



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2015 00842**

(22) Data de depozit: **16/11/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/07/2022** BOPI nr. **7/2022**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2017 BOPI nr. **11/2017**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2,
TIMIȘOARA, TM, RO**

(72) Inventatori:
• **CRĂCIUNESCU CORNELIU MARIUS,
STR. FRAȚII BUZEȘTI NR.9, TIMIȘOARA,
TM, RO;**
• **BUDĂU VICTOR, STR. PIAȚA BISERICII
NR. 4A, AP. 2, TIMIȘOARA, TM, RO;**

• **MITELEA ION, STR. AUGUSTIN PACHA
NR. 3, AP. 10, TIMIȘOARA, TM, RO**

(74) Mandatar:
**CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ TUDOR ICLĂNZAN,
PIAȚA VICTORIEI NR.5, SC.D, AP.2,
TIMIȘOARA, TM**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**JP 2002283487 (A); JPH 10138380 (A);
RU 2010151680 (A); RU 2465114;
DE 10142998; DE 10019183 A1**

(54) **ACTUATOR CU ALIAJ CU MEMORIE**



RO 132239 B1

1 Invenția se referă la dispozitivele de acționare sau de control a pozițiilor, utilizate cu
precădere în construcția de mașini și aparate pentru amplificarea capacității de acționare,
3 folosind actuatoare cu aliaje cu memorie a formei și poate fi încorporat în sisteme
microelectro-mecanice.

5 Se cunoaște că aliajele cu memorie a formei își modifică proprietățile în cursul trans-
formării martensitice reversibile, atât la încălzire - când suferă transformarea din martensită
7 în austenită, cât și la răcire, când se transformă în martensită. În aliajele feromagnetice cu
memorie a formei există și posibilitatea controlului transformării prin intermediul unui câmp
9 magnetic extern. Cele două faze, austenita și martensită, au proprietăți termice și mecanice
diferite. În cazul aliajelor cu memorie NiTi, modulul de elasticitate al austenitei este de 2 până
11 la 3 ori mai mare, iar coeficientul de dilatare este de aproape 2 ori mai mare decât cel al
martensitei. În aliajele cu efect simplu de memorie, recuperarea formei apare la încălzire.
13 Dacă un asemenea aliaj este folosit într-un sistem elastic prin care să se asigure deformarea
forțată la răcire, se obține o recuperare a formei atât la încălzire cât și la răcire.

15 Aliajele cu memorie a formei pot fi utilizate la realizarea de actuatori bimorfi și prin
depunerea sub formă de pelicule subțiri. Pentru a se obține un actuator, depunerea aliajului
17 cu memorie se efectuează fie la temperatura ambiantă și atunci este necesară o recoacere
de cristalizare ulterioară, fie se efectuează depunerea pe substrat încălzit la o temperatură
19 situată între 200 și 1000°C. Actuatorii astfel realizați au o comportare de tip bimetal în afara
domeniului de temperatură sau de câmp magnetic în care aliajul cu memorie suferă o
21 transformare de fază. Această comportare este influențată de tensiunile termoelastice care
iau naștere prin răcirea de la temperatura de depunere sau de cristalizare, ca urmare a
23 diferenței de proprietăți termice și elastice între materialul din care este realizat filmul,
respectiv substratul. În domeniul în care aliajul cu memorie suferă transformarea de fază
25 apare o modificare cu pantă abruptă a deflecției capătului liber al unui actuator tip cantilever,
(în consolă) ca urmare a faptului că proprietățile filmului se modifică de la cele corespun-
27 zătoare austenitei, la cele corespunzătoare martensitei, în intervalul de temperatură cores-
punzător transformării de fază. Acest tip de comportare este reversibil.

29 Se mai cunoaște, de asemenea, că se pot realiza actuatori depuși pe substraturi
polimerice, însă acestea nu asigură proprietățile elastice ale materialelor metalice sau
31 ceramice.

 Este cunoscută invenția **RU 2465114**, care urmărește creșterea eficienței conversiei
33 energiei și a performanțelor elementelor conduse de aliaje cu memorie, dar această metodă
se referă la utilizarea unor tehnologii de procesare termomecanică a aliajelor cu memorie
35 sub formă masivă.

 Este cunoscută invenția **DE 10142998** (B32B15/01; C22C14/00; C22F1/00) care se
37 referă la realizarea de actuatori, prin depunerea a două filme din aliaje cu memorie a formei
la care transformările martensitice sunt îmbricate. Acest tip de actuator permite combinarea
39 transformărilor martensitice din cele două filme din aliaj cu memorie, dar nu maximizează
amplitudinea acționării.

41 Este cunoscut documentul **DE 10019183 A1** care se referă la realizarea de actuatori
cu filme din aliaj cu memorie depuse pe substrat polimeric. Acest tip de actuator se bazează
43 pe existența a două transformări de fază, una specifică aliajelor cu memorie (transformarea
martensitica), iar cealaltă specifică materialelor polimerice (tranziția sticloasă). Prin
45 combinarea efectelor celor două transformări de fază se poate obține blocarea actuatorului
pe bază de aliaj cu memorie a formei în poziții intermediare, chiar dacă temperatura se
47 modifică. Nici acest tip de actuator nu permite creșterea amplitudinii acționării, altfel decât
prin modificarea grosimii relative a filmului sau a substratului.

RO 132239 B1

Se mai cunoaște din documentul **JP 2002283487 (A)** un material compozit, laminat, format prin laminarea și integrarea unui material compozit armat cu fibre lungi orientat într-o singură direcție și a unui material compozit armat cu fibre scurte orientat într-o singură direcție, cu direcțiile de orientare ale fibrelor celor două materiale compozite realizate în concordanță între ele. În materialul compozit laminat și ranforsat cu fibre, având funcția de dispozitiv de acționare, coeficienții de dilatare termică, ai celor două straturi, sunt realizați să se acorde unul cu celălalt pe direcția suprafeței care se intersectează perpendicular cu direcția lungimii fibrelor lungi și sunt diferiți între ei în direcția lungimii fibrelor lungi, prin egalizarea conținutului volumic al fibrelor conținute în cele două straturi.

Din documentul **JPH 10138380 (A)** se cunoaște un material compozit cu funcție activă de acționare. Materialul compozit laminat are o structură prin care o foaie preimpregnată 10 din rășină armată cu fibră de carbon și un material placă 20 cu coeficient de dilatare termică ridicat sunt laminate printr-un strat izolator 30 și o sursă de putere de încălzire este conectată la fibra de carbon amestecată cu rășina. Placa 20 poate fi o placă de metal, cum ar fi o placă de aluminiu cu coeficient mare de dilatare termică, o placă de aliaj de aluminiu, o placă de titan, o placă de aliaj de titan, o placă de fier, o placă de aliaj de fier, cum ar fi o tablă de oțel inoxidabil, o placă de cupru sau o placă de aliaj de cupru folosit. Stratul izolator poate fi format din rășină epoxidice armată cu fibre de carbon sau Kevler. Fibrele de armare sunt orientate într-o direcție de deformare a materialului compozit laminat. Astfel, o cantitate de material ce se poate deplasa poate fi controlată cu precizie în funcție de încălzirea prin conducere sau încălzirea atmosferică. Acesta poate fi folosit ca dispozitiv de acționare de diferite tipuri.

Mai este cunoscut documentul **RU 2010151680 (A)** care se referă la un actuator acționat de elemente din aliaje cu memoria formei. Elementele antrenate se formează în stare martensitică cauzată de forța longitudinală care acționează până la pierderea stabilității, supuse încălzirii în stare austenitică și răcite până la starea martensitică. Deformarea este selectată pentru a permite recuperarea completă a stării inițiale în încălzirea ulterioară.

Dezavantajul principal al aplicării soluțiilor cunoscute la realizarea de microactuatori este dat de faptul că amplitudinea acționării în momentul transformării de fază pentru un film dintr-un aliaj cu memorie a formei este limitată de proprietățile elastice ale substratului, care sunt constante pentru un substrat omogen de o grosime dată.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de a realiza un actuator care permite creșterea capacității de control a actuatorilor pe bază de filme din aliaje cu memorie a formei și ajustarea amplitudinii, respectiv a profilului acționării la modificarea temperaturii în funcție de specificul unei aplicații. Se permite astfel utilizarea unei tipodimensiuni de substrat, în paralel cu modificarea proprietăților elastice și termice ale acestuia, prin depunerea unei pelicule ranforsante.

Actuatorul cu substrat ranforsat și film din aliaj cu memorie conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, mai cuprinde un strat suplimentar de ranforsare dispus între substrat și filmul cu aliaj de memorie a formei.

Actuatorul cu substrat ranforsat și film din aliaj cu memorie, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- permite creșterea capacității de acționare prin modificarea proprietăților elastice în ansamblul film din aliaj cu memoria formei - substrat ranforsat;

- permite creșterea capacității de acționare prin modificarea stării de tensiune în substrat ca urmare a încălzirii substratului anterior depunerii filmului din aliaj cu memorie a formei;

RO 132239 B1

1 - permite ajustarea controlată a amplitudinii acționării ca urmare a transformării de
fază din aliajul cu memorie a formei pe baza grosimii relative în asocierea substrat-film
3 ranforsantfilm din aliaj cu memorie a formei.

5 Se dau în continuare, exemple de realizare a invenției în legătură cu figurile care
reprezintă:

7 - fig. 1, actuatorul cu substrat ranforsat și film din aliaj cu memorie pe aceeași parte
cu ranforsantul;

9 - fig. 2, actuatorul cu substrat ranforsat și film din aliaj cu memorie depus pe partea
opusă celei pe care a fost depus ranforsantu;

11 - fig. 3, rezultate experimentale comparative pentru cazul actuatorilor cu substrat
ranforsat și film din aliaj cu memorie: a. cu substrat neranforsat; b. cu substrat ranforsat pe
13 partea opusă filmului din aliaj cu memorie; c. cu substrat ranforsat pe aceeași parte cu filmul
din aliaj cu memorie.

15 Actuatorul, cu arhitectură secvențială în formă pachet, este alcătuit dintr-un substrat
1 și un film din aliaj cu memorie a formei 3 iar pentru creșterea capacității de acționare
folosește dispunerea unui strat suplimentar de ranforsare 2, fie intercalat între substratul 1
17 și filmul cu aliaj de memorie a formei 3, fie pe partea substratului 1, opus, din aliaj cu
memorie a formei 3. Efectele cumulate la încălzire sau răcire ale pachetului astfel constituit,
19 evidențiate prin amplitudinea și profilul acționării în funcție de temperatură, vor fi diferite în
cele două variante de alcătuire față de caracteristicile de acționare ale actuatorului fără strat
21 ranforsat.

23 Actuatorul cu aliaj cu memorie, conform invenției, este realizat dintr-un substrat 1, pe
care se depune o peliculă ranforsantă 2 și un film din aliaj cu memoria formei 3. Filmul din
aliaj cu memorie 3 se poate depune fie pe pelicula ranforsantă 2, așa cum apare în fig. 1, fie
25 pe partea opusă a substratului 1, așa cum apare în fig. 2. Atât pelicula ranforsantă 2, cât și
filmul din aliaj cu memorie 3 se pot depune pe substratul 1 aflat la temperatura ambiantă sau
27 pe substratul 1 încălzit. După depunere pe un substrat insuficient încălzit se efectuează o
recoacere pentru cristalizarea ranforsantulul 2, a filmului din aliaj cu memoria formei 3, sau
29 ambele, a ranforsantulului 2 și a filmului din aliaj cu memoria formei 3. Dacă ranforsantul și
filmul sunt depuse pe substrat încălzit la o temperatură suficient de mare ca ranforsantul și
31 filmul să fie cristaline, recoacerea nu mai este necesară. Ranforsantul 2 și filmul din aliaj cu
memoria formei 3 se pot depune pe substratul încălzit la aceeași temperatură, sau la
33 temperaturi diferite pentru fiecare film.

35 Prin răcire, atât ranforsantul 2 cât și filmul din aliaj cu memoria formei 3, depuse pe
substratul 1 contribuie la starea de tensiune din compozitul multistrat. Starea de tensiune din
compozit se reflectă prin modificarea curburii acestuia și implicit prin deflexia capătului său
37 liber. Spre deosebire de substratul 1 și de pelicula ranforsantă 2, care au caracteristici
thermoelastice care variază liniar cu temperatura, filmul din aliaj cu memoria formei 3 are
39 caracteristici thermoelastice diferite pentru fiecare din fazele - austenită, respectiv martensită
-în care trece reversibil, la încălzire și la răcire, în cursul transformării de fază. Astfel, prin
41 compunerea efectelor thermoelastice din compozitul multistrat rezultă o modificare accentuată
a deflexiei capătului liber al acestuia, în intervalul de temperatură în care are loc trans-
43 formarea de fază - thermoelastică și reversibilă - din filmul din aliaj cu memoria formei 3.

45 În cazul depunerii peliculei ranforsante 2 la temperatura ambiantă și a filmului din aliaj
cu memoria formei 3 la o temperatură superioară, prin încălzirea substratului ranforsat
acesta devine pretensionat la momentul depunerii filmului din aliaj cu memorie a formei 3.

RO 132239 B1

Astfel, filmul din aliaj cu memorie a formei **3**, depus, se va afla la răcire nu doar sub efectul tensiunilor termoelastice care ar fi produse de depunerea pe substratul **1**, neranforsat ci și sub efectul contribuției termoelastice a ranforsantului **2**. Valoarea tensiunilor termoelastice la o anumită temperatură depinde de proprietățile mecanice și termice ale substratului **1**, ale ranforsantului **2** și ale filmului din aliaj cu memorie a formei **3**, respectiv de temperatura de depunere sau de cristalizare.

În cazul în care prin contribuția ranforsantului, așa cum se întâmplă în cazul actuatorului din fig. 1, tensiunea din filmul din aliaj cu memorie este mai mică, se obține o amplitudine mai mică a acționării, comparativ cu cazul unui actuator bimorf film-substrat, cu aceleași dimensiuni ale substratului, ranforsantului și filmului din aliaj cu memorie. Aceasta se întâmplă din cauza faptului că atât pelicula ranforsanta **2** cât și filmul din aliaj cu memoria formei **3** acționează în același sens atunci când ambele au modul de elasticitate și coeficient de dilatare termică mai mare decât al substratului.

În cazul în care prin contribuția peliculei ranforsante **2**, așa cum se întâmplă în cazul actuatorului din fig. 2, tensiunea din filmul din aliaj cu memoria formei **3** este mai mare și se obține o amplitudine mai mare a acționării, comparativ cu cazul unui actuator bimorf film-substrat, cu aceleași dimensiuni ale substratului, ranforsantului și a filmului din aliaj cu memorie. Aceasta se întâmplă din cauza faptului că pelicula ranforsantă **2**, împreună cu substratul **1** tind să deformeze compozitul multistrat în sens contrar celui în care tinde să îl deformeze filmul din aliaj cu memoria formei **3**. Efectul rezultat este cel de forțare a filmului din aliaj cu memorie **3** până la nivelul maxim a transformării martensitice din acesta, cu efect de creștere a amplitudinii deflexiei actuatorului în intervalul de temperaturi corespunzător transformării de fază din filmul din aliaj cu memoria formei **3**.

Rezultatele experimentale obținute sunt sistematizate în fig. 3, pentru cazul unui film din aliaj cu memorie **1**, realizat din aliaj cu memorie NiTi, depus pe substratul **2**, din siliciu pe care s-a depus anterior o peliculă ranforsanta **2**, de Ni. Se observă că față de actuatorul bimorf cu profilul de acționare în funcție de temperatură (a), amplitudinea acționării este mai mare pentru actuatorul cu ranforsare pe partea opusă filmului din aliaj cu memorie (b) și mai mică pentru actuatorul cu ranforsare pe aceeași parte cu filmul din aliaj cu memorie (c).

RO 132239 B1

Revendicări

1

3

1. Actuator cu aliaj cu memorie alcătuit dintr-un substrat (1) și un film din aliaj cu memoria formei (3), **caracterizat prin aceea că** mai cuprinde un strat suplimentar de ranforsare (2) dispus între substrat (1) și filmul din aliaj cu memorie a formei (3).

5

7

2. Actuator, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul suplimentar de ranforsare (2) este dispus la fața inferioară a substratului (1), iar filmul din aliaj cu memoria formei (3) este dispus la fața superioară a substratului (1).

9

11

3. Actuator conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** folosește cel puțin un strat suplimentar de ranforsare (2) dispus la fața inferioară a substratului (1), iar filmul din aliaj cu memoria formei (3) este dispus la fața superioară a substratului (1).

13

4. Actuator conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** folosește cel puțin un strat suplimentar de ranforsare (2) depus pe una dintre fețele substratului (1) polimeric în scopul modificării proprietăților termoelastice ale substratului astfel realizat.

15

17

5. Actuator conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul suplimentar de ranforsare (2) este depus pe oricare parte a substratului (1), înainte sau după depunerea filmului din aliaj cu memoria formei (3).

(51) Int.Cl.

B32B 15/01 (2006.01);

B32B 7/02 (2006.01);

C22C 14/00 (2006.01)

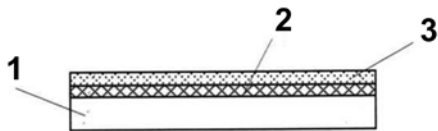


Fig. 1

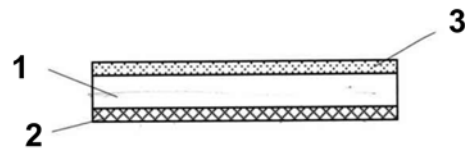


Fig. 2

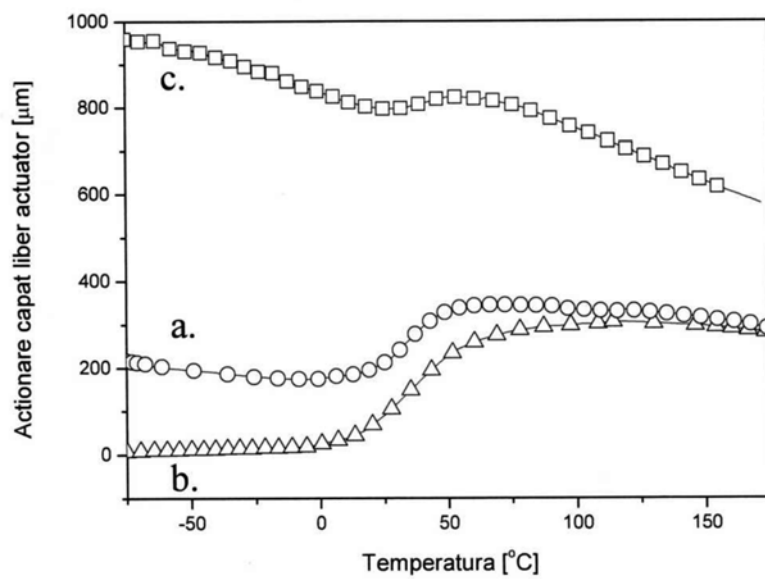


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 336/2022