

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242697 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440662**

(22) Data zgłoszenia: **2022.03.17**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.07.25 BUP 30/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.04.11 WUP 15/2023**

(51) MKP:

G01N 21/55 (2014.01)

G01N 21/17 (2006.01)

G01J 3/42 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**GLÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA,
Katowice, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ŁUKASZ PIERZCHAŁA, Chorzów, PL

(74) Pełnomocnik:

Monika Błaszczuk, Katowice, PL

(54) Tytuł:

Sposób oceny jakości wód powierzchniowych

PL 242697 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku, jest sposób oceny jakości wód powierzchniowych, w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody.

Jednym z głównych zagrożeń dla ekosystemów wód powierzchniowych jest proces eutrofizacji, spowodowany nadmierną podażą związków biogennych w ekosystemie wodnym. Proces ten prowadzi do przegrupowań w składzie gatunkowym organizmów wodnych, które najczęściej objawiają się zwiększonym wzrostem organizmów fitoplanktonowych. Wody powierzchniowe z wysoką koncentracją fitoplanktonu w toni wodnej charakteryzują się niską bioróżnorodnością i ograniczonym potencjałem wykorzystania do celów komunalnych i przemysłowych. Podczas zakwitów fitoplanktonowych w zbiornikach wodnych może dochodzić do namnażania się mikroorganizmów uwalniających niebezpieczne dla organizmów wodnych oraz zdrowia ludzi toksyny. Podstawowym wskaźnikiem oceny biomasy fitoplanktonu w ekosystemach wód powierzchniowych jest pomiar koncentracji chlorofilu-a.

Znane są sposoby pośredniego szacowania koncentracji biomasy fitoplanktonu w wodzie powierzchniowej za pomocą pomiaru ilości chlorofilu-a w określonej objętości badanej próby. W tym celu stosuje się laboratoryjne metody filtracji, ekstrakcji barwników, a następnie spektrofotometrycznie określenie koncentracji chlorofilu-a na podstawie absorpcji (np. norma PN-ISO 10260:2002). Metody są czasochłonne i kosztowne. Wymagają poboru i transportu próbek wody w terenie, dostępu do kosztownych urządzeń pomiarowych oraz nakładu pracy specjalistycznego personelu. Do pomiaru koncentracji chlorofilu-a stosowane są także metody oparte na detekcji fotoindukowanej luminescencji aparatu fotosyntetycznego. Tego typu rozwiązania stosowane są w dostępnych na rynku sondach terenowych (Hamdhani, H., Eppehimer, D. E., Walker, D., & Bogan, M. T. (2021). Performance of a Handheld Chlorophyll-a Fluorometer: Potential Use for Rapid Algae Monitoring. *Water*, 13(10), 1409.) oraz urządzeniach umożliwiających ciągły pomiar koncentracji chlorofilu-a w warunkach in situ (Patent 132607, Patent US10962480, RU2590800C2). Wadą tego typu rozwiązań jest konieczność bezpośredniego kontaktu urządzenia pomiarowego z wodą. W przypadku zastosowania tego typu urządzeń do ciągłego monitoringu jakości wód, w wodach o podwyższonej trofii będzie zachodzić proces rozwoju biofilmu na elementach pomiarowych, co może powodować zakłócenia pomiaru.

Do pomiaru koncentracji chlorofilu-a w wodach powierzchniowych wykorzystywane są także metody wykorzystujące optyczne właściwości chlorofilu-a w zakresie pochłaniania i odbijania światła w zakresie promieniowania widzialnego. W opisach patentowych i w danych literaturowych przedstawiane są sposoby zdalnego monitorowania jakości wód powierzchniowych na podstawie spektralnych zdjęć satelitarnych (CN201510643902.1A; Gitelson, A., Garbuzov, G., Szilagyi, F., Mittenzwey, K. H., Karnieli, A., & Kaiser, A. (1993). Quantitative remote sensing methods for real-time monitoring of inland waters quality. *International Journal of Remote Sensing*, 14(7), 1269–1295.; Dominguez Gómez, J. A., Chuvieco Salinero, E., & Sastre Merlin, A. (2009). Monitoring transparency in inland water bodies using multispectral images. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1567–1586; Osińska-Skotak K. 2010. Metodyka wykorzystania super-i hyperspektralnych danych satelitarnych w analizie jakości wód śródlądowych. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Geodezja*, (47), 3–153; Sun, D., Hu, C., Qiu, Z., Cannizzaro, J.P., and Barnes, B.B. (2014). Influence of a red band-based water classification approach on chlorophyll algorithms for optically complex estuaries. *Remote Sens. Environ.* 155, 289–302; Pierzchała, Ł. (2020). Ocena możliwości zastosowania teledetekcyjnych metod pomiaru eutrofizacji śródlądowych zbiorników wodnych. *Inżynieria Ekologiczna*, 21(4)).

Ograniczeniami tego typu sposobów pomiaru chlorofilu-a w wodach powierzchniowych jest czasowe opóźnienie dostępu do danych źródłowych, które nie pozwala na bieżące oszacowanie biomasy fitoplanktonu w ekosystemie wodnym. Pomiar chlorofilu-a w czasie rzeczywistym ma kluczowe znaczenie przy ocenie ryzyka w przypadku kąpielisk i ujęć wód powierzchniowych do celów komunalnych. Dane satelitarne o wysokiej rozdzielczości spektralnej mają także ograniczoną rozdzielczość przestrzenną, która w wielu przypadkach nie pozwala na ich zastosowanie w przypadku niewielkich zbiorników wodnych.

Z opisu patentowego **CN107991249B** znane jest także sposób ekstrakcji informacji o stężeniu chlorofilu-a w wodach powierzchniowych na podstawie pomiarów charakterystyki spektralnej światła słonecznego odbitego od powierzchni wody mierzonej za pomocą spektrometru.

Schalles et al. 1998 (Schalles J.F., Gitelson A.A., Yacobi Y. Z., Kroenke A. E. (1998) Estimation of chlorophyll a from time series measurements of high spectral resolution reflectance in an eutrophic lake. *J. Phycol.* No. 34, p.p. 383–390, <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340383.x>.) opisuje sposób szacowania koncentracji chlorofilu-a w wodach powierzchniowych na podstawie pomiaru charakterystyki spektralnej światła słonecznego odbitego od powierzchni wody oraz charakterystyki spektralnej światła słonecznego ze wzorca odbiciowego. Uzyskane z zastosowaniem odpowiednich algorytmów obliczeniowych koncentracje chlorofilu-a wykazały wysokie korelacje z pomiarami chlorofilu-a uzyskanymi na podstawie oznaczeń laboratoryjnych. Wadą przedmiotowego sposobu pomiaru chlorofilu-a z wykorzystaniem spektrometru światłowodowego jest konieczność ręcznego prowadzenia pomiaru.

Zaistniała potrzeba opracowania rozwiązania, które pozwoliłoby prowadzić ocenę jakości wód powierzchniowych w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody, pozwalającego m.in. na pomiar koncentracji chlorofilu-a, w sposób automatyczny, eliminujący konieczność ręcznego prowadzenia pomiaru, eliminującego również inne niedogodności rozwiązań należących do stan techniki, jak przykładowo konieczność bezpośredniego kontaktu urządzenia pomiarowego z wodą.

Powyższy cel techniczny, realizuje wynalazek w postaci sposobu do oceny jakości wód powierzchniowych w oparciu o zmianę właściwości światła odbitego od powierzchni zwierciadła wodny, którego istotą jest to, że stosuje się dwa kolimatory, przy czym jeden z kolimatorów kieruje się na taflę wody badanego zbiornika, drugi z kolimatorów kieruje się na wzorec odbiciowy, po czym naprzemienianie, w ustalonych interwałach czasowych, zbiera się sygnały optyczne światła słonecznego, docierającego do powierzchni zwierciadła wody i światła odbitego od zwierciadła wody, zebrane w ten sposób sygnały, przez przełącznik sygnału optycznego, przesyła się do spektrometru, za jego pomocą analizuje się natężenie poszczególnych długości fal promieniowania słonecznego i przekazuje dane pomiarowe do stacji roboczej, w której stosując odpowiednie oprogramowanie, zwłaszcza do analizy danych spektralnych, wyznacza się współczynniki odbicia i pochłaniania promieniowania słonecznego w zakresach charakterystycznych dla aktywności optycznej chlorofilu-a, i na ich podstawie wyznacza się koncentrację tego barwnika w wodzie powierzchniowej, a przy tym pracą spektrometru oraz przełącznika sygnału optycznego, steruje się elektronicznie, za pomocą stacji roboczej, którą stanowi przenośny komputer z własnym zasilaniem i oprogramowaniem.

Zgodnie z powyższym sposobem, sygnały pomiędzy kolimatorami i przełącznikiem sygnału optycznego, przesyła się stosując łącza światłowodowe, najlepiej przesyła się stosując dwa światłowody.

Zgodnie z powyższym sposobem, sygnały pomiędzy przełącznikiem sygnału optycznego i spektrometrem, przesyła się stosując łącza światłowodowe, najlepiej przesyła się stosując jeden światłowód.

Zgodnie z powyższym sposobem, sygnały pomiędzy stacją roboczą i spektrometrem przesyła się stosując łącza przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel.

Zgodnie z powyższym sposobem, sygnały pomiędzy stacją roboczą i przełącznikiem sygnału optycznego, przesyła się stosując łącza przewodowe, najlepiej stosując kabel.

Zgodnie z powyższym sposobem, sygnały pomiędzy stacją roboczą i wyświetlaczem, przesyła się stosując łącza przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel.

Zgodnie z powyższym sposobem, stosuje się wzorec odbiciowy, który lokalizuje się w zakresie zbierania promieniowania jednego z kolimatorów.

Zgodnie z powyższym sposobem, stosuje się wzorec odbiciowy, w postaci płytki, którą pokrywa się materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrywa się PTFE (poli(tetrafluoroetylenem)).

Zgodnie z powyższym sposobem, stosuje się spektrometr, który stanowi spektrometr światłowodowy, o rozdzielczości spektralnej w zakresie światła widzialnego co najmniej 2 nm.

Zgodnie z powyższym sposobem, stosuje się stację roboczą zawierającą komputer z zasilaniem i oprogramowaniem, zwłaszcza do analizy danych spektralnych.

Zgodnie z powyższym sposobem, stosuje się stację roboczą, zawierającą urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych, wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.

Zgodnie z powyższym sposobem, stosuje się statyw, najlepiej ze stabilizatorem wstrząsów.

Zgodnie z powyższym sposobem, na statywie umieszcza się kolimatory, najlepiej umieszcza się je powyżej stabilizatora wstrząsów.

Zgodnie z powyższym sposobem, na statywie umieszcza się wzorzec odbiciowy, najlepiej umieszcza się go powyżej stabilizatora wstrząsów.

Zaletą wynalazku jest to, że umożliwia prowadzenie w pełni automatycznego pomiaru koncentracji chlorofilu-a w wodach powierzchniowych, na podstawie zmiany charakterystyki światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody.

Zaletą wynalazku jest to, że eliminuje konieczność ręcznego prowadzenia pomiaru, oraz inne niedogodności rozwiązań należących do stanu techniki, jak przykładowo konieczność bezpośredniego kontaktu urządzenia pomiarowego z wodą.

Sposób według wynalazku, pozwala ulepszyć zarządzanie ryzykiem wynikającym z pogorszenia jakości wód w obrębie kąpielisk i ujęć wód powierzchniowych do celów komunalnych.

Przedmiot wynalazku, został opisany w poniższym przykładzie realizacji oraz ukazany na rysunku, na którym **Fig. 1** przedstawia schemat realizacyjny urządzenia wykorzystywanego przy sposobie, według przykładu realizacji I.

Przykład realizacji I

Sposób oceny jakości wód powierzchniowych, w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody polega na tym, że stosuje się dwa kolimatory **2**, **5**, przy czym jeden z kolimatorów **5** kieruje się na taflę wody badanego zbiornika, drugi z kolimatorów **2** kieruje się na wzorzec odbiciowy **3**, po czym naprzemiennie w ustalonych interwałach czasowych, zbiera się sygnały optyczne światła słonecznego, docierającego do powierzchni zwierciadła wody i światła odbitego od zwierciadła wody, zebrane w ten sposób sygnały, przez przełącznik **8** sygnału optycznego, przesyła się do spektrometru **9**, za jego pomocą analizuje się natężenie poszczególnych długości fal promieniowania słonecznego i przekazuje dane pomiarowe do stacji roboczej **11**, w której stosując odpowiednie oprogramowanie, zwłaszcza do analizy danych spektralnych, wyznacza się współczynniki odbicia i pochłaniania promieniowania słonecznego w zakresach charakterystycznych dla aktywności optycznej chlorofilu-a, i na ich podstawie wyznacza się koncentrację tego barwnika w wodzie powierzchniowej, a przy tym pracą spektrometru **9** oraz przełącznika **8** sygnału optycznego, steruje się elektronicznie, za pomocą stacji roboczej **11**, którą stanowi przenośny komputer z własnym zasilaniem i oprogramowaniem.

W sposobie, sygnały pomiędzy kolimatorami **2**, **5** i przełącznikiem **8** sygnału optycznego, przesyła się stosując łącza światłowodowe, najlepiej przesyła się stosując dwa światłowody **1**, **4**.

W sposobie, sygnały pomiędzy przełącznikiem **8** sygnału optycznego i spektrometrem **9**, przesyła się stosując łącze światłowodowe, najlepiej przesyła się stosując jeden światłowod **10**.

W sposobie, sygnały pomiędzy stacją roboczą **11** i spektrometrem **9** przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel **12**.

W sposobie, sygnały pomiędzy stacją roboczą **11** i przełącznikiem **8** sygnału optycznego, przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej stosując kabel **13**.

W sposobie, sygnały pomiędzy stacją roboczą **11** i wyświetlaczem **16**, przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel **15**.

Zgodnie ze sposobem, stosowany wzorzec odbiciowy **3**, lokalizuje się w zakresie zbierania promieniowania jednego z kolimatorów **2**.

Zgodnie ze sposobem, stosuje się wzorzec odbiciowy **3**, w postaci płytki, którą pokrywa się materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrywa się PTFE (poli(tetrafluoroetylenem)).

Zgodnie ze sposobem, stosuje się spektrometr **9**, który stanowi spektrometr światłowodowy, o rozdzielczości spektralnej w zakresie światła widzialnego co najmniej 2 nm.

Zgodnie ze sposobem, stosuje się stację roboczą **11** zawierającą komputer z zasilaniem i oprogramowaniem, zwłaszcza do analizy danych spektralnych.

Zgodnie ze sposobem, stosuje się stację roboczą **11**, zawierającą urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych, wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.

Zgodnie ze sposobem, stosuje się statyw **6**, najlepiej ze stabilizatorem **7** wstrząsów.

Zgodnie ze sposobem, na statywie **6** umieszcza się kolimatory **2**, **5**, najlepiej umieszcza się je powyżej stabilizatora **7** wstrząsów.

Zgodnie ze sposobem, na statywie **6** umieszcza się wzorzec odbiciowy **3**, najlepiej umieszcza się go powyżej stabilizatora **7** wstrząsów.

Opisany powyżej sposób oceny jakości wód powierzchniowych, w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody, można realizować na urządzeniu opisanym poniżej.

Urządzenie do oceny jakości wód powierzchniowych, zawiera dwa światłowody **1** i **4**, zakończone kolimatorami **2** i **5**, oraz podłączone do przełącznika **8** umożliwiającego przełączanie sygnału optycznego.

Pierwszy kolimator **2**, jest skierowany na wzorzec odbiciowy **3**.

Drugi kolimator **5**, jest skierowany na taflę wody badanego zbiornika.

Pierwszy światłowod **1** z pierwszym kolimatorem **2**, zbiera sygnał optyczny z wzorca odbiciowego **3**, mającego postać płytki pokrytej materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrytej PTFE (poli(tetrafluoroetylenem), ewentualnie spectolon'em lub fotolonem (nazwy handlowe).

Drugi światłowod **4** z drugim kolimatorem **5**, zbiera sygnał optyczny z tafli wody.

W wariantcie korzystnym, kolimatory **2**, **5** ze światłowodami **1**, **4** i wzorcem odbiciowym **3**, zamocowane są na statywie **6**.

W wariantcie korzystnym, statyw **6** znajduje się na stabilizatorze wstrząsów **7** ograniczającym zakłócenia odbioru sygnału optycznego powodowane przez wstrząsy.

Zastosowanie stabilizatora wstrząsów **7** pozwala na stabilną pracę urządzenia zamocowanego na pomoście, platformie lub innym elemencie unoszącym się na powierzchni wody.

Przełącznik **8** sygnału optycznego przekazuje sygnał optyczny do spektrometru **9** za pomocą trzeciego światłowodu **10**. Korzystnie, by rozdzielczość spektralna spektrometru **9** światłowodowego w zakresie światła widzialnego wynosiła co najmniej 2 nm, a czas pomiaru nie przekraczał 1 s.

Praca spektrometru **9** oraz przełącznika **8** sygnału optycznego, sterowana jest elektronicznie, za pomocą stacji roboczej **11**, którą stanowi przenośny komputer z własnym zasilaniem i oprogramowaniem, poprzez połączenie przewodowe kablami **12** i **13**.

Pomiar charakterystyk spektralnych światła słonecznego, docierającego do powierzchni zwierciadła wody i światła odbitego zwierciadła wody, odbywa się naprzemiennie w ustalonych interwałach czasowych. Pomiar dla obu charakterystyk spektralnych w całym zakresie widma widzialnego jest uśredniany i zapisywany.

Stacja robocza **11** posiada oprogramowanie do analizy danych spektralnych. Informacja o koncentracji chlorofilu-a na podstawie zmiany charakterystyki światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody, obliczana jest z zastosowaniem znanych formuł obliczeniowych (analiza zmian w zakresach spektralnych charakterystycznych dla chlorofilu-a).

Przełącznik sygnału optycznego **8**, spektrometr **9** i stacja robocza **11**, znajdują się w obudowie zewnętrznej **14**, zabezpieczającej elementy elektroniczne a także elementy je łączące, jak kable **12**, **13** i światłowód **10**, przed niekorzystnym wpływem warunków atmosferycznych.

Na obudowie zewnętrznej **14** znajduje się podłączony przewodem **15** do stacji roboczej **11**, wyświetlacz **16**, na którym na bieżąco wyświetlane są wyniki analizy.

W wariantcie korzystnym, stacja robocza **11** zawiera także urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych, wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.

Poszczególne elementy urządzenia, umocowane są na platformie **17** z uchwytem **18** umożliwiającym przenoszenie całego urządzenia.

Wyszczególnione powyżej elementy składowe urządzenia, połączone są ze sobą w sposób następujący:

- każdy z kolimatorów **2**, **5** jest połączony z przełącznikiem **8** sygnału optycznego,
- przełącznik **8** sygnału optycznego jest połączony z każdym z kolimatorów **2**, **5**, ze spektrometrem **9** i ze stacją roboczą **11**,
- spektrometr **9** jest połączony ze stacją roboczą **11** i z przełącznikiem **8** sygnału optycznego,
- stacja robocza **11** jest połączona ze spektrometrem **9**, z przełącznikiem **8** sygnału optycznego i z wyświetlaczem **16**.

Przy tym:

- pomiędzy kolimatorami **2**, **5** i przełącznikiem **8** sygnału optycznego, są łącza światłowodowe, najlepiej w postaci dwóch światłowodów **1**, **4**,
- pomiędzy przełącznikiem **8** sygnału optycznego i spektrometrem **9**, jest łącze światłowodowe, najlepiej w postaci jednego światłowodu **10**,

- pomiędzy stacją roboczą **11** i spektrometrem **9** jest połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla **12**,
- pomiędzy stacją roboczą **11** i przełącznikiem **8** sygnału optycznego, jest połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla **13**,
- pomiędzy stacją roboczą **11** i wyświetlaczem **16**, jest połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla **15**.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób oceny jakości wód powierzchniowych, w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody **znamienny tym**, że stosuje się dwa kolimatory (**2**, **5**),
przy czym
 - jeden z kolimatorów (**5**) kieruje się na taflę wody badanego zbiornika,
 - drugi z kolimatorów (**2**) kieruje się na wzorzec odbiciowy (**3**), po czym naprzemiennie w ustalonych interwałach czasowych, zbiera się sygnały optyczne światła słonecznego, docierającego do powierzchni zwierciadła wody i światła odbitego od zwierciadła wody, zebrane w ten sposób sygnały, przez przełącznik (**8**) sygnału optycznego, przesyła się do spektrometru (**9**), za jego pomocą analizuje się natężenie poszczególnych długości fal promieniowania słonecznego i przekazuje dane pomiarowe do stacji roboczej (**11**), w której stosując odpowiednie oprogramowanie, zwłaszcza do analizy danych spektralnych, wyznacza się współczynniki odbicia i pochłaniania promieniowania słonecznego w zakresach charakterystycznych dla aktywności optycznej chlorofilu-a, i na ich podstawie wyznacza się koncentrację tego barwnika w wodzie powierzchniowej,
a przy tym
pracą spektrometru (**9**) oraz przełącznika (**8**) sygnału optycznego, steruje się elektronicznie, za pomocą stacji roboczej (**11**), którą stanowi przenośny komputer z własnym zasilaniem i oprogramowaniem.
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że sygnały pomiędzy kolimatorami (**2**, **5**) i przełącznikiem (**8**) sygnału optycznego, przesyła się stosując łącza światłowodowe, najlepiej przesyła się stosując dwa światłowody (**1**, **4**).
3. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że sygnały pomiędzy przełącznikiem (**8**) sygnału optycznego i spektrometrem (**9**), przesyła się stosując łącze światłowodowe, najlepiej przesyła się stosując jeden światłowód (**10**).
4. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że sygnały pomiędzy stacją roboczą (**11**) i spektrometrem (**9**) przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel (**12**).
5. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że sygnały pomiędzy stacją roboczą (**11**) i przełącznikiem (**8**) sygnału optycznego, przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej stosując kabel (**13**).
6. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że sygnały pomiędzy stacją roboczą (**11**) i wyświetlaczem (**16**), przesyła się za stosując łącze przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel (**15**).
7. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że stosuje się wzorzec odbiciowy (**3**), który lokalizuje się w zakresie zbierania promieniowania jednego z kolimatorów (**2**).
8. Sposób według zastrz. 1 albo 7 **znamienny tym**, że stosuje się wzorzec odbiciowy (**3**), w postaci płytki, którą pokrywa się materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrywa się PTFE (poli(tetrafluoroetylenem)).
9. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że stosuje się spektrometr (**9**), który stanowi spektrometr światłowodowy, o rozdzielczości spektralnej w zakresie światła widzialnego co najmniej 2 nm.
10. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że stosuje się stację roboczą (**11**) zawierającą komputer z zasilaniem i oprogramowaniem, zwłaszcza do analizy danych spektralnych.
11. Sposób według zastrz. 1 albo 10 **znamienny tym**, że stosuje się stację roboczą (**11**), zawierającą urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych, wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.

12. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że stosuje się statyw (6), najlepiej ze stabilizatorem (7) wstrząsów.
13. Sposób według zastrz. 12 **znamienny tym**, że na statywie (6) umieszcza się kolimatory (2, 5), najlepiej umieszcza się je powyżej stabilizatora (7) wstrząsów.
14. Sposób według zastrz. 12 **znamienny tym**, że na statywie (6) umieszcza się wzorzec odbiciowy (3), najlepiej umieszcza się go powyżej stabilizatora (7) wstrząsów.

Rysunek

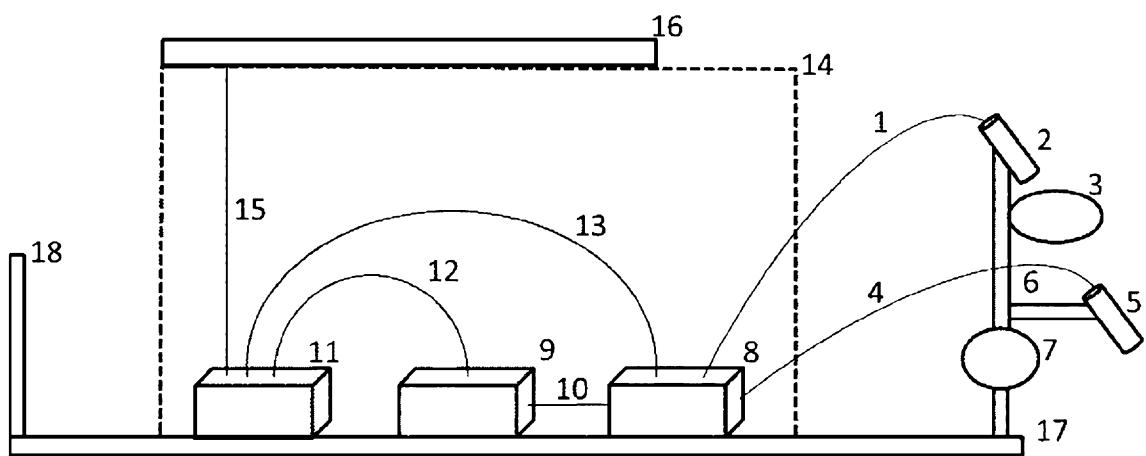


Fig. 1