

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **238019**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **418404**

(22) Data zgłoszenia: **22.08.2016**

(51) Int.Cl.

B01J 21/06 (2006.01)

C02F 1/32 (2006.01)

B01D 53/86 (2006.01)

(54) **Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu na stałym nośniku**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

26.02.2018 BUP 05/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.06.2021 WUP 13/21

(73) Uprawniony z patentu:

**ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET
TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE,
Szczecin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**WALDEMAR ANTONI MORAWSKI,
Szczecin, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Monika Wielecka

PL 238019 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu na stałym nośniku. Materiały te mogą znaleźć zastosowanie do oczyszczania powietrza zewnętrznego pod wpływem promieniowania słonecznego oraz wewnątrz budynków do oczyszczania powietrza wewnętrznego pod wpływem promieniowania słonecznego oraz promieniowania widzialnego pochodzącego z oświetlenia pomieszczeń. Innym zastosowaniem będzie oczyszczanie powietrza przemysłowego w reaktorach z użyciem lamp UV-Vis, tzn. usuwanie tlenków azotu, tlenków siarki, siarkowodoru, amoniaku, lotnych związków organicznych (VOCs) i odorów oraz do oczyszczania wody i ścieków ze związków organicznych.

Ditlenek tytanu jest fotokatalizatorem powszechnie stosowanym w ochronie środowiska. Z racji korzystnych właściwości, jak inercyjność i odporność na związki chemiczne używany jest do oczyszczania wody, ścieków, oczyszczania gazów z substancji organicznych i tlenków azotu i siarki na niższym stopniu wartościowości, a także w materiałach o właściwościach samooczyszczających się pod wpływem promieniowania słonecznego.

Zdolności do fotokatalizacyjnej reakcji zależą od stopnia rozdrobnienia, powierzchni właściwej, składu fazowego, które uzyskuje się w wyniku termicznej obróbki postaci amorficznej.

Powszechnie stosowaną formą jest postać proszkowa, która posiada najkorzystniejsze właściwości fotokatalizacyjne, jednak z drugiej strony, proces zwracania do obiegu i odzyskiwania nanokrystalicznych proszków TiO_2 po reakcji jest operacją bardzo kosztowną i uciążliwą do realizacji technologicznej.

Dlatego pojawia się dużo prac badawczych i rozwiązań technicznych skierowanych na osadzanie proszków TiO_2 na stałych nośnikach, takich jak cementy, gipsy, węgle, włókna ceramiczne i węglowe, oraz metale. Podstawową niedogodnością TiO_2 osadzonego na nośnikach jest brak interakcji z nośnikiem i w konsekwencji rozdzielaniem się („odrywaniem się”) nanokrystalitów i nanocząstek od powierzchni nośnika, pyleniem w powietrzu lub migracją proszkowego TiO_2 w wodzie, co wiąże się ze stratą fotokatalizatora i zanieczyszczeniem środowiska.

Z opisu patentowego EP 1069950 B1 znany jest sposób nanoszenia anatazowego TiO_2 na stałe nośniki (np. węgiel lub włókna) poprzez „przyklejanie” TiO_2 do powierzchni nośnika klejem nieorganicznym w postaci koloidalnego SiO_2 , transparentnego dla promieniowania UV-Vis. W publikacji Kesong Liu, Moyuan Cao, Akira Fujishima, Lei Jiang, *Bio-Inspired Titanium Dioxide Materials with Special Wettability and Their Application*, Chemical Reviews, 2014, 114, 10044–10094 ([dx.doi.org/10.1021/cr4006796](https://doi.org/10.1021/cr4006796)) przedstawiono szereg nowych kierunków w osadzaniu TiO_2 na nośnikach, aby uzyskać pożądane właściwości. W opisie wynalazku JPH09299456(A) ujawniono reaktor z włóknami szklanymi, które pokrywa się poprzez zanurzenie w zolu zawierającym anataz. Firma Saint-Gobain Quartz S.A.S opracowała fotoaktywne wkłady kwarcowe Quartzel PCO przepuszczające promieniowanie UV-Vis, które pokryte są ditlenkiem tytanu. W opisie wynalazku JPH08117556 ujawniono fotoaktywne niewetlniane wyroby, termoplastyczne włókna z żywicy oraz włókna szklane, które pokrywano TiO_2 poprzez impregnację zolem tytanowym. W pracy: S. Mozia i in., *Immobilized TiO_2 for Phenol Degradation in a Pilot-Scale Photocatalytic Reactor*, Journal of Nanomaterials, Vol. 20 (2012) Article ID 949764; [doi.10.1155/2012/949764](https://doi.org/10.1155/2012/949764), opisano sposób immobilizacji TiO_2 na włóknach szklanych kilkakrotnie traktowanie włókien szklanych zawiesiną TiO_2 w alkoholu i suszenie w temperaturze 80°C. Otrzymany produkt nie posiada odpowiedniej odporności mechanicznej, gdyż pojedyncze włókna szklane są kruche. W pracy: M. Grześkowiak i in., *TiO_2 Supported on Quartz Wool for Photocatalytic Oxidation of Hydrogen Sulphide*, Adsorption Science and Technology, Vol. 32 (2014) No10, 765–773, opisano sposób immobilizacji koloidalnego TiO_2 na włóknach kwarcowych poprzez hydrolizę tytanu(IV)isopropoxide(TTIP) na włóknach, suszenie i kalcynację w temperaturze 500°C. W metodzie tej zużywa się kosztowne odczynniki chemiczne tytano-organiczne, generuje się dużo ścieków tytanowo-organicznych oraz trzeba kalcynować materiał w wysokiej temperaturze.

W w/w opisach nie przedstawiono testów na wytrzymałość mechaniczną uzyskanych kompozytów. Jednak doświadczenia laboratoryjne pokazują, że włókna szklane są nieodporne mechanicznie, są niebezpieczne dla człowieka w trakcie użytkowania i wymagają specjalnej metodyki postępowania, kruszą w trakcie użytkowania i tracą znaczenie technologiczne.

Nieoczekiwanie okazało się, że w/w niedogodności można usunąć poprzez dobór specjalnego nośnika w postaci komercyjnej tkaniny z włókna szklanego. Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu, według wynalazku, na stałym nośniku, charakteryzuje się tym, że na tapetę z włókna

szklanego nanosi się zawiesziną nanokrystalicznego ditlenku tytanu, a następnie poddaje się mechanicznemu prasowaniu z naciskiem od $0,05 \text{ kg/cm}^2$ do $0,25 \text{ kg/cm}^2$ z jednoczesnym suszeniem w podwyższonej temperaturze od 100°C do 350°C do wysuszenia, korzystnie przez około 10 minut. Następnie prowadzi się odmywanie nieosadzonego nadmiarowego ditlenku tytanu w wodzie i ponownie suszy się w temperaturze około $90\text{--}120^\circ\text{C}$. Jako wyjściowy ditlenek tytanu stosuje się anataz o rozmiarach krystalitów od 6 do 30 nm, rozmiarach cząstek od 160 do 270 nm i powierzchni właściwej w zakresie od 200 do $300 \text{ m}^2/\text{g}$. Stosuje się wodną lub alkoholową lub wodno-alkoholową zawiesziną nanokrystalicznego ditlenku tytanu. Stosuje się stężenie nanokrystalicznego ditlenku tytanu w zawieszinie od 5 do 10 gramów na litr. Korzystnie stosuje się komercyjne tapety z włókna szklanego o masie powierzchniowej od 40 do 190 g/cm^2 . Nanokrystaliczny ditlenek tytanu nanosi się poprzez malowanie lub natrysk lub zanurzanie lub powlekanie.

Procesowi nanoszenia według niniejszego sposobu poddawać można inne wyroby z włókna szklanego, jak siatki, wyroby włókiennicze, kształtki.

Zaletą rozwiązania jest uzyskanie niepyłącego kompozytu z osadzonym TiO_2 na powierzchni bardzo odpornego mechanicznie komercyjnego nośnika w postaci tapety z włókna szklanego.

Niżej przedstawione przykłady ilustrują istotę wynalazku. Tapety otrzymywane były poprzez obróbkę włókien szklanych lepiszczem organicznym. Zdolność do immobilizacji określano przez ilość wody destylowanej zużytej do odmywania nadmiaru anatazu oraz uzyskaną jej stabilną mętność metodą turbimetryczną w jednostkach NTU. Obecność TiO_2 na powierzchni tkaniny z włókna szklanego określano przy użyciu spektrometrii FTR/DRS oraz UV-Vis/DR.

Przykład 1

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 40 g/m^2 o wymiarach $5 \times 5 \text{ cm}$ układano na płycie ceramicznej pokrywano przez powlekanie obustronnie zawiesziną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił $0,05 \text{ kg/cm}^2$, a temperatura prasowania wynosiła 100°C . Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. około 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w $0,5 \text{ dm}^3$ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła około 5 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano dziesięciokrotnie, aż do otrzymania stałej mętności poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 2

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 40 g/m^2 o wymiarach $5 \times 5 \text{ cm}$ układano na płycie ceramicznej pokrywano przez powlekanie obustronnie zawiesziną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił $0,05 \text{ kg/cm}^2$, a temperatura prasowania wynosiła 200°C . Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w $0,5 \text{ dm}^3$ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła ok. 4,5 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano ośmiokrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 3

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 40 g/m^2 o wymiarach $5 \times 5 \text{ cm}$ układano na płycie ceramicznej pokrywano obustronnie przez powlekanie zawiesziną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił $0,05 \text{ kg/cm}^2$, a temperatura prasowania wynosiła 250°C . Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w $0,5 \text{ dm}^3$ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła ok. 5 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano ośmiokrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 4

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 40 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano obustronnie przez powlekanie zawiesiną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,05 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 350°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 4 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano dziesięciokrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 5

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 105 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano obustronnie przez powlekanie zawiesiną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,1 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 200°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 3 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano sześciokrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 6

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 105 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano obustronnie przez powlekanie zawiesiną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,2 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 250°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 3 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano pięciokrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 7

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 105 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano obustronnie przez powlekanie zawiesiną wodną nanokrystalicznego anatazu (7 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,25 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 300°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 3 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano czterokrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 8

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 190 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano przez malowanie obustronnie zawiesiną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,2 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 200°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 4 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano trzykrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO₂ oraz pasma absorpcyjne TiO₂ w widmach UV-Vis/DR.

Przykład 9

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 190 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano przez zanurzanie obustronnie zawiesiną wodną nanokrystalicznego anatazu (10 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,25 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 250°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 3 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano trzykrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 100°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO₂ oraz pasma absorpcyjne TiO₂ w widmach UV-Vis/DR

Przykład 10

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 105 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano przez natrysk obustronnie zawiesiną wodną nanokrystalicznego anatazu (5 gramów anatazu w 1 litrze wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,2 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 200°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 4 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano trzykrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 120°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO₂ oraz pasma absorpcyjne TiO₂ w widmach UV-Vis/DR

Przykład 11

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 105 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano obustronnie przez powlekanie zawiesiną alkoholową nanokrystalicznego anatazu (5 gramów anatazu w 1 litrze alkoholu etylowego o składzie 96% C₂H₅OH i 4% wody). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił 0,2 kg/cm², a temperatura prasowania wynosiła 200°C. Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w 0,5 dm³ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wynosiła wody wynosiła 4 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano trzykrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 90°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO₂ oraz pasma absorpcyjne TiO₂ w widmach UV-Vis/DR

Przykład 12

Tapetę z włókna szklanego o masie powierzchniowej 105 g/m² o wymiarach 5 x 5 cm układano na płycie ceramicznej pokrywano obustronnie przez powlekanie zawiesiną alkoholową nanokrystalicz-

nego anatazu (5 gramów anatazu w 1 litrze bezwodnego alkoholu etylowego). Następnie poddaną ją prasowaniu w podwyższonej temperaturze. Nacisk podczas prasowania wynosił $0,2 \text{ kg/cm}^2$, a temperatura prasowania wynosiła 200°C . Prasowanie tych warunkach prowadzono aż do wysuszenia, tzn. ok. 10 minut.

Otrzymaną tkaninę kompozytową zawieszano w $0,5 \text{ dm}^3$ wody destylowanej o mętności początkowej 0,3 NTU, którą mieszano przez godzinę. Po godzinie mętność wody wynosiła 4 NTU. W/w operację płukania tkaniny szklanej powtarzano trzykrotnie, aż do otrzymania stałej mętności wody poniżej 1 NTU.

Następnie w wysuszonej w 90°C tapecie kompozytowej przy użyciu metod spektrometrycznych w widmach FTR/DRS potwierdzono obecność drgań wiązań TiO_2 oraz pasma absorpcyjne TiO_2 w widmach UV-Vis/DR

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu na stałym nośniku, **znamienny tym**, że na tapetę z włókna szklanego nanosi się zawiesiną nanokrystalicznego ditlenku tytanu, a następnie poddaje się mechanicznemu prasowaniu z naciskiem od $0,05 \text{ kg/cm}^2$ do $0,25 \text{ kg/cm}^2$ z jednoczesnym suszeniem w podwyższonej temperaturze od 100°C do 350°C do wysuszenia, następnie prowadzi się odmywanie nieosadzonego nadmiarowego ditlenku tytanu w wodzie i ponownie suszy się w temperaturze od 90 do 120°C .
2. Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako wyjściowy ditlenek tytanu stosuje się anataz o rozmiarach krystalitów od 6 do 30 nm, rozmiarach cząstek od 160 do 270 nm i powierzchni właściwej w zakresie 200-300 m^2/g .
3. Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się wodną lub alkoholową lub wodno-alkoholową zawiesinę nanokrystalicznego ditlenku tytanu.
4. Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się stężenie nanokrystalicznego ditlenku tytanu w zawieszynie od 5 do 10 gramów na litr.
5. Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się komercyjne tapety z włókna szklanego o masie powierzchniowej od 40 do 190 g/cm^2 .
6. Sposób immobilizacji nanokrystalicznego ditlenku tytanu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że nanokrystaliczny ditlenek tytanu nanosi się poprzez malowanie lub powlekanie lub natrysk lub zanurzanie.