



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00014

(22) Data de depozit: 14/01/2019

(41) Data publicării cererii:
28/08/2020 BOPI nr. 8/2020

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
ELECTROCHIMIE ȘI MATERIE
CONDENSATĂ - INCEMC TIMIȘOARA,
STR.DR.AUREL PĂUNESCU PODEANU
NR.144, TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:
• URSU DANIEL HORĂȚIU,
STR. LEV TOLSTOI NR. 13, AP. 19,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• MICLAU MARINELA,
ALEEA STUDENȚILOR NR. 25, BL. G,
AP. 309, TIMIȘOARA, TM, RO;
• BANICA RADU, STR.HOREA NR.180,
DEVA, HD, RO;
• GURGU RADU, ALEEA CITADELEI NR.1,
SC.B, AP.5, TIMIȘOARA, TM, RO

(54) DISPOZITIV INTEGRABIL PENTRU TESTAREA CELULELOR
SOLARE PE BAZĂ DE PEROVSKIT ÎN MEDIU
CONTROLABIL

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv integrabil pentru testarea celulelor solare pe bază de perovskit în mediu controlabil. Dispozitivul conform invenției este compus dintr-o parte fixă (1), prevăzută cu o flanșă (15), conectată cu un manometru (16) și un robinet de vid (17), cu rolul de a vizualiza și a menține constant vidul în interiorul dispozitivului, o mufă (19) prin intermediul căreia este introdus un gaz de la o butelie (20), o fereastră transparentă (26) prin care lumina de la un simulator solar (24) ajunge pe suprafața celulei solare, precum și dintr-o parte mobilă (2), formată dintr-un dispozitiv de fixare (3) pentru celula solară, un element de încălzire (7) conectat la un controler de temperatură (8), un termocuplu (9) și piesa (4) de legătură cu partea fixă (1), dispozitivul fiind capabil să realizeze condiții de întuneric și de iluminare prin simularea diferiților factori externi, cum ar fi atmosfera, temperatura, umiditatea.

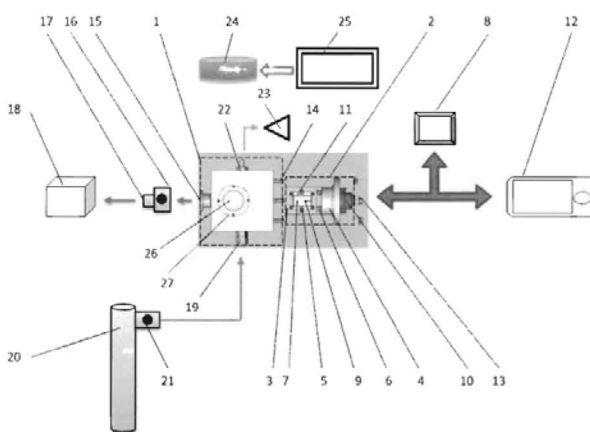


Fig. 1

Revendicări: 6
Figuri: 3



DESCRIEREA INVENTIEI

Titlul invenției:

Dispozitiv integrabil pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil

Daniel URSU, Marinela MICLAU, Radu BANICA, Radu GURGU

Domeniul tehnic: Celule solare cu perovskit, filme subțiri

Invenția se referă la un **dispozitiv integrabil** pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil.

Stadiul tehnicii

Utilizarea celulelor fotovoltaice pentru conversia energiei solare este de departe cea mai curată metodă de a produce energie electrică. Conform (http://solarcellcentral.com/markets_page.html) rata de creștere a energiei electrice generate de către panourile fotovoltaice în ultimii 5 ani este de 30,1 GW în anul 2012 până la 98,9 GW în anul 2017, având o rată a creșterii de 29% pe an. În prezent, piața de celule fotovoltaice este dominată de cele bazate pe Si cristalin (aproximativ 89% din piață, și pe filme subțiri (aproximativ 11% din piață, folosind în principal CdTe și GIGS).

Una dintre provocările principale ale comunității de cercetare este dezvoltarea de materiale, dispozitive și sisteme fotovoltaice integrate mai ieftine, care să fie capabile să transforme energia solară direct în electricitate.

Celulele solare pe baza de perovskit (PSC) au atras un interes foarte mare datorită avantajelor combinate cu eficiența de conversie și costul redus de procesare. Astfel PSC-urile au fost dezvoltate din celulele solare pe baza de colorant sensibilizat (DSSCs), folosind perovskitul ca un material pentru transportul golurilor având o eficiență de 3.8% în anul 2009 [1]. Datorită îmbunătățirii interfetelor dintre straturi, a transportului de electroni din interiorul acestor celule a dus la o creștere semnificativă a eficienței, astfel în anul 2017 s-a obținut o eficiență record de 22.1%. [2].

Atunci când vine vorba despre comercializarea unei tehnologii fotovoltaice este necesară determinarea performanței în ceea ce privește eficiența conversiei energiei

solare în energie electrică, stabilitatea pe termen lung (durata de viață) și costurile de producție. Acești parametri asociați cu condițiile de funcționare (locul de instalare) a modului solar definesc costurile pe kilowatt-ora de energie electrică furnizată.

Pe de altă parte, o anumită durată de viață este necesară pentru un produs final. O condiție prealabilă pentru determinarea duratei de viață este demonstrarea unei anumite stabilități a componentelor folosite.

Efectuarea testelor de stabilitate în cazul unei tehnologii fotovoltaice variază de la testarea în condiții ambientale necontrolate și măsurarea periodică a eficienței, la studii efectuate în condiții controlate de atmosferă, iluminare, și temperatură [3].

Este foarte important să se înțeleagă efectul pe care îl au diferiții factori (atmosferă, temperatură și iluminare) asupra stabilității unei tehnologii fotovoltaice în determinarea caracteristicilor tensiune-curent cât și a proprietăților electrice.

Nerespectarea unor condiții optime și bine definite poate duce la o scădere a credibilității rezultatelor obținute în ceea ce privește măsurarea eficienței tehnologiilor fotovoltaice. Astfel se pot obține rezultate eronate a eficienței datorate de multe ori prezentei unei histereze puternice în curba curent- tensiune [4].

Pentru panourile fotovoltaice comerciale, există standarde industriale riguroase pentru a descrie testele de calitate (IEC 61215), prin care atestă faptul că testarea în aer liber în condiții reale de funcționare nu este posibilă datorită perioadelor lungi de timp (> 20 de ani) [5].

Toate protocoalele sunt concepute pentru produsul "panou fotovoltaic", care este expus la încercări de stres accelerat vizând în principal erorile de proiectare și materialul din care este realizat. Realizarea acestor teste (deși sunt necesare pentru orice tip de panou solar să fie instalate în aer liber) nu sunt cea mai bună alegere pentru a evalua stabilitatea celulelor solare pe baza de materiale cu structură perovskit unde să se poată identifica mecanismele de uzură și defecțiunile care apar în interiorul celulei.

În anul 2011 s-a propus un nou protocol de testare pentru materialele organice utilizate în celule fotovoltaice [6]. Deoarece celulele solare pe baza de materialele perovskit sunt considerate mai instabile este foarte important să se țină cont de aceste protocoale și astfel să se realizeze un sistem care să poată realiza diferite condiții de testare (atmosferă, umiditate, temperatură, lumină) și combinații ale acestora.

Astfel, se poate crea un dispozitiv integrabil pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil. Rezultatele obținute în cadrul acestor măsurători sunt cruciale, deoarece acestea ar putea exclude anumite materiale să fie utilizate într-un dispozitiv stabil pe termen lung.

Din cunostintele noastre, pe plan national nu s-a realizat pâna în prezent un astfel de dispozitiv integrabil pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil. Exista o cerere de brevet a 00557/2015 care se refera la o metoda si dispozitiv de testare a timpului de îmbatranire a celulelor fotovoltaice. Aceasta instalatie este conceputa doar pentru testarea celulelor fotovoltaice clasice prin determinarea timpului de îmbatranire unde se utilizeaza doar apa, abur si lumina.

Pe plan international exista doar un singur articol de cercetare unde este realizata o astfel de camera de testare cu instalatia aferenta, pentru testarea efectului de îmbatranire în cazul celulelor solare pe baza de perovskit [7]. Aceasta instalatie prezinta unele dezavantaje: i) nu este conceputa cu un sistem de vidare pentru a se putea realiza teste si în mediul controlat de vid; ii) încălzirea camerei este prevazuta cu un sistem Peltier care este costisitor de realizat si presupune o raciere si o etanseitate foarte buna în cazul realizarii testelor într-un mediul controlat de vid; iii) Masuratorile sunt preluate pe un calculator cu un soft special conceput, astfel instalatia este foarte mare si greu de transportat daaa sunt necesare masuratori în diferite locatii.

Pâna în acest moment nu s-a realizat un prototip încapsulat al celulelor solare pe baza de perovskit, toate testele de eficienta si de îmbatranire facându-se pe celule solare neîncapsulat. Etapele premargatoare pentru dezvoltarea unei tehnologii încapsulare, urmaresc evolutia celulei solare pe baza de perovskit, atât în întuneric "dark" sau sub iluminare si actiunea diferitilor factori externi (atmosfera, temperatura, umiditate) asupra fenomenului de îmbatranire a celulei solare.

Dispozitiv integrabil pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil conform inventiei de față elimină dezavantajele procedeelelor mentionate mai sus, si permite realizarea de studii preliminare încapsularii acestor celule dupa cum rezulta din cele ce urmeaza.

Problema tehnica

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este de a realiza un dispozitiv integrabil pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil, atât în întuneric "dark" cât si sub iluminare, simuland diferiti factori externi (atmosfera, temperatura, umiditate). Dispozitivul propus este un dispozitiv modular, compus din doua parti, partea fixa prevazuta cu o flansa, care este conectata cu un manometru si un robinet de vid cu rolul de a vizualiza si a mentine constant vidul în interiorul dispozitivului, precum si o parte mobila formata din dispozitivul de fixare pentru celula solara pe baza de perovskit si piesa de legatura cu partea fixa.

Solutiile propuse pentru rezolvarea problemei tehnice sunt:

1. Folosirea unei ferestre interschimbabile pentru realizarea conditiilor de întuneric "dark " (placuta metalica) si iluminare (cuart, sticla).
2. Utilizarea vidului pâna la valoarea de -0.1 MPa în interiorul dispozitivului integrabil, prin folosirea unei pompe de vid si a unei flanse de etanseizare. Vidul fiind mentinut în parametrii proiectati cu ajutorul unui manometru de vid si a unui robinet.
3. Dispozitiv integrabil propus de inventie poate fi utilizat si în mediu controlat (aer, N₂, Ar, N₂ 95%/H₂ 5% , Ar 98%/ H₂ 2%, CO₂, He). Valoarea de intrare a gazului poate fi ajustata între 20-500 mbar, prin intermediul unui reductor de gaz conectat la butelia de gaz.
4. Dispozitivul integrabil pastreaza puritatea gazelor de intrare prin intermediul materialelor pieselor componenetelor inerte chimic propuse de inventie.
5. Dispozitivul integrabil este prevazut cu un sistemul de încălzire simplu, interschimbabil si ieftin, putând fiind utilizat în domeniul de temperatura 25-120 °C, controlul temperaturii facându-se prin intermediul unui controler independent
6. Reducerea costurilor de productie datorita interschimbabilitati pieselor din componenta dispozitivului.

Avantajele dispozitivului integrabil

Dispozitiv integrabil pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil conform inventiei prezinta urmatoarele avantaje, si anume se pot realiza teste (i) în întuneric "dark " si iluminare prin intermediul unei ferestre interschimbabile; (ii) în vid; (iii) în mediu controlat, folosind aer, gaze inerte, amestecuri de gaze reducatoare si oxidante la diferite presiuni; (iv) simuleaza mediul extern "outdoor " prin controlul temperaturii si umiditatii; (v) usor de construit, utilizat si realizat mentenanta; (vi) ieftin si efficient; (vii) multifunctional si transportabil.

Functionarea dispozitivului integrabil

Se da, in continuare un exemplu de functionare a dispozitivului integrabil pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil, unde se face referire la toata instalatia necesara testarii.

Dispozitivul integrabil conform inventiei, precum si instalatia necesara testarii sunt prezentate schematic în **figura 1**.

Dispozitivul integrabil este format din doua parti: o parte fixa **1** si una mobila **2**. Partea fixa este reprezentata în detaliu în **figura 2** iar partea mobila este reprezentata în detaliu în **figura 3**.

Partea mobila este formata din dispozitivul de fixare pentru celula solara pe baza de perovskit **3**, care este din teflon si piesa de aluminiu **4** care face legatura cu partea fixa.

Celula solara pe baza de perovskit este prinsa pe suportul de teflon **3** cu ajutorul a doua bride **5**. Conexiunea dintre suportul de teflon **3** si piesa de aluminiu **4** este realizata cu ajutorul a doua suruburi **6** (M4x0.5). Temperatura din interior dispozitivului se realizeaza cu ajutorul unui element de încălzire **7** care este conectat independent la un controlor de temperatura **8**. Temperatura de pe suprafata celulei solare pe baza de perovskit este luata cu ajutorul unui termocuplu **9** de tip k . Legatura dintre termocuplu **9**, elementul de încălzire **7** cu controlerul **8** se face cu ajutorul unei mufe de conexiune **10**. Pe suportul de teflon se afla doua placute subtiri de tombac **11** care sunt în contact direct cu cele doua zone ale celulei solare (contact material de tip-p si contact material de tip-n). Monitorizarea caracteristicii tensiune-curent se face cu ajutorul unui Multimetru digital de laborator **12** prin intermediul mufei de conexiune **10**. Partea mobila **2** este unita de partea fixa **1** prin intermediul a patru tije filetate **14** care au si rol de ghidare si trânse cu ajutorul piulitelor **13**.

Partea fixa **1** este prevazuta cu o flansa **15** pentru realizarea vidului în interiorul dispozitivului. Pe flansa **15** este legat un manometru de vid **16** si un robinet de vid **17** care au rolul de a vizualiza si a mentine constant vidul în interiorul dispozitivului. Vidul din interiorul dispozitivului este realizat cu ajutorul unei pompe de vid **18**. Introducerea gazului în interiorul dispozitivului se face prin intermediul mufei **19**. Gazul se afla într-o butelie **20** care este prevazuta cu un reductor de gaz **21** pentru reglarea debitului de gaz care intra în dispozitiv. Gazul din interiorul dispozitivului este scos prin intermediul mufei **22** si introdus într-un pahar Erlenmeyer **23** unde se afla apa distilata.

Celula solara pe baza de perovskit este luminata cu ajutorul unui simulator solar **24** fiind alimenat prin intermediul unei surse de current **25**. Lumina ajunge pe

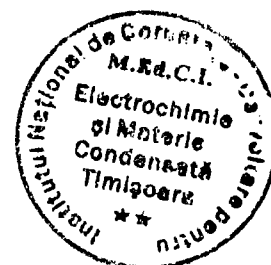
suprafata celulei solar pe baza de perovskit prin intermediul unei ferestre transparente (cuart sau sticla), **26**. Fereastra transparenta **26** este prinsa de partea fixa **1** cu ajutorul unei flanse **27**. Daca testele se vor efectua în întuneric “dark” în locul ferestrei transparente **26** se va pune o piesa cilindrica de aluminiu care este prinsa de partea fixa **1** cu ajutorul unei flanse **27**, pentru a împiedica intrarea în contact a lumini cu celula solara.

Referințe

1. Kojima A, Teshima K, Shirai Y, Miyasaka T, Organometal halide perovskites as visible- light sensitizers for photovoltaic cells, J. Am. Chem. Soc. 2009, 131, 6050–6051
2. Yang, W.S.; Park, B.W.; Jung, E.H.; Jeon, N.J.; Kim, Y.C.; Lee, D.U.; Shin, S.S.; Seo, J.; Kim, E.K.; Noh, J.H.; et al. Iodide management in formamidinium-lead-halide—Based perovskite layers for efficient solar cells Science 2017, 356, 1376–1379
3. Anaraki, E. H. et al. Highly efficient and stable planar perovskite solar cells by solution-processed tin oxide. Energy Environ. Sci. 2016, 9, 3128–3134.
4. Snaith, H. J. et al. Anomalous hysteresis in perovskite solar cells. J. Phys. Chem. Lett. 2014, 5, 1511–1515.
5. Standard International IEC 61215:2005(E)
6. Reese, M. O. et al. Consensus stability testing protocols for organic photovoltaic materials and devices. Sol. Energy Mater. Sol. Cells 2011, 95, 1253–1267.
7. Domanski K,. Alharbi E. A, Hagfeldt A, Grätzel M, and Tress W, Systematic investigation of the impact of operation conditions on the degradation behaviour of perovskite solar cells, Nature Energy 2018, 3, 61–67.

REVENDICARI

1. **Dispozitiv integrabil** pentru testarea celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil, **caracterizata prin aceea ca** poate realiza conditii atât de întuneric "dark" cât si de iluminare, simulând diferiti factori externi (atmosfera, temperatura, umiditate). Dispozitivul propus este un dispozitiv modular, compus din doua parti, partea fixa prevazuta cu o flansa, care este conectata cu un manometru si un robinet de vid cu rolul de a vizualiza si a mentine constant vidul în interiorul dispozitivului, precum si o parte mobila formata din dispozitivul de fixare pentru celula solara pe baza de perovskit si piesa de legatura cu partea fixa.
2. Dispozitivul integrabil conform revendicarii 1 **caracterizat prin aceea ca** foloseste o pompa de vid **18**, pentru realizarea vidului pâna la valoarea de -0.1 MPa prin intermediul flansei **15**, care este legat la un manometru de vid **16** si un robinet de **17** care mentine vidul în interiorul dispozitivului.
3. Dispozitivul integrabil conform revendicarii 1 **caracterizat prin aceea ca** foloseste un element de încălzire **7** care este controlat de un controler independent **8**, în domeniul de temperatura 25-120° C.
4. Dispozitivul integrabil conform revendicarii 1 **caracterizat prin aceea ca** poate utiliza diferite gaze aer, N₂, Ar, N₂ 95%/H₂ 5% , Ar 98%/ H₂ 2%, CO₂, He, prin intermediul mufei **19** si este scos din instalatie prin mufa **22**. Valoarea de intrare a gazului poate fi ajustata între 20-500 mbar, iar furtunul care face legatura între reductorul **21** si mufa de intrare **19** poate avea dimensiunea între Ø 2-6 mm.
5. Dispozitivul integrabil conform revendicarii 1 **caracterizat prin aceea ca** este prevazut cu o fereastră pentru iluminare **26**, asigurând o iradiere constanta pe suprafata celulei, care este usor de demontat, utilizându-se mai multe tipuri de ferestre (cuart, sticla). Dimesiunea ferestrei poate varia între 20-50 mm.
6. Dispozitivul integrabil conform revendicarii 1 **caracterizat prin aceea ca** pentru a realiza conditiile de intuneric "dark", în locul ferestrei transparente 26 se va pune o piesa cilindrica de aluminiu care este prinsa de partea fixa 1 cu ajutorul unei flanse 27, pentru a împiedica intrarea în contact a lumini cu celula solara.



DESENE

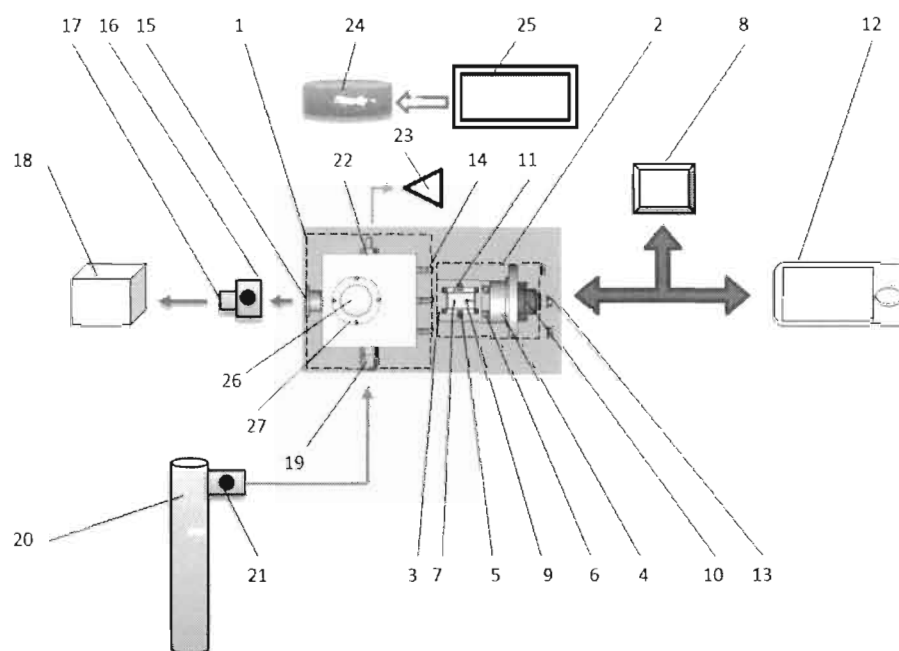


Figura 1. Schema bloc a instalatiei necesare testarii celulelor solare pe baza de perovskit în mediu controlabil împreuna cu dispozitivul integrabil

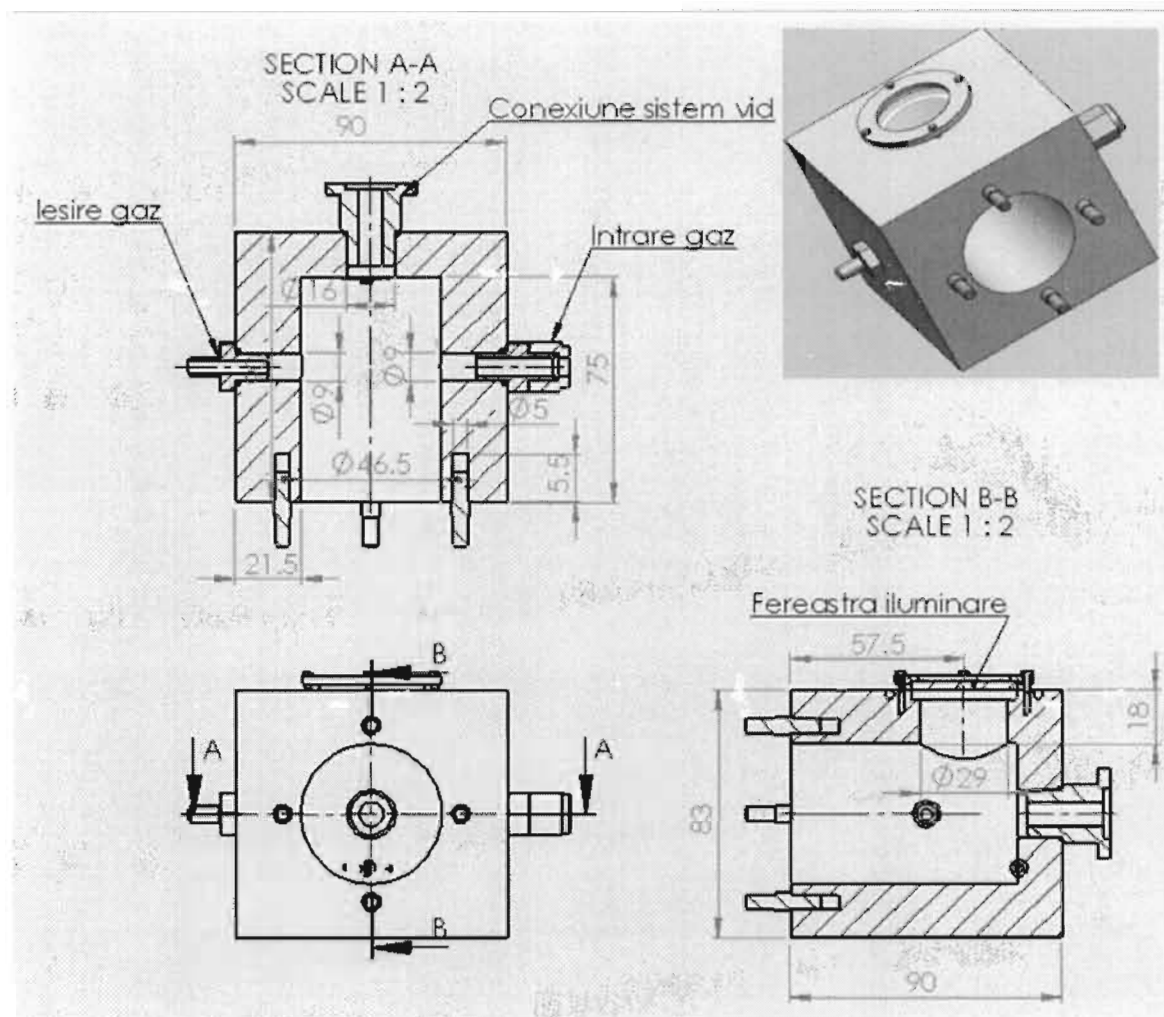


Figura 2. Schita si vederea 3D pentru partea fixa a dispozitivul integrabil

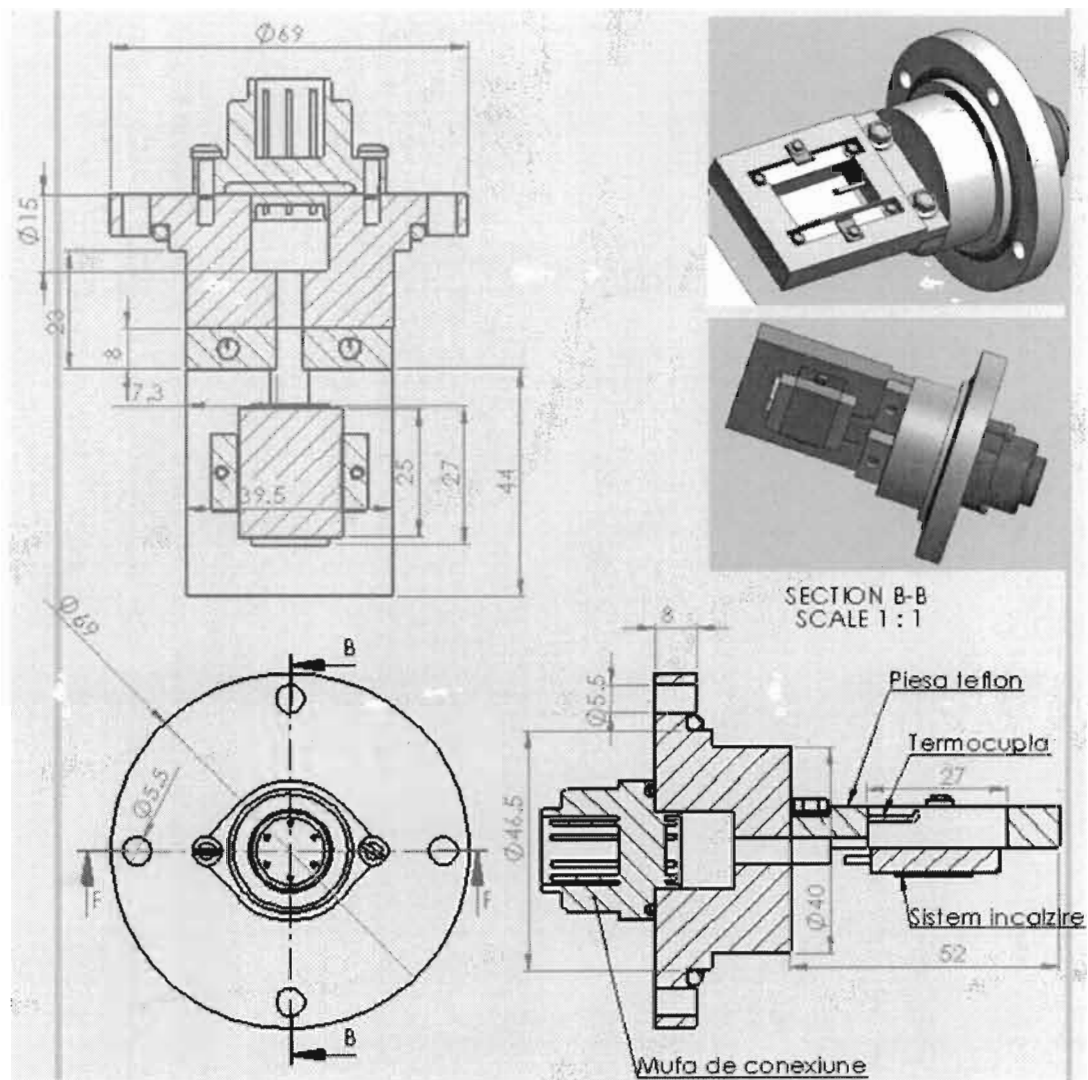


Figura 3. Schita si vederea 3D pentru partea mobila a dispozitivul integrabil