



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2015 00682**

(22) Data de depozit: **21/09/2015**

(41) Data publicării cererii:
30/03/2017 BOPI nr. **3/2017**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICA
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI
(INFLPR), STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **POPOVICI ERNEST, ALEEA REȘIȚA D
NR.7, BL.A 5, SC.B, ET.3, AP.26,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **MORJAN ION,
STR.CĂRĂMIDARII DE JOS NR.1, BL.76,
SC.B, ET.8, AP.79, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **DUMITRACHE FLORIAN,
STR. PECINEAGA NR. 7, BL. 25, SC. 2,
ET. 3, AP. 31, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **MIRON DAN, STR. MĂRĂȘEȘTI NR. 12,
BL. B4, SC. 1, ET. 3, AP. 10, MĂGURELE,
IF, RO**

(54) **SINTEZĂ DE NANO SiC CU PIROLIZĂ LASER CU
APRINDERE ÎN VOLUM**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de sinteză a nano SiC prin piroliză laser. Metoda conform invenției constă în piroliza cu laser cu CO₂ cu aprindere în volum din silan/acetilenă cu fasciculul focalizat la o geometrie convenabilă și la o densitate de putere necesară sintezei, sau combinată cu aprindere liniară cu laser de mică putere cu CO₂, după care sinteza se realizează cu un laser cu mediu solid micrometric cu fibră activă, disc,

diodă, disc-fibră, cu trecerea multiplă a fasciculului laser cu mediu solid prin zona de reacție, rezultând nanoparticule/nanostructuri de SiC având aproximativ 300 structuri dimensionale.

Revendicări: 1
Figuri: 9





DESCRIEREA INVENTIEI

TITLUL INVENTIEI

SINTEZA DE NANO SiC CU PIROLIZA LASER CU APRINDERE IN VOLUM

DOMENIUL TEHNIC

Inventia face parte din domeniul tehnic al nanotehnologiilor, tehnologiei laser, a chimiei si a metodelor de caracterizare a materialelor nanostructurate. Nanotehnologiile reprezinta obtinerea, procesarea si aplicatiile nanoparticulelor / nanostructurilor obtinute pe cale artificiala la scara moleculara cu ordine de dimensionalitate nanometrica, conventional in limitele 1-100 (500) nm. Nanotehnologia este stiinta, ingineria, tehnologia realizata la scara nanometrica. Tehnologiile laser reprezinta un domeniu atotcuprinzator a metodelor de obtinere a fasciculului/radiatiei laser, a transportului si prelucrarii lui, a interactiunii radiatiei cu materia si a aplicatiilor radiatiei laser in toate domeniile activitatilor umane cum ar fi sociale, tehnice, medicale, comerciale, etc. Domeniul se poate defini ca 'eco-nano-tehnologii si materiale avansate', cu subdomeniu de 'materiale': substitutia materialelor critice si cresterea duratei de functionare a materialelor prin acoperiri functionale; materiale polimerice, nanomateriale, nanotehnologii; materiale si tehnologii pentru sanatate; materiale pentru energie; materiale pentru dezvoltarea infrastructurii, constructiilor si mijloacelor de transport; materiale avansate si tehnologii destinate aplicatiilor de nisa ale economiei.

STADIUL TEHNICII

In ultimii ani interesul pentru noi aplicatii a nanoparticulelor (PN) de carbura de siliciu (SiC) [1] nu a incetat sa creasca si implicit interesul de a dezvolta, cerceta / descoperi noi metode de productie industriala pentru a obtine calitatea si cantitatile de NP solicitate. Procesul de sinteza prin piroliza laser ramane inca, unul cu multe aspecte neexplorate ale proceselor implicate in acest tip de sinteza. Dorinta de a spori calitatea, eficienta si productivitatea sintezei SiC a dus la experimente, luand in considerare atat realizarile istorice ale altor cercetatori si cele mai recente realizari in acest domeniu. Sinteza SiC are natura interdisciplinara pronuntata si in unele cazuri cu opinii nuanstate sau diferite, publicate sau acceptate in acest domeniu privind.

Au aparut metode care sa asigure cerintele comerciale si pe de alta parte sa asigure securitatea si proectia umana si a mediului fata de poluarea cu materiale la scara nano [2-9]. Cel mai pregnant exprima realizarile in domeniu firma NM (NANOMAKERS). Este o expresie a vitezii de dezvoltare in domeniu datorita transferului de cunostinte din domeniul de cercetare – CEA - Fr – catre industrie. In cinci ani s-a reusit implementarea la scara industriala a productiei de NP/NS (nanoparticule/nanostructuri) de SiC, obtinut prin piroliza cu laser a SiH4/C2H2. Esenta acestei sinteze au fost publicate in articole [1], in care metoda a fost

prezentata in faza de cercetare. Metodele cunoscute utilizeaza laseri cu CO₂ de mare putere, de ex. 5 kW [1]. Cea mai moderna metoda de obtinere de NP/NS de SiC, la scara industriala, este a NM, www.nanomakers.fr. Dar din punct de vedere economic nu este inca eficient.

PREZENTAREA PROBLEMEI TEHNICE PE CARE INVENTIA O REZOLVA

Prezenta inventie rezolva problemele tehnice privind sinteza de nano SiC prin piroliza laser in umatoarele conditii:

- sinteza de nano SiC prin piroliza laser cu aprindere in volum, este o metoda nestudiata/nementionata in literatura de specialitate sau in brevete, nementionata in cercetari in domeniu, originala, creativa si inventiva, care rezolva productia industriala de NP/NS de SiC,
- utilizarea laserilor cu mediu activ solid μm : cu disc, cu fibra, cu dioda, cu disc fibra, etc. in piroliza cu laser
- reduce puterea fasciculului laser necesar pentru sinteza de la ordinul de 5 kW la ordinul W,
- metoda de ardere mixta, care este o combinatie intre aprinderea liniara cu un fascicul cu CO₂ de putere minima de 100 W si arderea in volum cu un fascicul micrometric, generat de sisteme laser cu mediu activ solid, care din punct de vedere a puterii specifice raportata la masa si costuri sunt excelente,
- sistem optic de modelare a sectiunii fasciculului laser: liniar, dreptunghi, circular, punctual, etc.
- mediu de transfer energetic autogenerat: aprinderea liniara poate fi decuplat dupa initierea sintezei,
- foloseste metoda imagistica de control a sintezei/procesului in timp cuasi-real,
- productivitate industriala/cantitativa prin piroliza cu laser de nano SiC cu diferite caracteristici,
- descompunerea completa a silanului in procesul de ardere,
- prima metoda industriala cu mecanisme de control elaborate al procesului de sinteza in domeniul de temperaturi de peste 1000 °C, pana la temperaturi de mii de grade,
- randament de sinteza ridicat,
- utilizarea unei combinatii de laseri de puteri mari, care asigura conditii eficiente investitionale,
- conditii economico financiare favorabile, consumabile pentru radiatia laser redus.

EXPUNEREA INVENTIEI

Sinteza prin piroliza laser a SiC este un procedeu care pentru asigurarea caracteristicilor comercial valorificabile necesita un control sigur si precis a procesului. In aceasta sinteza se desfasoara concomitent doua procese: una chimica caracterizat prin procesul de descompunere a silanului in Si si hidrogen si a acetilenei in carbon si hidrogen si recombinarea lor in SiC si una fizica delimitat de temperaturi caracteristice precise. Descompunerea silanului este completa la maximum 500 °C si acetilena are deasemenea aceasta limita, cu toate ca nu sunt date precise privind descompunerea, care este un proces care depinde de multi factori.

In Fig. 1 este prezentat schematic principiul aprinderii / arderii in volum a precursorilor pentru sinteza de NP/NS de SiC. In Fig. 1a este reprezentata o sectiune in planul definit de axa longitudinala a fasciculului si axa injectorului. Fasciculul laser este determinat de axa optica a fasciculului laser, notat LBOA, si de diametrul fasciculului d . In Fig. 1b este reprezentata o sectiune in planul definit de un plan perpendicular pe axa longitudinala a fasciculului si axa injectorului. In cele doua figuri sunt figurate frontul de propagare a flacarilor. In zona determinata de intersectia fasciculului cu precursorii nu exista front de flacara deoarece aprinderea se produce in volumul zonei precizate. In aceasta zona transferul de caldura se face in mare parte datorita transferului energetic intre radiatia laser si particulele solide rezultate in urma descompunerii precursorilor. In aceasta situatie temperatura poate fi controlata cu mare precizie prin densitatea de putere a radiatiei laser in tot domeniul de sinteza: de la descompunerea precursorilor si pana in faza de gaz a Si/C. Procesul fizic este dominat de transformarile starii de agregare a Si/C delimitate de temperaturile caracteristice precise. Temperaturile caracteristice care determina sinteza, starea de agregare a substantelor si caracteristicile NP/NS sunt cele de topire a Si, temperatura de fierbere a Si, temperatura de sublimare a C-lui solid. Functie de sistemul optic de transport / procesare a fasciculului, de caracteristicile camerei de reactie si de parametri in zona de sinteza, desfasurarea procesului poate fi controlat prin:

i. densitatea de putere a radiatiei laser in zona de sinteza si deci implicit prin puterea fasciculului laser, in Fig. 2 este prezentata o diagrama grafica comparativa privind doua moduri de sinteza cu aprindere in volum la care numai parametrul densitatea de putere este modificata.

ii. parametri fizici determinate de camera de reactie si de precursori.

In Fig. 2 se observa influenta densitatii de putere asupra timpului de rezidenta, notat t_r , si asupra timpului de racire, notat t_c . In Fig. 3 este reprezentata o camera de reactie unde poz. 21 reprezinta sistemul de transport / procesare a fasciculului, care poate sa fie cu mediu activ gazos cu CO₂ cu $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$, sau cu mediu activ solid / micrometric laser cu fibra, cu disc, cu dioda, cu disc fibra etc. Poz. 2, 3 sunt elementele optice si mecanice de interfata pentru cuplarea optica a fasciculului. Inventia rezolva utilizarea surselor de fascicul micrometric care prezinta avantaje multiple cum ar fi: transport flexibil a fasciculului prin fibra de sticla, sursa usoara si fara intretinere si materiale de consum, usor de reglat densitatea de putere in zona de sinteza, fara anexe voluminoase, sistem de racire, gaze pentru mediu activ, etc. Utilizarea laserilor micrometrici este rezolvata printr-o aprindere mixta a precursorilor: un fascicul de minimum 100 W cu CO₂ produce o aprindere liniara si implicit produce descompunerea precursorilor activi SiH₄/C₂H₂, prin producere de pulbere de Si si C in stare de agregare solida. prin intermediul acestor materiale solide se produce transferul energetic dintre fascicul si zona de sinteza. Dupa demararea procesului de sinteza laserul cu CO₂ poate fi oprit.

Procesul de sinteza se desfasoara intr-un mod continuu. Dimensiunea 'e' reprezinta excentricitatea in plan vertical a celor doua fascicule care se intersecteaza in axa fluxului de precursori. Aceasta marime se optimizeaza, dar pozitia fasciculului cu $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ trebuie sa fie in partea superioara a geometriei fasciculului μm , in conformitate cu Fig. 5. Transportul cu fibra optica a fasciculului permite o recuperare pentru treceri multiple, urmarind scalarea productiei. In Fig. 4 este prezentata o sectiune perpendiculara pe axa camerei de reactie cu doua sisteme de radiatie laser cu pozitionarea reciproca a traseului optic a fasciculelor. Poz. 1, 2, 7, 8 reprezinta sursa de fascicul cu mediu activ gazos cu CO₂, cu $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$, sistemul de transport / procesarea optica a fasciculului si interfata optica si mecanica, impreuna cu beam-stopperul cu interfata sa. Pozitia 4 este sursa de laser micrometric cu fibra de sticla pasiva de transport poz. 5. Poz. 6 este sistemul de procesare optica a fasciculului si cu interfata cu camera. Procesarea fasciculului permite realizarea de configuratii diferite pentru geometria fasciculului, pentru omogenizarea campului de sinteza, vezi Fig. 5. Sunt reprezentate fazele de stare de agregare a precursorilor gazosi – PG, si a particulelor solide – SP. Fasciculul cu CO₂ – d/CO₂ este pozitionat fata de axa optica a fasciculului de procesare – a/a, D/ μ , H/h, prin excentricitatea 'e'. Zona reprezinta spatiul intre injector si colector. In legatura cu Fig. 5 in Fig. 6 intr-o diagrama grafica / sintetica comparativa privind sintezele de SiC, sunt prezentate zonade sintezacu parametri de stare precum si rezultatele comparative a pulberilor si a flacarilor caracteristice. O analiza parametrata printr-un grafic sintetic evidentiaza influenta factorilor determinanti a sintezelor. Stabilizarea si reproductibilitatea sintezelor se asigura prin preincalzirea precursorilor chiar la temperatura de ordinul mediului ambient, daca nu sunt indicatiile tehnologice. In Fig. 8 sunt comparate sinteze cu / fara preincalzirea precursorilor cu si fara prelucrarea imagistica a imaginii flacarii de sinteza. Analiza imagistica evidentiaza diferentele intre cele doua moduri de sinteza ca pe de alta parte este si o dovada a importantei acestei procesari privind reproductibilitatea sintezelor.

PREZENTAREA AVANTAJELOR INVENTIEI IN RAPORT CU STADIUL TEHNICII

Prezenta inventie in raport cu stadiul tehnicii rezolva problemele tehnice privind sinteza de nano SiC prin piroliza laser cu ardere in volum si inventia prezinta urmatoarele avantaje:

- i. - sinteza de nano SiC prin piroliza laser cu aprindere in volum, este o metoda nestudiata/nementionata in literatura de specialitate sau in brevete, nementionata in cercetari in domeniu, originala, creativa si inventiva, care rezolva productia industrială de NP/NS de SiC,
- ii. - reduce puterea fasciculului laser necesar pentru sinteza de la ordinul de 5 kW la ordinul W,
- iii. permite, in premiera mondiala, utilizarea surselor de fascicol cu mediu activ solid / micrometrice in piroliza cu laser de NP/NS de SiC,

iv. - metoda de ardere mixta, care este o combinatie intre aprinderea liniara cu un fascicul cu CO₂ de putere minima de 100 W si arderea in volum cu un fascicul micrometric, generat de sisteme laser cu mediu activ solid, care din punct de vedere a puterii specifice raportata la masa si costuri sunt excelente,

v. laserii cu mediu activ solid / micrometrice prezinta avantaje cum ar fi: nu sunt piese sau oglinzi in miscare in sursa de fascicul, costuri de intretinere si operare reduse, randament electric mult mai mare, costuri de functionare mai mici; un laser cu mediu solid – fibra, disc, dioda, - de 3 kW o treime din puterea consumata de unul de CO₂ de 4 kW; cuplaj energetic cu particulele solide mai bun; cu 50% mai mare intervale intre revizii; costuri de service cu 50% mai mici; nu folosesc consumabile; etc.

vi. sinteza de NP/NS de SiC cu caracteristici dimensionale si structurale predictibile, avand in vedere marele numar de structuri, aproape 300, pentru SiC,

vii. productivitate industriala/cantitativa prin piroliza cu laser de nano SiC,

viii. randament de sinteza ridicat,

ix. utilizarea unui laser de puteri reduse, care asigura conditii eficiente investitionale,

x. conditii economico financiare favorabile,

xi. sistem optic de modelare a sectiunii fasciculului laser: liniar, dreptunghi, circular, punctual, etc.

xii. ofera o metoda de sinteza prin piroliza cu laser de NP/NS, cu proprietati imbunatatite in cantitati industriale/comerciale, convenabile economic,

xiii. asigura un inalt grad de coerenta si/sau repetabilitatea sintezei/procesului si produsului prin procesele elaborate,

xiv. asigura un potential de scalare industriala pentru sinteza de cantitati comerciale, in conditii de eficienta economica/financiara,

xv. permite elaborarea unei formule de optimizare intre debite, sectiunile injectorului si interactiunea fasciculului laser cu materia,

xvi. metoda asigura continuitatea procesului prin elaborare unui sistem de alimentare non - stop atat cu precursori cat si recuperarea continua a produsului sintezei

xvii. metoda asigura un control a dimensionalitatii in limite foarte largi de ordinul nm si pana la peste 200 nm acoperand domeniile utile,

xviii. controlul dimensionalitatii, este asigurata, prin parametri cum ar fi presiunea, timpul de rezidenta, temperatura, racirea produselor, caracteristicile temporale, spatiale si energetice al fasciculului,

xix. dezvolta produse in domeniul nanomaterialelor care raspund cerintelor noilor aplicatii, tine cont de interdependenta materiale – aplicatii,

PREZENTAREA FIGURILOR DIN DESENE

Fig. 1 Schita principiala a aprinderii / arderii / descompunerii in volum a precursorilor pentru sinteza de NP/NS de SiC. Este schitata zona de intersectie a fasciculului cu precursorii in doua plane perpendiculare caracteristice. Frontul de flacara se propaga doar inafara zonelor determinate de fasciculul laser. Fasciculul cu axa optica LBOA, cu diametrul d interactioneaza cu precursorii in zona dintre injector si colector

Fig. 2 Diagrama grafica comparativa privind doua moduri de sinteza cu aprindere /ardere in volum. Este vizualizata prin analiza imagistica timpul de rezidenta si de racire. Se arata modul de control a sintezei prin marimea densitatii de putere si efectul produs.

Fig. 3 Modalitate de configurare a camerei de reactie cu doua sisteme de radiatie laser, intr-un plan axial. Cele doua sisteme de laser au o excentricitate e , determinat de elemente constructive specifice.

Fig. 4 Camera de reactie poz. 9, cu doua sisteme de radiatie laser cu pozitionarea reciproca a traseului optic a fasciculelor, determinat de unghiul β . Poz. 1, 2 este un laser cu CO₂ si interfata specifica optica si mecanica pentru aprinderea precursorilor gazosi. Poz. 4-6 este sursa laser cu mediu activ solid, fibra pasiva de transport si interfata de cuplare si procesare a fasciculului. Poz. 3, 10 permite monitorizarea vizuala a sintezei. Cele doua sisteme de masura sau de stingere a fasciculelor si interfata mecanica poz. 7, 8.

Fig. 5 Zona de sinteza si modelarea geometriei fasciculului. Schita principiala privind generarea de particule solide si procesarea ulterioara prin fasciculul cu mediu activ solid. Cele doua fascicule au axele excentrice cu o valoare e . Geometriile fasciculelor pot fi foarte diferite: d/CO_2 , a/a , D/μ , H/h , eliptic, etc.

Fig. 6 Digrama grafica / sintetice comparativa privind sintezele de SiC. Este analizata zona scalata dintre injector si colector. Este atasata si imaginea NP/NS rezultate cu imaginea flacarii sintezelor analizate.

Fig. 7 Grafic sintetic de analiza parametrala. Acest grafic face o interfata intre parametri cum ar fi puterea fasciculului laser, densitatea de putere /modul de prelucrare si transport a fasciculului, viteza precursorilor, geometria si constructia injectorului, si dimensionalitatea pulberii obtinute. Coroborat cu Fig. 5 pot fi realizate sinteze, cu aceasta metoda, de realizare de NP/NS predictibile.

Fig. 8 Sinteza de pulberi cu / fara preincalzire. Imagini cu / fara prelucrare prin programe specializate. reprezinta procesul de control imagistic in timp cuasi real scalat.

Fig. 9 Analiza imagistica privind influenta preincalzirii precursorilor. Campul grafic este impartit in zone A-F/1-6. Scalarea permite analiza cantitativa si calitativa.

PREZENTAREA IN DETALIU A UNUI MOD DE REALIZARE CU REFERIRE LA DESENE

Pentru realizarea unei instalatii care sa utilizeze aceasta metoda inventiva sunt anexate materiale grafice detaliate. Instalatia este modulara si se poate adapta si pe unele existente pe baza unui proiect tehnic particularizat. In Fig. 3, 4 sunt prezentate detalii constructive ca

baza/tema unui proiect de executie pentru camera de reactie. In Fig. 5 sunt aratate detalii privind sistemele optice si de laseri. Descrierea si prezentarea figurilor din desene contin date tehnice indispensabile realizarii unei procesari pe baza acestei metode inventive, mai ales cu privire la sistemul de aplicare a laserului cu mediu activ solid. Capacitatea de iradiere a sistemului de generare, de transport si de prelucrare optica a fasciculului laser, necesita valorificarea unor cunostinte in domeniul gazodinamic, termodinamic, inginerie / tehnologie. Pentru realizarea sistemului de alimentare cu precursori este necesar o cooperare / realizare din partea unor firme cu experienta. Sunt prezentate date concrete experimentale privind aprinderea in volum. Instalatia necesita sa fie modulara intrucat se utilizeaza multe subansamble comerciale.

MODUL IN CARE SE POATE APLICA INDUSTRIAL

Avand in vedere stadiul tehnicii, aplicatia industrială este tinta urmarita intrucat aceasta metoda ofera avantaje privind calitatea NP/NS produse. Metoda corespunde conditiilor unei utilizari industriale. Sinteza de NP/NS de SiC sunt numai o parte a unui sistem industrial care include multe alte compartimente implicate in aplicarea industrială a metodei atat in amonte cat si in aval de sinteza. Se poate enumera sistemele de alimentare cu precursori in principal gazele active SiH₄/C₂H₂, gazele neutre tehnologice cum ar fi Ar, He, N₂, etc.; sistemul de aer comprimat, sistemele de preincalzire a precursorilor; sistemele de recuperare a pulberii nanostructurate; sistemele de securitate de manipulare a NP/NS, ambalarea si stocarea in cantitati suficiente, etc. Dezvoltarea domeniilor de aplicatii care sa permita cresterea interesului fata de NP/NS de SiC. Aplicatia industrială trebuie sa tina cont de reglementarile nationale si in lipsa acestora de reglementarile internationale privind producerea si manipularea materialelor nanoscalate, toxice si periculoase. Aplicarea industrială se face urmarind capitolul 'prezentarea in detaliu a unui mod de realizare cu referire la desene', in care sunt indicatiile cu privire la implementarea industrială. Avand in vedere cresterea nivelului de cunostinte si a materialelor realizate in domeniul; laserilor, in special a celor cu mediu activ solid; a opticii, a elementelor de transport si procesare a fasciculului; a modului de interactiune fascicul laser-materia; se asteapta la implementarea acestei metode inventive de sinteza de NP/NS de SiC.

REVENNICARILE

Este revendicata metoda de sinteza de NP/NS de SiC prin piroliza cu laser cu CO₂, cu aprindere in volum din SiH₄/C₂H₂ si combinata cu aprindere liniara cu laser cu CO₂ si cu aprindere / ardere in volum cu laser cu mdiul activ solid micrometric, **caracterizata prin aceea ca**, sinteza de nano SiC prin piroliza laser se realizeaza cu aprindere in volum, cu fasciculul focalizat la o geometrie convenabila si la o densitate de putere necesara sintezei; in varianta combinata se realizeaza o aprindere liniara in prima faza cu un laser de mica putere cu CO₂, dupa care sinteza se realizeaza cu un laser cu mediu solid micrometric cu fibra activa, disc, dioda, disc-fibra; are randament / productivitate specifica de sinteza ridicat; utilizeaza un laser cu CO₂ de puteri convenabile scalarii industriale; sistemul optic de modelare a sectiunii fasciculului laser asigura realizarea de sectiuni liniare, dreptunghiulare, circulare, punctuale, etc.; transportul fasciculului si procesarea este flexibila; trecere multipla a fasciculului laser cu mediu solid prin zona de rectie sau prin alta treapta a camerei de reactie..

DESENELE XPLICATIVE

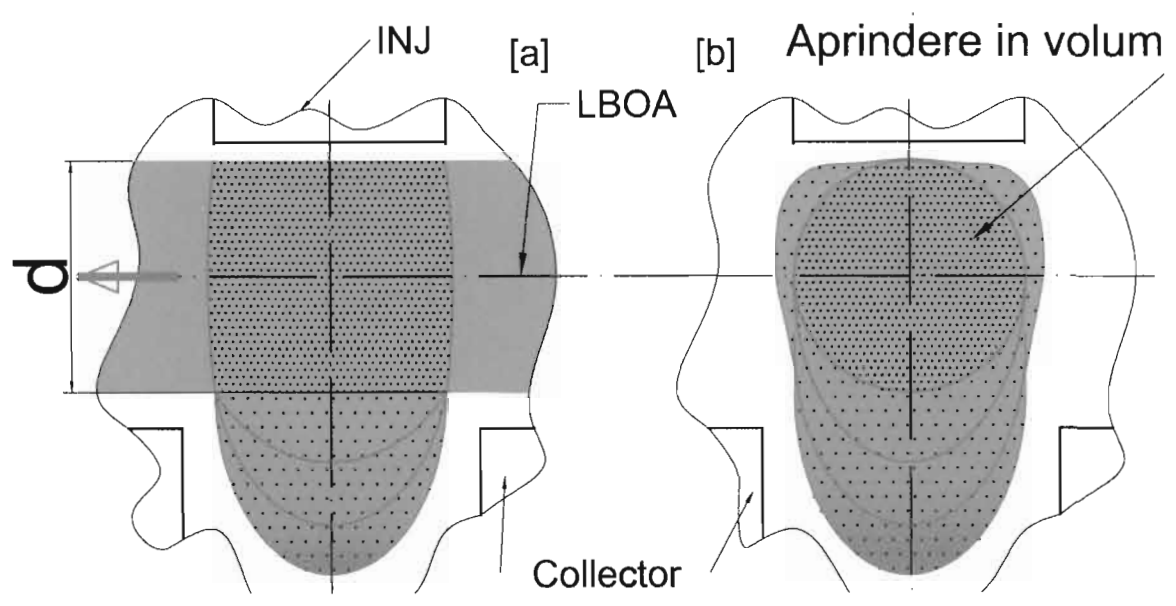


FIG. 1 Schita principiala a aprinderii / arderii / descompunerii in volum a precursorilor pentru sinteza de NP/NS de SiC

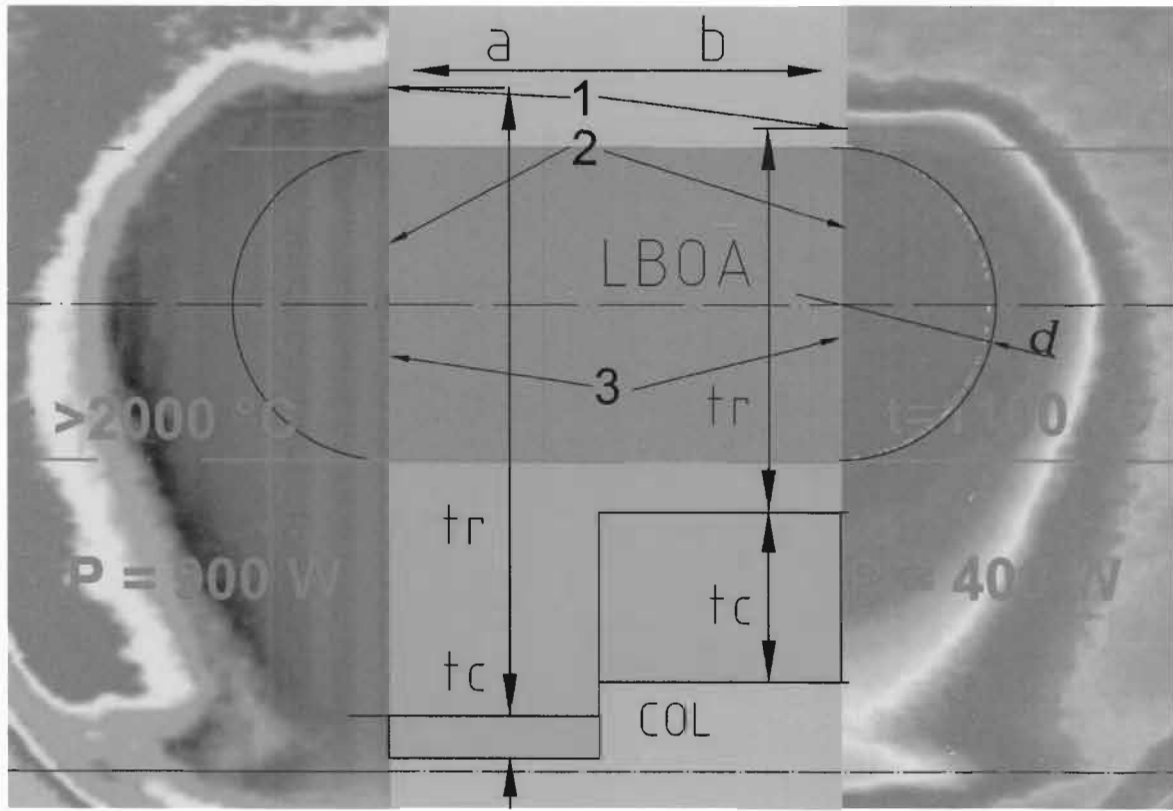


FIG. 2 Diagrama grafica comparativa privind doua moduri de sinteza cu aprindere in volum

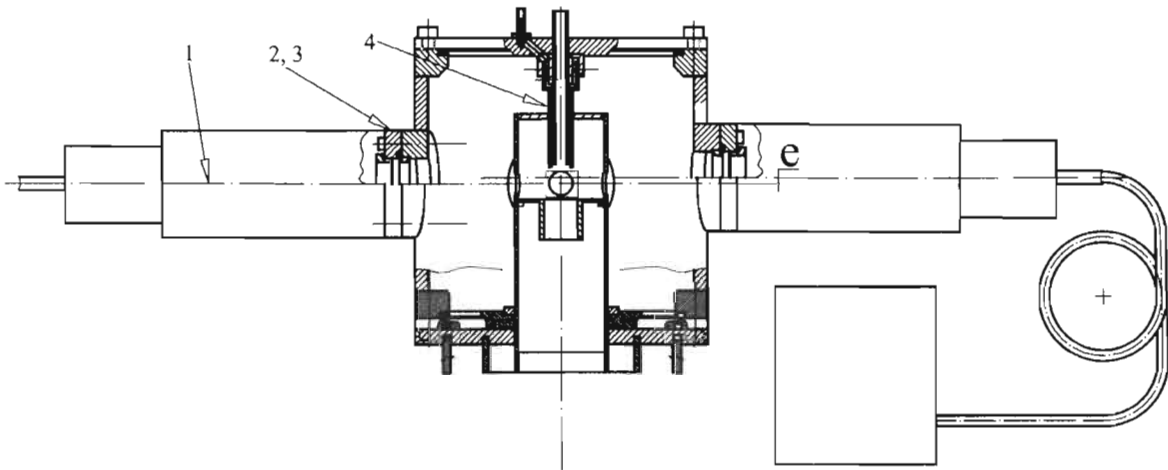


FIG. 3 Camera de reactie cu doua sisteme de radiatie laser.

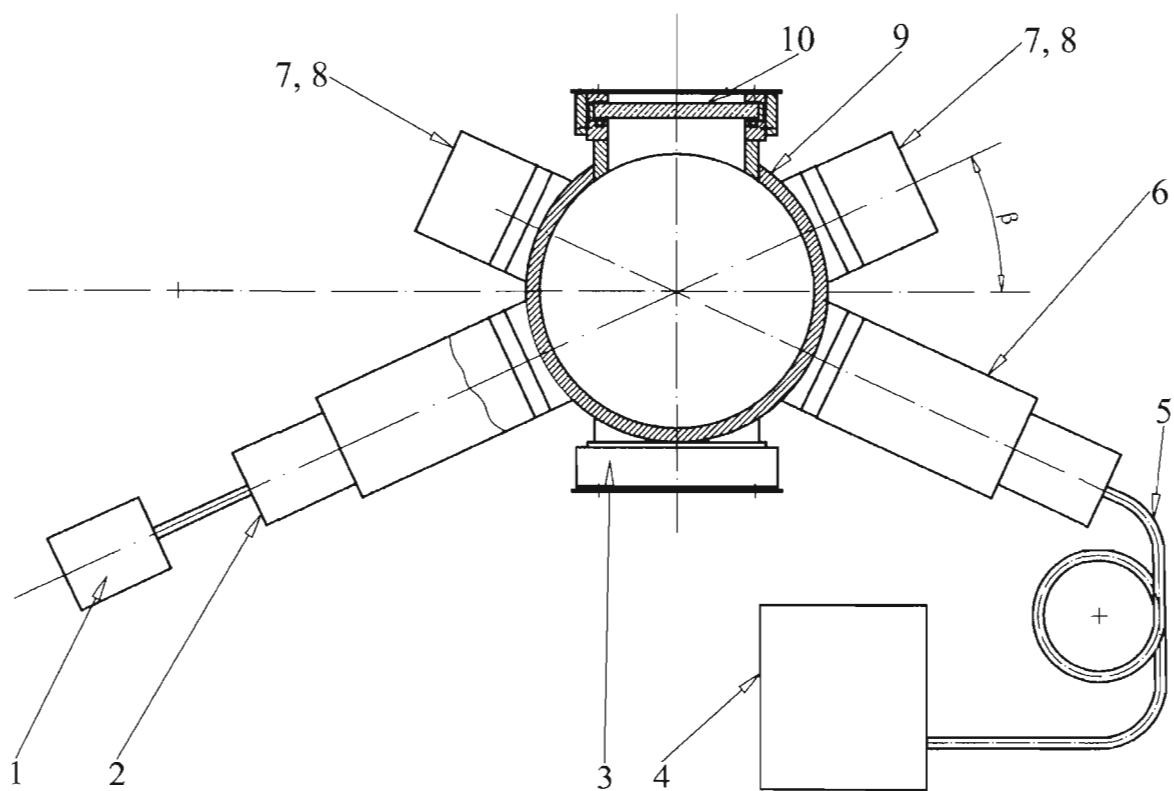


FIG. 4 Camera de reactie cu doua sisteme de radiatie laser cu pozitionarea reciproca a traseului optic a fasciculelor.

45

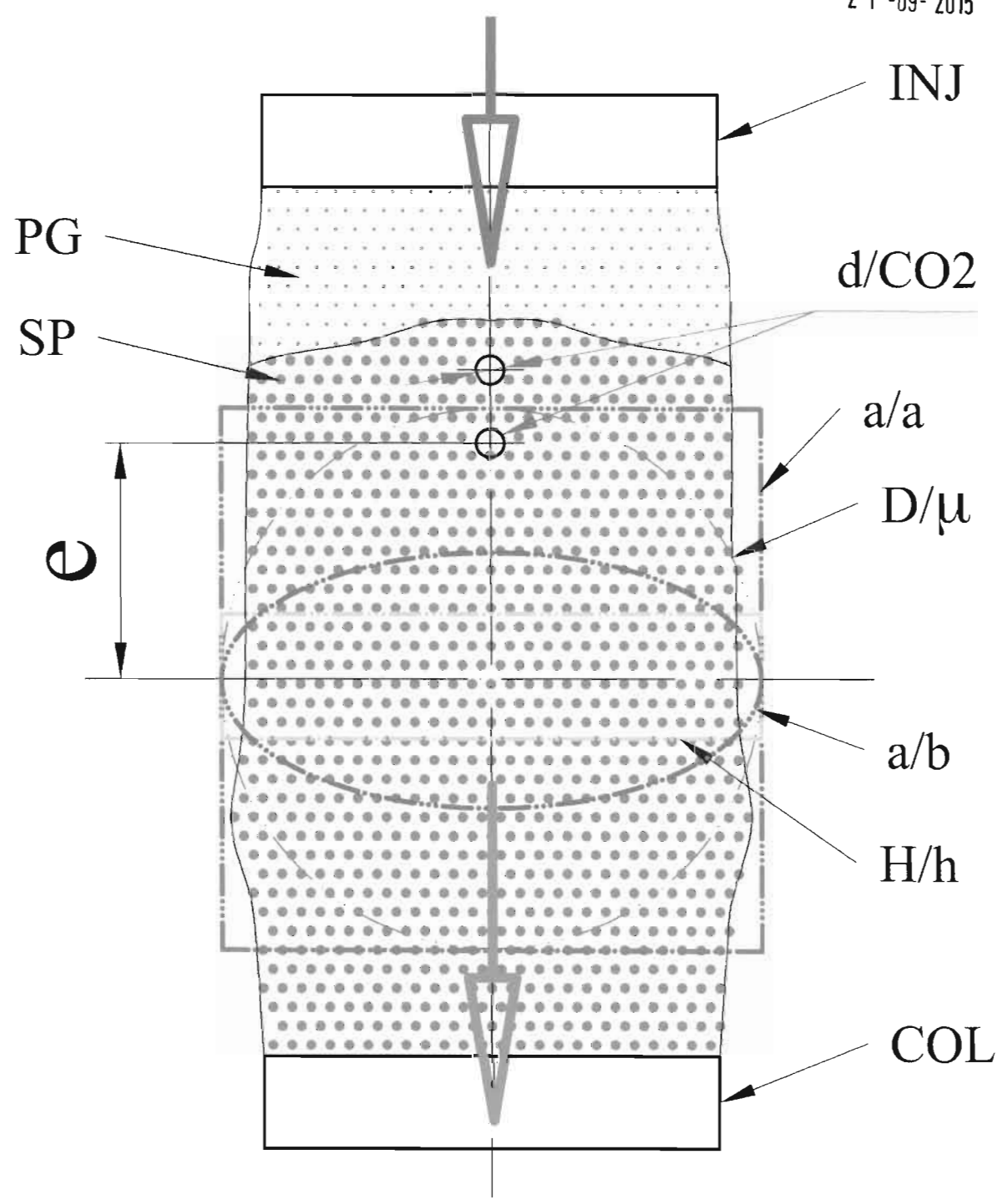


FIG. 5 Zona de sinteza si modelarea geometriei fasciculului.

21-09-2015

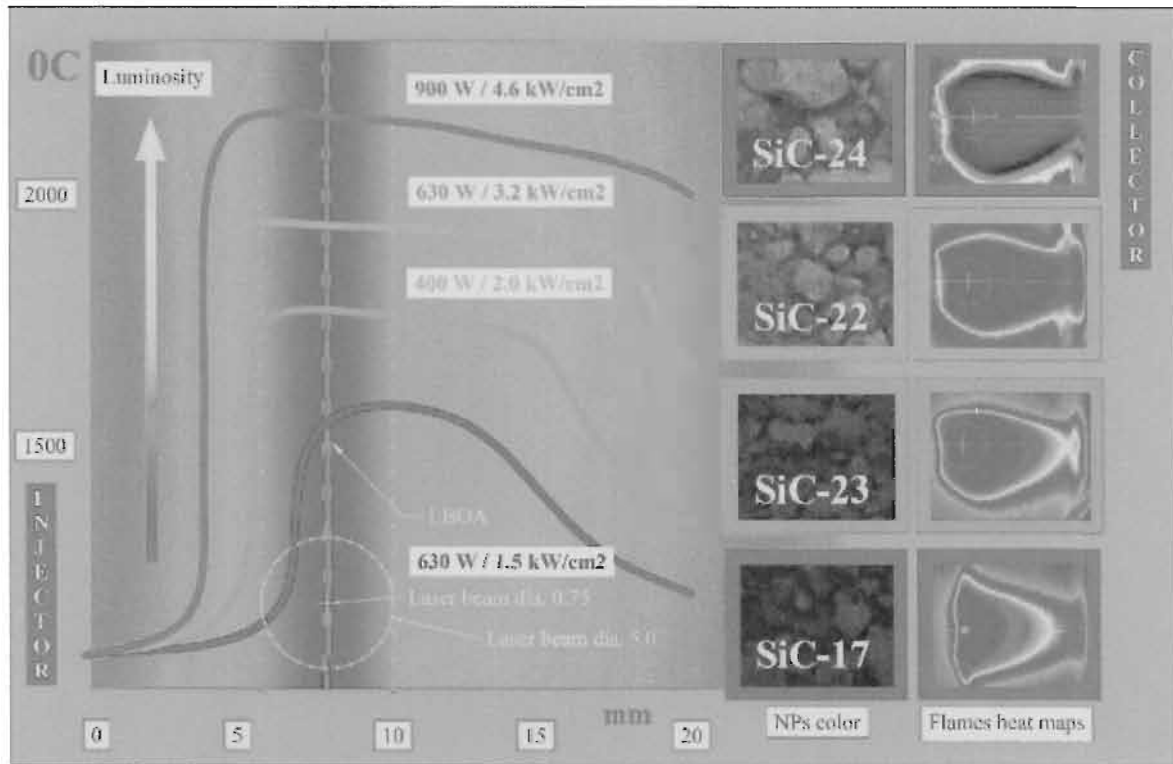


FIG. 6 Digrama grafica / sintetica comparativa privind sintezele de SiC.

43

a-2015--00682-

21-09-2015



FIG. 7 Grafic sintetic de analiza parametrata

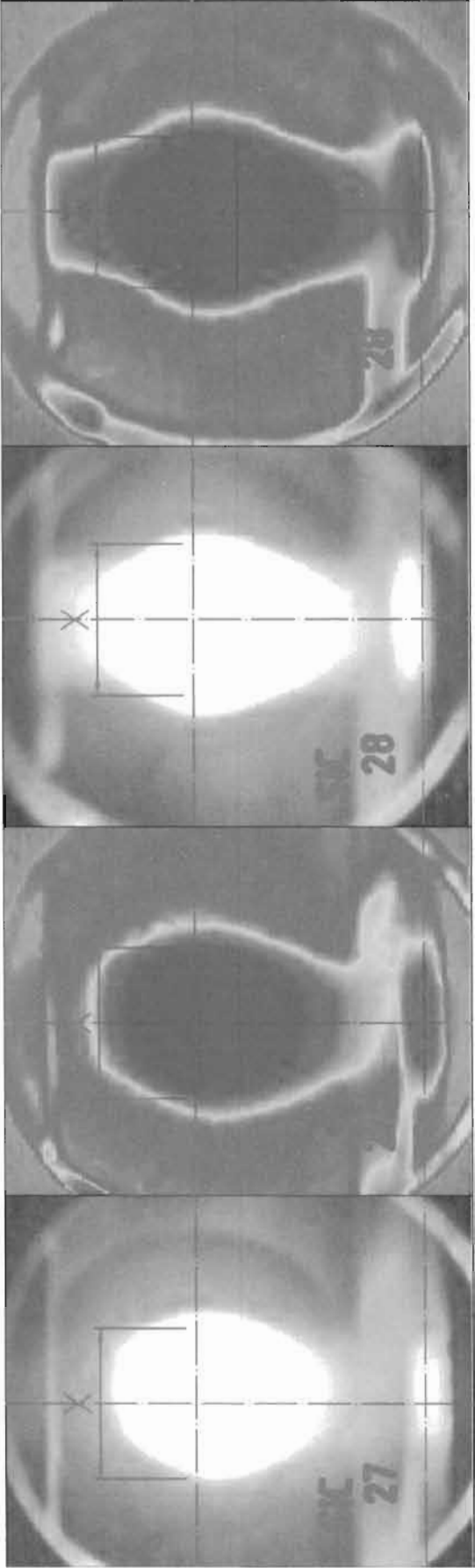


Fig.8 Sinteza de pulberi cu / fara preincalzire. Imagini cu / fara prelucrare prin programe specializate.

Fig.8 Sinteza de pulberi cu / fara preincalzire. Imagini cu / fara prelucrare prin programe specializate.

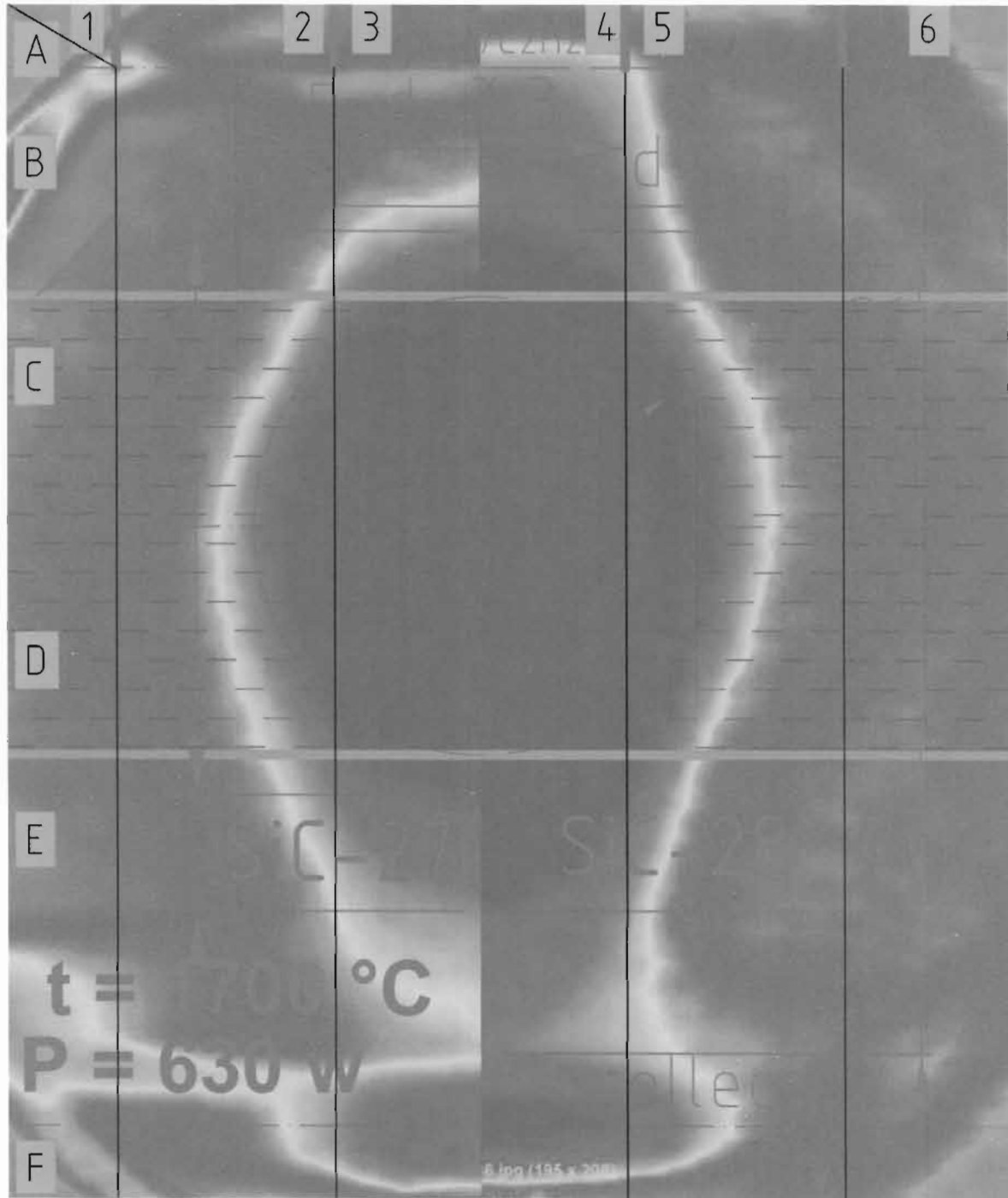


Fig.9 Analiza imagistica privind influenta preincalzirii precursorilor.