

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00275

(22) Data de depozit: 20/05/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/01/2023 BOPI nr. 1/2023

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN  
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2,  
TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:  
• CRĂCIUNESCU CORNELIU MARIUS,  
STR. FRAȚII BUZEȘTI NR.9, TIMIȘOARA,  
TM, RO;  
• ERCUȚA AUREL, STR.ECOULUI, NR.5,  
BL.136, AP.5, TIMIȘOARA, TM, RO;  
• MITELEA ION, STR. AUGUSTIN PACHA  
NR. 3, AP. 10, TIMIȘOARA, TM, RO;  
• BOLOCAN VLAD, STR.ANTON  
BACALBASA, NR.7, TIMIȘOARA, TM, RO

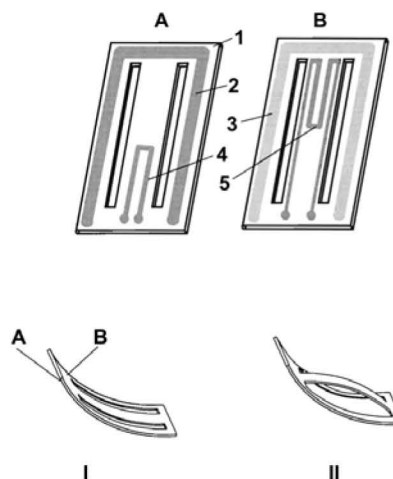
(54) ACTUATOR COMPOZIT BISTABIL CU POZIȚII CONTROLATE  
PRIN EFECTE COMBinate DE MEMORIE A FORMEI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un actuator bistabil compozit la care cele două poziții distincte ale sale se obțin prin activarea combinată a unor straturi din aliaj cu memorie a formei. Actuatorul conform invenției este alcătuit dintr-un substrat (1) sub formă de cadru cu miez, la care, pe ambele părți (A și B) ale sale, sunt depuse niște filme (2, 3) din aliaje cu memoria formei, substratul (1) fiind realizat dintr-un material flexibil, izolator electric și având un coeficient de dilatare mai mic decât filmele (2, 3) depuse, și pe o parte (A) a substratului (1) mai este depus un alt film (4), în timp ce pe partea (B) opusă este depus un al patrulea film (5), în care filmele (4, 5) sunt realizate din aliaj cu memoria formei și se află în stare martensitică la temperatura ambiantă. Trecerea în pozițiile stabile se obține prin încălzirea filmelor (2, 4 și 5) prin efect Joule-Lenz ca urmare a trecerii unui curent electric la comanda dată cu ajutorul unui program sau de către un operator, iar cele două poziții distincte, odată obținute, se mențin și în absența alimentării electrice externe.

Revendicări: 4

Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## ACTUATOR COMPOZIT BISTABIL CU POZIȚII CONTROLATE PRIN EFECTE COMBINATE DE MEMORIE A FORMEI

Invenția se referă la un actuator bistabil compozit la care două poziții distincte ale sale se obțin prin activarea combinată a unor straturi din aliaj cu memorie a formei.

Se cunoaște ca un actuator adoptă poziții geometrice distincte atunci când elementul de comandă este activat de o sursă de energie. Menținerea unei poziții curente este condiționată de menținerea activării, astfel încât actuatorul bistabil are o poziție în absența activării și o altă poziție în prezența activării. Actuatorii bistabili pot să adopte și să păstreze două poziții distincte, fără să fie nevoie de activare pentru păstrarea niciuneia dintre poziții.

Se cunoaște că la aliajele cu memorie a formei apare transformarea martensitică reversibilă (activată termic), care se desfășoară între două faze structurale : una stabilă la temperatură joasă, numită martensită și alta stabilă la temperatură ridicată, numită austenită. În stare martensitică aliajul cu memorie are modul de elasticitate și coeficient de dilatare semnificativ mai mici decât în starea austenitică.

Temperaturile caracteristice la care are loc trecerea dintr-o fază în alta sunt:

- martensită start (Ms), sub care începe transformarea austenitei în martensită,
- martensită finish (Mf), sub care există doar martensită în structură,
- austenită start (As), peste care începe transformarea martensitei în austenită,
- și austenită finish (Af), peste care există doar austenită în structura metalică a actuatorului.

În intervalele dintre temperaturile de start și finish, cele două faze, martensită și austenită, coexistă.

Prin depunere de straturi din aliaje cu memorie a formei pe substraturi diverse, se pot realiza actuatori cu arhitecturi compozite bimorfe sau trimorfe. În asemenea actuatori tensiunile termoelastice care iau naștere conduc la modificarea curburii actuatorului, dependent de temperaturile la care se realizează asamblarea strat-substrat, de diferențele dintre coeficienții de dilatare și a modulelor de elasticitate ai stratului din aliaj cu memorie și substrat, respectiv de temperatură și starea austenitică sau martensitică în care se află stratul din aliaj cu memorie. Prin alegerea compoziției aliajului cu memorie a formei și a materialului substratului se poate controla starea de tensiune din actuatorul compozit la o temperatură dată.

Pentru acționare, încălzirea stratului din aliaj cu memorie a formei se poate efectua nu doar prin modificarea temperaturii mediului, ci și prin trecerea unui curent electric prin elementul din aliaj cu memorie (efect Joule-Lenz).

Se mai cunoaște, de asemenea, că se pot realiza actuatori bistabili în diverse variante geometrice. În acest sens, putem aminti:

- invenția EP0663633A3 conform căreia pozițiile bistabile se obțin folosind o mișcare cinematică pe bază de plane înclinate sau came, chiar în absența alimentării electrice a actuatorului termic;
- invenția EP 1593844 A1 în care elemente mobile sunt deplasate de componente din aliaj cu memorie de la o poziție stabilă la alta prin basculare, la depășirea unei poziții centrale de echilibru, iar mai apoi pozițiile de capăt sunt menținute de un resort chiar după încetarea activării aliajului cu memorie ;
- invenția EP1975960A1 care folosește electromagneți pentru menținerea pozițiilor bistabile ale unei armături;
- invenția EP1241351A1 prin care un actuator din aliaj cu memorie a formei care conectează o structura suport la un element acționat ca să-l treacă dintr-o poziție în alta prin încălzirea aliajului cu memorie ;
- invenția EP 1593844 A1 în care elemente mobile sunt deplasate de componente din aliaj cu memorie de la o poziție stabilă la alta prin depășirea unei poziții centrale de echilibru, iar mai apoi pozițiile de capăt sunt menținute de un resort chiar după încetarea activării aliajului cu memorie;
- invenția EP2017/061157 conform căreia pozițiile stabile se obțin prin intermediul unui fir din aliaj cu memorie care generează o încovoiere a unui element elastic astfel încât cel puțin două poziții să fie obținute.

Dezavantajul principal al aplicării soluțiilor cunoscute pentru actuatoarii bistabili este dat de dificultatea miniaturizării lor pentru încadrarea în sisteme micro-opto-electro-mecanice, de fiabilitatea și precizia scăzută la comutare atunci când soluția constructivă, mai complexă, se bazează pe transformări de faza imbricate.

Problema pe care o rezolvă invenția este aceea de a realiza un actuator bistabil, ușor de obținut în variantă miniaturală, prin microfabricare, cu avantajul că permite menținerea a două

poziții distincte, în absența unei alte activări, în afară de cea necesară pentru tranziția de la o poziție la alta.

Actuatorul compozit bistabil cu poziție controlată prin efecte combinate de memorie a formei conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, în vederea obținerii celor două poziții stabile folosește un aliaj cu memorie a formei pentru curbarea unui cadru în timp ce un al doilea aliaj cu memorie controlează curbura actuatorului bistabil care constituie miezul cadrului.

Actuatorul compozit bistabil cu poziție controlată prin efecte combinate de memorie a formei conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- permite obținerea a două poziții distincte pentru actuator, care sunt menținute chiar în absența activării externe;
- permite realizarea prin tehnici productive de microfabricare;
- permite realizarea de microactuatori compacți pentru utilizare în sisteme micro-opto-electromecanice;
- permite economisirea de energie pentru menținerea poziției actuatorului ;
- permite acționarea pozițiilor bistabile prin intermediul efectului Joule-Lenz, fiind integrabil în sistemele electromecanice.

Se dă în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figura 1 care reprezintă: Actuator compozit bistabil cu poziție controlată de efecte combinate de memorie a formei.

Actuatorul compozit bistabil cu poziție controlată prin efecte combinate de memorie a formei este realizat sub forma unui sistem tip cantilever (în consolă) construit dintr-un substrat **1** sub forma de cadru cu miez la care pe ambele părți **A** și **B** ale sale sunt depuse filmele **2** și **3**, din aliaje cu memoria formei. Substratul **1** este realizat dintr-un material flexibil, izolator din punct de vedere electric, și care are coeficientul de dilatare mai mic decât filmele **2** și **3**.

Intrucât filmele sunt depuse la temperatură ridicată și au coeficient de dilatare diferit față de substratul **1**, fiecare dintre ele tinde să genereze un efect de tip bimetal cu substratul **1** atunci când sunt răcite de la temperatura de depunere la temperatura ambiantă. Filmul **2** este realizat din aliaj cu memorie a formei care are structură martensitică la temperatura ambiantă. Filmul **3** este realizat dintr-un material care are coeficient de dilatare apropiat de sau egal cu cel al

filmului 2 în stare austenitică până la temperatura inferioară celei la care se dorește evidențierea poziției bistabile..

Pe partea A a miezului substratului 1 este depus filmul 4, și pe partea opusă B este depus filmul 5. Ambele filme sunt realizate din aliaj cu memorie a formei și se află în stare martensitică la temperatura ambiantă.

Filmele din aliaj cu memorie a formei 2, 3, 4 și respectiv 5 pot fi încălzite succesiv sau simultan prin intermediul unei surse de curent, datorită acțiunii unui sistem automatizat sau a unui operator care controlează conectarea lor la o sursă de curent și încălzirea prin efect Joule-Lenz, în funcție de o necesitate operațională. Substratul 1 este realizat dintr-un material cu coeficient redus de transmitere a căldurii, astfel încât se existe o izolație termică între cele filmele depuse pe cele două fețe ale sale.

La răcirea de la temperatura de depunere, filmul 2, cu structura austenitică, și respectiv filmul 3, tot cu structură austenitică, țin în echilibru miezul, ca urmare a faptului că au același coeficient de dilatare, până la atingerea temperaturii de transformare martensitică din filmul 2. Deoarece filmul din aliaj cu memorie are modul de elasticitate mai mic în stare martensitică decât în stare austenitică, apare o modificării stării de tensiune din actuatorul compozit bistabil, care se materializează într-o curbare a actuatorului înspre partea pe care este depus filmul 3, conform poziției I în figura 1. Aceasta curbura este păstrată și de miezul substratului 1, al cărui centru reprezintă prima poziție stabilă a actuatorului, care se menține fără să se folosească o energie de activare.

A doua poziție stabilă se obține prin încălzirea peste temperatura  $A_f$  a filmului 2, care face ca raza de curbura a actuatorului să tindă spre zero ca urmare a faptului că ambele filme 2 și 3 se află în stare austenitică la această temperatură. În această stare, încălzirea filmului din aliaj cu memorie 5 peste temperatura  $A_f$  a sa determină transformarea acestuia în austenită, care are modulul de elasticitate mai mare, și implicit induce apariția unei tensiuni mecanice care tinde să curbeze partea centrală a miezului substratului 1 înspre filmul 5. În această stare a actuatorului, la întreruperea încălzirii filmului 2, corpul actuatorului tinde să revină la curbura corespunzătoare temperaturii la care filmul 2 este în stare martensitică. În această stare partea centrală a miezului substratului 1 rămâne curbata înspre curbura actuatorului chiar dacă se întrerupe activarea termică a filmului 5, conform poziției II în figura 1.

Pentru revenirea la poziția inițială a miezului se activează din nou filmul din aliaj cu memorie 2 care îndreaptă cadrul substratului 1 și ulterior prin activarea termică a filmului din aliaj cu

memorie 4, se menține poziția miezului substratului 1 în linie cu cadrul sau. Odată adoptată poziția miezului în cadrul curbat al substratului 1, aceasta se menține și după încetarea încălzirii filmului 4, conform poziției I din figura 1.

DIREC\*

## BIBLIOGRAFIE

1. S. Miyazaki - Shape Memory Alloys: Manufacture, Properties and Applications, Cambridge University Press; 1st edition (September 28, 2009).
2. C. M. Crăciunescu - Micro si nanoingineria Aliajelor cu Memorie a Formei, Ed. "Politehnica" Timisoara, 2005.
3. G. Călugăru, L.G. Bujoreanu, et al - Memoria Formei, Fenomene si aplicatii in Stiinta Materialelor, Ed. Plumb, Bacau, 1995.
4. C. Crăciunescu, A Ercuța - Prediction of thermally-controlled actuation for shape memory alloy film-based bimorph cantilevers, Smart materials and structures, 2014
5. C. Crăciunescu, A Ercuța, Modulated interaction in double-layer shape memory-based micro-designed actuators, Science and technology of advanced materials, 2015
6. C. Crăciunescu, A Ercuța, Shape memory microactuation design by substrate's reinforcement layers, Materials & Design, 2016
7. C. M. Crăciunescu, M Kohl, A Ercuța - Micro-actuation design in VO<sub>2</sub>-based bimorph, cantilevers, Smart Materials and Structures, 2020

## REVENDICĂRI

1. Actuator compozit bistabil cu poziție controlată prin efecte combinate de memorie a formei, alcătuit dintr-un substrat (1) cu cadru și miez, la care pe ambele părți ale cadrului sunt depuse la temperatura ridicată filmul din aliaj cu memorie (2) respectiv filmul (3) din material cu coeficient de dilatare egal sau apropiat cu cel al filmului (2) în stare austenitică, **caracterizat prin aceea că** pentru obținerea celor două poziții stabile sunt activate electric prin efect Joule-Lenz de către un program sau de către un operator: filmul (2), un film din aliaj cu memorie (4) depus pe o parte a miezului substratului (1) și un alt film din aliaj cu memorie (5) depus pe partea opusă a acestuia astfel încât curbura miezului substratului (1) modificată sub efectul filmului din aliaj cu memorie (2), va fi identică cu cea a cadrului (1) respectiv opusă acestuia, chiar și după încetarea comenzii de încălzire prin efect Joule-Lenz a filmelor din aliaj cu memorie.

2. Actuator compozit bistabil cu poziție controlată prin efecte combinate de memorie a formei, **caracterizat prin aceea că** acționarea este generată de poziția centrală a miezului substratului (1) și fixată de filmele din aliaj cu memorie (4) și (5) care controlează corespunzător curbura miezului astfel încât pentru o poziție stabilă curbura miezului substratului (1) să coincidă cu cea a cadrului substratului (1) iar pentru cealaltă poziție stabilă să fie opusă față de cea a cadrului substratului (1).

3. Actuator compozit bistabil cu poziție controlată prin efecte combinate de memorie a formei conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** trecerea în pozițiile stabile se obține prin încălzirea filmelor din aliaj cu memorie (2), (4) și (5) prin efect Joule-Lenz ca urmare a trecerii unui curent electric la comanda realizată printr-un program sau de către un operator iar cele două poziții distincte, odată obținute, se mențin și în absența alimentării electrice externe.

4. Actuator compozit bistabil cu poziție controlată prin efecte combinate de memorie a formei conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** utilizează un substrat (1) cu cadru și miez, ca element intermediar între efecte ale aliajelor cu memorie a formei de tip film, lamela sau resort, ca să modifice bistabil poziția miezului substratului (1).



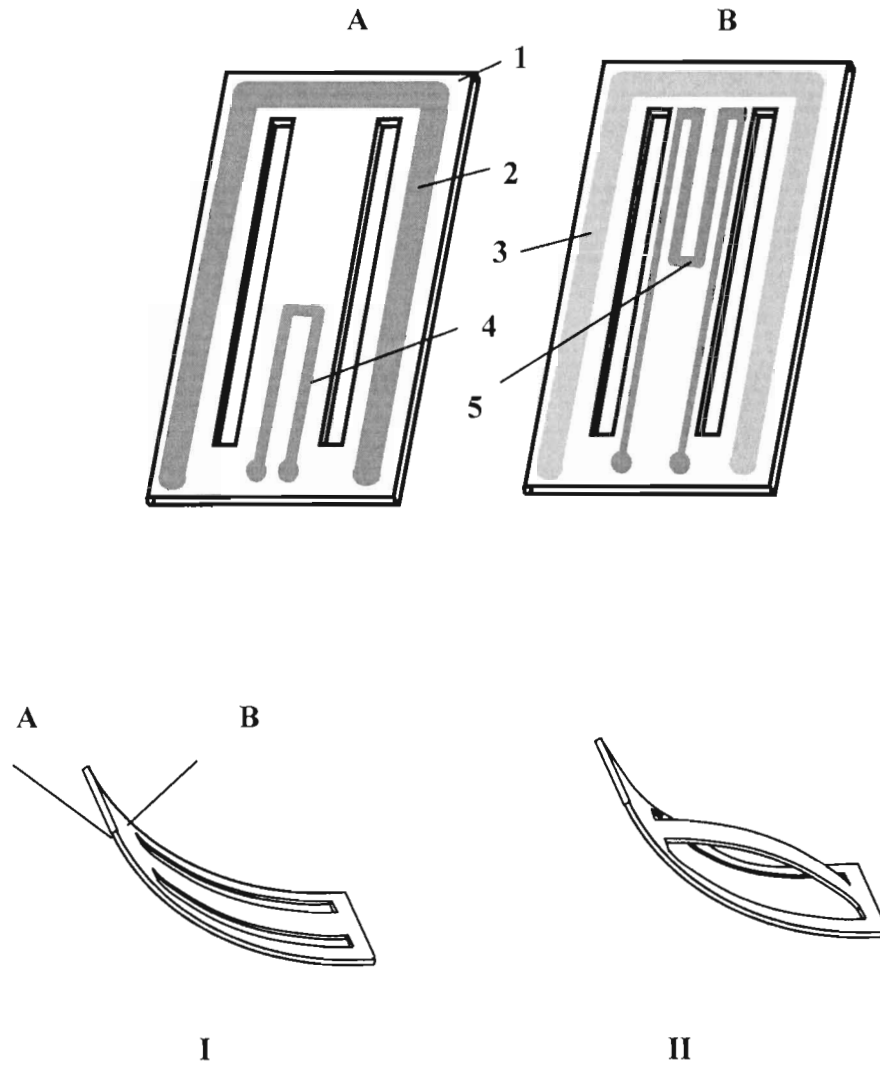


Figura 1.

Actuator compozit bistabil cu pozitie controlata de efecte combinate de memorie a formei