

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **230958**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **419571**

(51) Int.Cl.

**G01N 11/16 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **23.11.2016**

---

(54) **Urządzenie do pomiaru lepkości cienkich warstw materiałów lepkosprężystych**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**04.06.2018 BUP 12/18**

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW  
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,  
Warszawa, PL**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**31.01.2019 WUP 01/19**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**DARIUSZ JARZĄBEK, Warszawa, PL  
WOJCIECH DERA, Warszawa, PL  
CEZARY DZIEKOŃSKI, Warszawa, PL**

---

**PL 230958 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pomiaru lepkości cienkich warstw materiałów lepkosprężystych w zależności od głębokości indentacji.

W ostatnich latach duży wysiłek badawczy został włożony w celu opracowania metod i urządzeń badawczych służących do pomiarów lepkości cienkich warstw materiałów lepkosprężystych. Powstało dużo urządzeń pomiarowych służących do tego celu. Znane są takie rozwiązania pomiarów lepkości z opublikowanych opisów: EP 0013129, US 5269174, a także czasopisma Science&Technology B29 z 2011 r. "Development of an experimental technique for testing rheological properties of ultrathin polymer films used in nanoimprint lithography". W opisanym w tej publikacji rozwiązaniu konstrukcyjnym, zastosowano kulistą sondę pomiarową umieszczoną na jednym z ramion piezoelektrycznego kamertonu. Sygnał sterujący był zadawany na ramię kamertonu z sondą pomiarową, natomiast odpowiedź była odczytywana z drugiego ramienia kamertonu z przeciwwagą.

Powstały też koncepcje podobne do opisanych w artykule czasopisma Ultrasound in Medicine and Biology 29 z 2003 r. str. 813–823 "A novel ultrasound indentation system for measuring biomechanical properties of in vivo soft tissue" i w artykule czasopisma Biophysical Journal nr 86 z 2003 r. str. 1777–1793 "Quantitative Analysis of the Viscoelastic Properties of Thin Regions of Fibroblasts Using Atomic Force Microscopy", a także zawarte w opisie patentowym US 4862384. Opisują one badania zużyciem elementów generujących wibracje lub fale akustyczne, używając do tego celu elementów piezoelektrycznych. Jednak żadne z wyżej wymienionych urządzeń nie posiada możliwości badania właściwości takiego materiału, w zależności od głębokości indentacji sondy pomiarowej, a przez to metody te nie umożliwiają badania wpływu podłoża na właściwości lepkosprężyste cienkiej warstwy.

Zgodnie z wynalazkiem sonda pomiarowa jest zamocowana na końcu bimorfa piezoelektrycznego, którego warstwa aktywna jest połączona poprzez pierwszy wzmacniacz ze pierwszym źródłem sygnału, zaś warstwa bierna jest połączona z analizatorem sygnału napięciowego. Bimorf piezoelektryczny jest zamocowany na uchwycie osadzonym na piezoaktuatorze, który jest połączony, poprzez drugi wzmacniacz ze drugim źródłem sygnału napięciowego. Uchwyt posiada miernik przemieszczenia pionowego. Poniżej sondy pomiarowej znajduje się podstawa, wyposażona w dwie pionowe, sprężyste belki, na których wsparta jest płytką do ułożenia badanego materiału. Przy sprężystych belkach są tensometryczne czujniki ugięcia. Podstawa posadowiona jest na czujniku siły pionowej.

Bimorf piezoelektryczny jest w takim położeniu, aby drgania sondy pomiarowej były równoległe do płaszczyzny płytki.

Urządzenie wynalazku nadaje się szczególnie do sprawdzania właściwości lepkosprężystych cienkich warstw materiałów lepkosprężystych. Urządzenie umożliwia także badanie współczynnika tarcia cienkich warstw polimerowych oraz wpływu podłoża na ocenę właściwości badanej warstwy. Poza tym umożliwia badanie lepkości w zależności od głębokości indentacji.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia uproszczony schemat urządzenia, a Fig. 2 fragment urządzenia w trakcie pomiaru.

Do uchwytu **1** jest przytwierdzony piezoelektryczny bimorf **2**, na którego końcu jest sonda pomiarowa **3** o małej średnicy. Uchwyt **1** jest osadzony na piezoaktuatorze **4**. Warstwa aktywna bimorfa **2** jest połączona poprzez pierwszy wzmacniacz **6** z pierwszym źródłem **5** sygnału napięciowego. Warstwa bierna bimorfa **2** jest połączona z analizatorem **7** sygnału napięciowego. Piezoaktuator **4** jest połączony poprzez drugi wzmacniacz **9** z drugim źródłem **10** sygnału napięciowego. Uchwyt **1** jest sprzęgnięty z miernikiem **8** przemieszczenia. Pod sondą pomiarową **3** jest zlokalizowana płytką **11** stanowiąca podłoże dla badanego materiału osadzona na dwóch sprężystych belkach **12**, zamocowanych do podstawy **13**. Jedna z belek **12** jest wyposażona w pierwszy czujnik **14** siły w postaci tensometrycznego czujnika ugięcia. Podstawa **13** spoczywa na drugim czujniku siły **15**. Pierwsze i drugie źródło **5** i **10**, pierwszy i drugi czujnik **14** i **15** oraz miernik **8** są połączone elektrycznie z analizatorem **7**.

Miernik **8** umożliwia pomiar przemieszczenia bimorfa dzięki czemu regulacja głębokości indentacji realizowana jest w sprzężeniu zwrotnym. Na końcu bimorfa **2** znajduje się sonda pomiarowa **3**, która zanurzana jest w materiał lepkosprężysty za pomocą zmiany długości aktuatora piezoelektrycznego **4**. Dzięki przymocowaniu bimorfa **2** do piezoaktuatora **4** za pomocą uchwytu **1** możliwa jest regulacja głębokości indentacji. Sonda **3** pomiarowa wprowadzana jest w także drgania poprzeczne poprzez zadawaniu na aktywną warstwę bimorfa **2** sygnału o znanej częstotliwości i amplitudzie. Następnie, dzięki wykorzystaniu warstwy biernej, mierzona jest w analizatorze **7**

rzeczywista częstotliwość drgań, amplituda i przesunięcie fazowe drgań bimorfa. Możliwe jest badanie siły bocznej i normalnej działającej na próbkę poprzez czujniki siły **14** i **15**. Dane są następnie rejestrowane przez analizator **7** i za pomocą modelu matematycznego przeliczane na wartość parametru lepkości w funkcji głębokości indentacji.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do pomiaru lepkości cienkich warstw materiałów lepkosprężystych posiadające sondę pomiarową umieszczoną na mechanizmie generującym drgania, **znamiennie tym**, że sonda pomiarowa (**3**) jest zamocowana na końcu bimorfa piezoelektrycznego (**2**), którego warstwa aktywna jest połączona poprzez pierwszy wzmacniacz (**6**) z pierwszym źródłem (**5**) sygnału, zaś warstwa bierna jest połączona ze analizatorem (**7**), przy czym bimorf piezoelektryczny (**2**) jest połączony z uchwytem (**1**) osadzonym na piezoaktuatorze (**4**), połączonym, poprzez drugi wzmacniacz (**9**) z drugim źródłem sygnału napięciowego (**10**), przy czym uchwyt (**1**) posiada miernik (**8**) przemieszczenia pionowego, a ponadto poniżej sondy pomiarowej (**3**) jest podstawa (**11**), wyposażona w dwie pionowe sprężyste belki (**12**), wspierające płytkę (**11**) na podstawie (**14**).
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że przy co najmniej jednej sprężystej belce (**12**) jest pierwszy czujnik siły (**13**), zaś podstawa (**14**) posadowiona jest na drugim czujniku (**15**) siły pionowej.
3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że bimorf piezoelektryczny (**2**) jest tak ustawiony, aby drgania sondy pomiarowej (**3**) były równoległe do powierzchni płytki (**11**).

## Rysunki

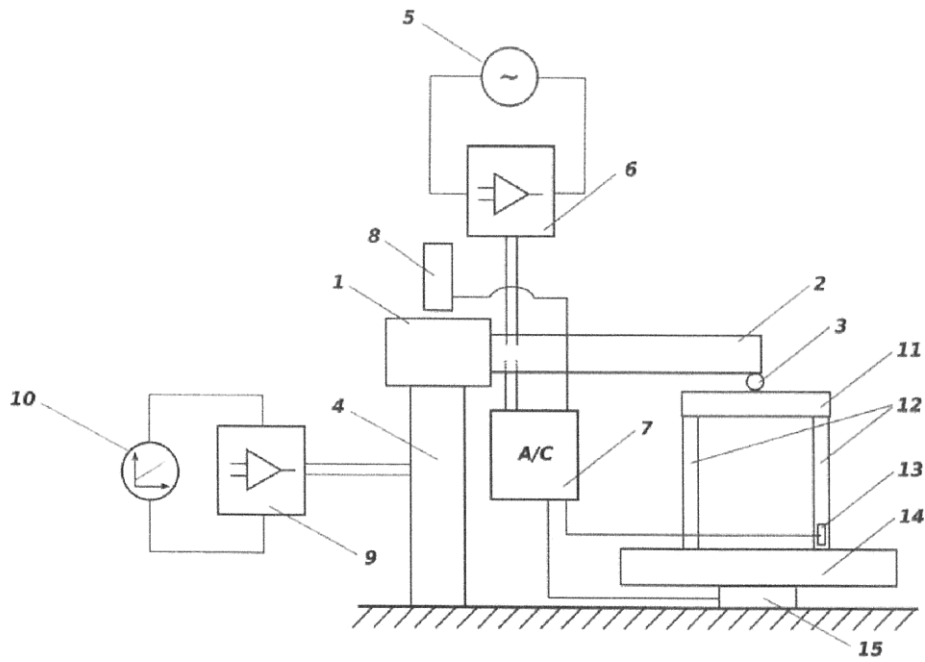


Fig. 1

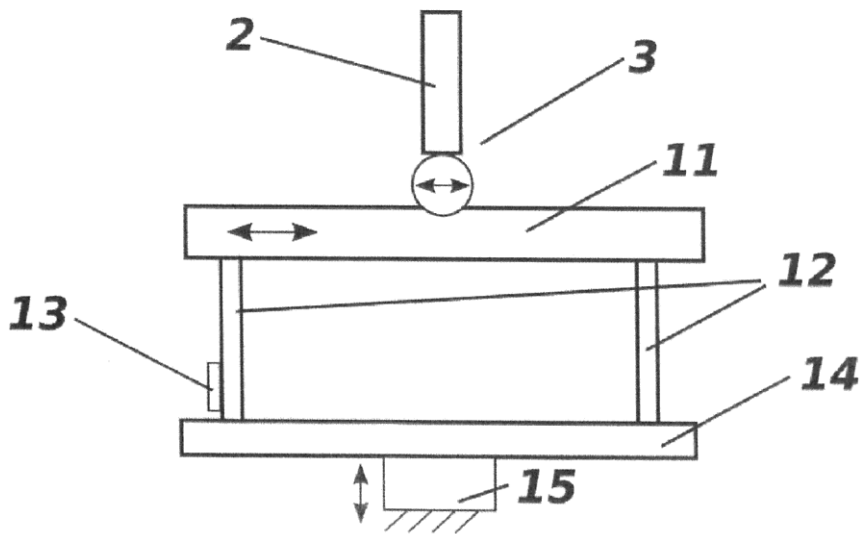


Fig. 2