płaszczyźnie liczb zespolonych oraz wyznaczana jest największa odległość (A) między dwoma zmierzonymi współczynnikami odbicia, **tudzież** odległość (A) koreluje się za pomocą funkcji matematycznej z wilgotnością nasion (5) rzepaku.

Rysunki

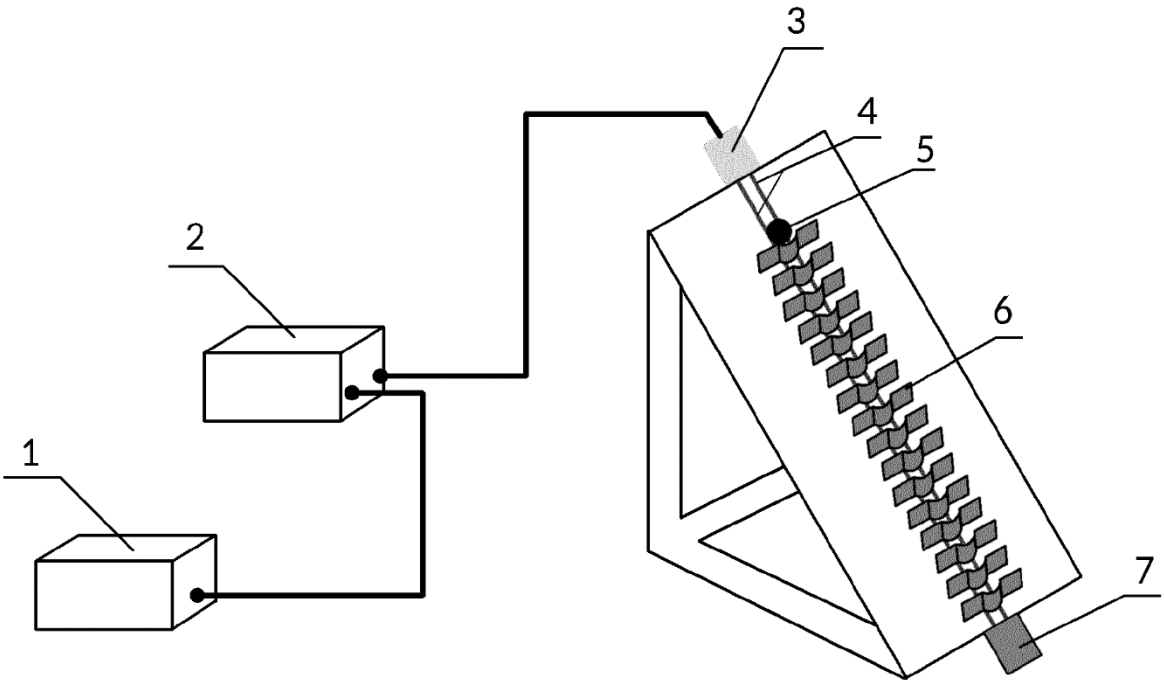

fig. 1

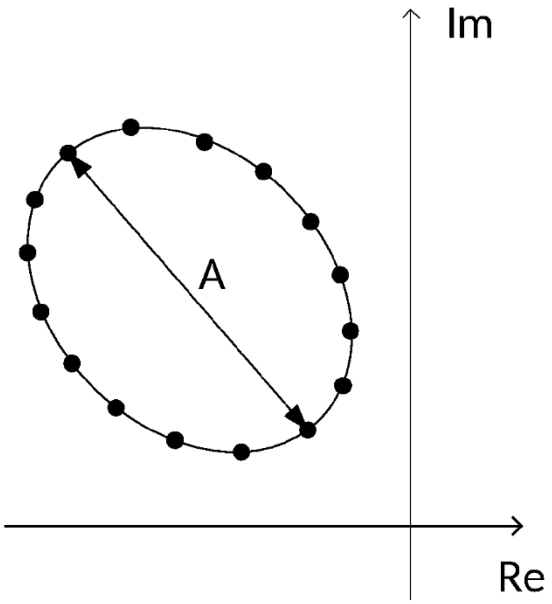

fig. 2