

UTILIZAREA LASERULUI IN SPATIUL COSMIC

**BUNESCU Ionuț¹, DINA Adrian¹,
GALL Mihnea¹**

Conducător științific:
Conf.dr.ing. **Vasile MOGA**
S.l.dr.ing. **Marius DUMITRAȘ**

REZUMAT: Laserul, dispozitiv optic care generează un fascicul coerent de lumină, este întâlnit frecvent în numeroase aplicații obișnuite precum cititoare de coduri de bare, CD player-uri, CD-ROM-uri, scannere, imprimante, dispozitive pentru intervenții medicale, dispozitive pentru construcții, topografie și holografie. Totuși, laserele sunt folosite de o scurtă perioadă de timp și într-o multitudine de aplicații în spațiu precum sudarea, debitarea, evitarea coliziunilor cu alte corpuri cerești comunicatiile, analiza elementală, curățarea suprafețelor, cercetarea mediului înconjurător. Acest fapt demonstrează că laserul este un dispozitiv cu adevărat unic și poate conduce la obținerea unor rezultate fără precedent.

CUVINTE CHEIE: laser, spațiu cosmic, aplicație

1. INTRODUCERE

În lucrarea de față se vor regăsi următoarele aspecte: noțiuni generale despre laser, modul său de funcționare, aplicațiile sale generale și posibile aplicații în spațiul cosmic. Obiectivele acestei lucrări sunt de a deschide perspectiva utilizării laserului în afara spațiului pământesc. Aceste obiective au fost atinse prin cercetarea unor surse de specialitate și analiza acestor aplicații.

2. LASERUL

2.1. Definiție și proprietăți

Termenul "laser" provine de la abrevierea cuvintelor: light amplification by stimulated emission of radiation (amplificare a luminii prin stimularea emisie radiativei).

Laserul este un dispozitiv optic care generează un fascicul coerent de lumină. Fasciculele laser au mai multe proprietăți care le diferențiază de lumina incoerentă produsă de

exemplu de Soare sau de becul cu incandescență : monocromaticitate, direccionalitate și intensitate.

- Monocromaticitatea - majoritatea laserelor au un spectru de emisie foarte îngust, ca urmare a modului lor de funcționare, în care numărul mic de fotoni inițiali este multiplicat prin „copiere” exactă, producând un număr mare de fotoni identici. În anumite cazuri spectrul este atât de îngust (lungimea de undă este atât de bine determinată) încât fasciculul își păstrează relația de fază pe distanțe imense.
- Direccionalitatea - în timp ce lumina unei surse obișnuite (bec cu incandescență, tub fluorescent, lumina de la Soare) cu greu poate fi transformată într-un fascicul paralel cu ajutorul unor sisteme optice de colimare, lumina laser este în general emisă de la bun început sub forma unui fascicul paralel. Aceasta se explică prin acțiunea cavității optice rezonante de a selecta fotonii care se propagă paralel cu axa cavității. Astfel, în timp ce un reflector obișnuit de lumină, orientat de pe Pământ spre Lună, luminează pe suprafața Lunii o suprafață de aproximativ 27.000 km în diametru, fasciculul unui laser nepretențios cu heliu-neon luminează pe Lună o suprafață cu diametrul mai mic de 2 km.

¹Specializarea Construcții Aerospațiale, Facultatea de Inginerie Aerospațială;

E-mail: ionutbunescu95@yahoo.com

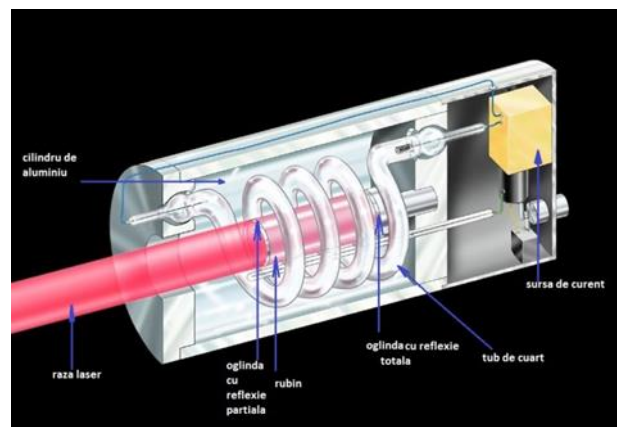
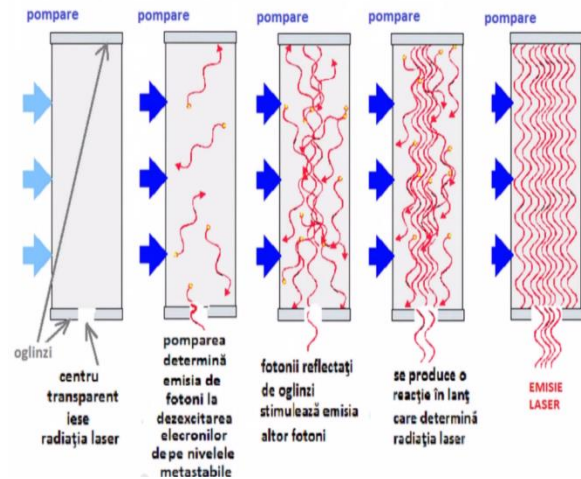
- Intensitatea - în funcție de tipul de laser și de aplicația pentru care a fost construit, puterea transportată de fascicul poate fi foarte diferită. Astfel, dacă diodele laser folosite pentru citirea discurilor compacte este de ordinul a numai 5 mW, laserele cu CO₂ folosite în aplicații industriale de tăiere a metalelor pot avea în mod curent între 100 W și 6000 W.

2.2. Principiul funcționării laserului

Laserul este un dispozitiv complex ce utilizează un mediu activ laser, ce poate fi solid, lichid sau gazos și o cavitate optică rezonantă. Mediul activ, cu o compoziție și parametri determinați, primește energie din exterior prin ceea ce se numește pompare. Pomparea se poate realiza electric sau optic, folosind o sursă de lumină (flash, alt laser etc.) și duce la excitarea atomilor din mediul activ, adică aducerea unora din electronii din atomii mediului pe niveluri de energie superioare. Față de un mediu aflat în echilibru termic, acest mediu pompat ajunge să aibă mai mulți electroni pe stările de energie superioare, fenomen numit inversie de populație. Un fascicul de lumină care trece prin acest mediu activat va fi amplificat prin dezexcitarea stimulată a atomilor, proces în care un foton care interacționează cu un atom excitat determină emisia unui nou foton, de aceeași direcție, lungime de undă, fază și stare de polarizare. Astfel este posibil ca pornind de la un singur foton, generat prin emisie spontană, să se obțină un fascicul cu un număr imens de fotoni, toți având aceleași caracteristici cu fotonul inițial. Acest fapt determină caracteristica de coerență a fasciculelor laser.

Rolul cavității optice rezonante, formată de obicei din două oglinzi concave aflate la capetele mediului activ, este acela de a selecta fotonii generați pe o anumită direcție (axa optică a cavității) și de a-i recircula numai pe aceștia de cât mai multe ori prin mediul activ. Trecerea fotonilor prin mediul activ are ca efect dezexcitarea atomilor și deci micșorarea factorului de amplificare optică a mediului. Se ajunge astfel la un echilibru activ, în care numărul atomilor excitați prin pompare este egal cu numărul atomilor dezexcitați prin emisie

stimulată, punct în care laserul ajunge la o intensitate constantă. Având în vedere că în mediul activ și în cavitatea optică există pierderi prin absorbție, reflexie parțială, împrăștiere, difracție, există un nivel minim, de prag, al energiei care trebuie furnizată mediului activ pentru a se obține efectul laser. În funcție de tipul mediului activ și de modul în care se realizează pomparea acestuia laserul poate funcționa în undă



continuă sau în impulsuri.

3. Aplicații ale laserului

Laserele sunt intalnite frecvent in numeroase aplicatii obisnuite precum cititoare de coduri de bare, CD player-uri, CD-ROM-uri, scannere, imprimante, dispozitive pentru interventii medicale, dispozitive pentru constructii, topografie si holografie.

Totusi, laserele au multe alte aplicatii. De exemplu, laserele permit comunicarea si transferul de informatii, monitorizarea mediului inconjurator, asigurarea protectiei impotriva atacurilor militare si cercetarea amanuntita a universului.

Laserele sunt folosite de o scurta perioada de timp si intr-o multitudine de aplicatii in spatiu, aplicatii care vor fi detaliate in lucrarea de fata.

3.1. Sudarea

Sudarea cu laser este un procedeu de imbinare nedemontabila a cel putin doua materiale, de regula materiale metalice sau termoplastice, utilizand caldura, cu ajutorul unui fascicul de fotoni. Dintre toate procedeele de sudare, acesta este cel mai avantajos deoarece:

- pot fi sudate materiale refractare specifice constructiilor spatiale
- este un procedeu ce poate fi robotizat si controlat de la distanta, deci nu necesita prezenta unei persoane in spatiu doar pentru a suda
- odata ajuns in spatiu, laserul isi poate procura usor energia pentru sudare, prin prezenta unor placi fotovoltaice si a unor acumulatori
- rugozitatea suprafetelor in urma sudarii este mult mai redusa decat in urma multor procedee de sudare



3.2. Debitarea

Debitarea cu laser este operatia tehnologica de separare completa sau partiala a unei parti dintr-un material cu ajutorul unui laser in scopul prelucrarii acestuia. In spatiu, aceasta operatie este folosita de regula pentru roci si materiale de studiu

Este preferat laserul pentru debitare deoarece:

- rocile din spatiu sunt foarte dure incat debitarea cu alte mijloace este practic imposibila
- procesul poate fi robotizat si controlat cu



usurinta

- poate fi alimentat cu energie solara prin intermediul unor placi fotovoltaice

3.3. Evitarea coliziunilor in spatiu

Evitarea coliziunilor in spatiu cu ajutorul laserului este una din cele mai eficiente metode de protectie a satelitilor sau a navetelor spatiale de corpurile cosmice. Aceasta evitarea coliziunilor se poate face fie prin distrugerea corpului cosmic, trimitand un fascicul laser pe o durata necesara distrugerii, fie prin modificarea traiectoriei corpului ceresc, trimitand fascicule laser repetate pentru a-i imprima un impuls corpului si astfel sa evite naveta.



Acest procedeu de protectie prezinta urmatoarele avantaje:

- este usor de alimentat cu energie
- asigura distrugerea sau cel puțin devierea oricarui corp ceresc care ar putea reprezenta un pericol

3.4. Comunicatiile

Utilizarea laserelor in spatiu ca mijloc de transmitere a informatiilor (conversatii telefonice, canale de televiziune, date) constituie un proiect de mare interes . Avand in vedere ca traим intr-o era in care nevoia de informatie este din ce in ce mai mare, utilizarea in spatiu a laserelor ca mijloc de comunicare va deveni de o deosebita importanta.

Folosirea pe scara larga a Internetului va conduce la o suprasaturatie in ceea ce priveste traficul de date pe cablurile din fibra optica existente in zilele noastre. Acest fapt va fi determinat de necesitatea utilizatorilor de a transmite un volum mare de informatie intre calculatoare.



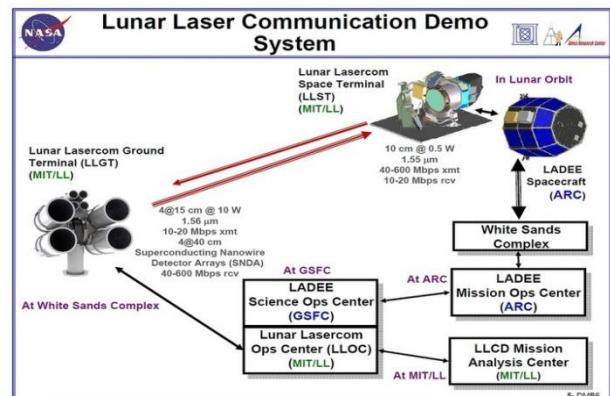
O solutie pentru a rezolva aceasta problema iminenta este plasarea laserelor pe satelittii aflati in spatiu. In acest fel, informatiile

vor putea fi colectate din mai multe locatii de pe pamant care sunt relativ apropiate geografic si transmise unui satelit prin intermediul unui laser. Astfel, satelitul va putea colecta informatiile, fiind de asemenea capabil de a le retransmite altui satelit.

Folosirea laserelor in spatiu ca mijloc de comunicare isi dovedeste eficienta intrucat semnalele luminoase nu sunt influentate atat de mult ca in cazul parcurgerii cablurilor din fibra optica. In plus, in locul folosirii unei singure culori de transmitere a informatiei, un satelit ar putea fi echipat cu mai multe lasere, fiecare transmitand informatii prin utilizarea unei culori distincte.

Comunicatiile conventionale pe frecvente radio folosite in spatiu in prezent sunt insuficiente pentru transmiterea cantitatilor mari de informatie generate de numerosi senzori, telescoape si alte dispozitive sofisticate de comanda si control. Prin implementarea sistemelor cu laser informatia va putea fi transmisa de 10 pana la 100 de ori mai rapid. De exemplu, satelitul de orbitare a Lunii (LRO-Lunar Reconnaissance Orbiter) are o limita de 100Mbs, fiind necesare cateva minute pentru a transmite o singura imagine de mare rezolutie pe Pamant, ceea ce sporeste eforturile cercetatorilor. Implementand un sistem de comunicatii cu laser o imagine similara va putea fi transmisa in doar cateva secunde.

Proiectul sustinut de NASA cu privire la comunicatiile laser, numit LCRD (Laser Communications Relay Demonstration) prevede un satelit echipat cu un terminal capabil sa capteze laserul si un sistem de statii pe Pamant care sa poata mentine legatura permanent cu satelitul, indiferent de gradul de acoperire al



cerului, gaze si alte particule care se afla in apropierea razei de lumina emisa de laser.

Principalele avantaje in folosirea laserului in acest scop sunt:

- transmiterea de date este mult mai rapida decat oricare alta cale
- nu necesita spatiu de depozitare exagerat
- comunicarea se poate efectua pe distante foarte mari
- calitatea transmisiunii este foarte buna
- nu necesita costuri ridicate de operare

3.5. Analiza elementala

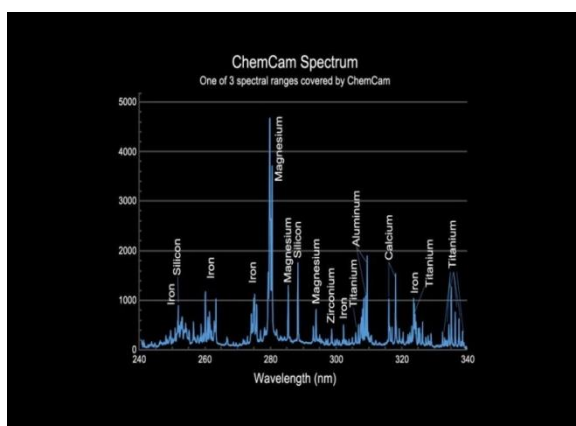
Echiparea robotilor, trimisi in misiuni de recunoastere in spatiu, cu lasere face posibila realizarea unei analize elementale. Laserul incalzeste o gaura in roca cu diametrul cuprins intre 2 si 4 mm de la o distanta de 9 m pana cand atomii vaporizeaza, formand o plasma.



Bratul telescopic din dotarea robotului, detecteaza lumina si o directioneaza prin intermediul unei fibre optice spre trei spectrografe. Spectrografele separa spectrul primit si inregistreaza lungimile de unda cuprinse in domeniul ultraviolet-infrarosu, permitandu-le cercetatorilor sa identifice compozitia elementala precisa.

Se foloseste laserul pentru acest proces deoarece:

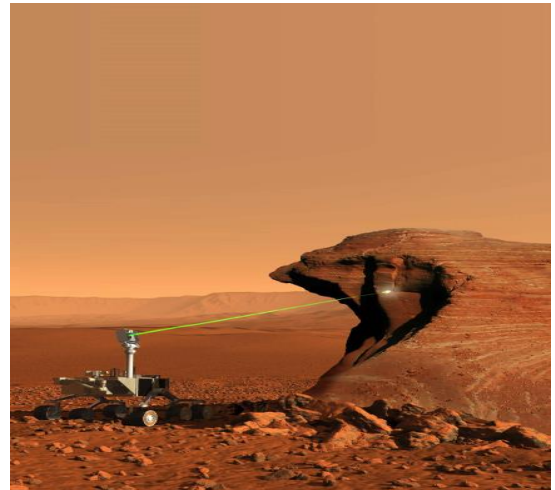
- este usor echipabil intr-un robot
- se poate controla usor de la distanta



- nu prezinta costuri mari de operare
- calitatea analizei este foarte buna

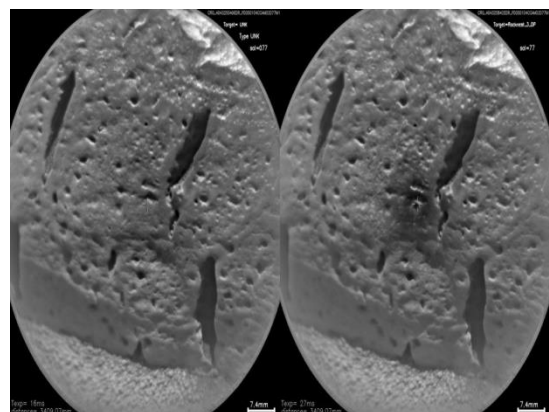
3.6. Curatarea suprafetelor

Echiparea robotilor cu lasere face posibila curatarea de praf sau de alte particule nedorite a rocilor care urmeaza a fi analizate. Dupa indepartarea acestor particule, sunt realizate fotografiile de rezolutie inalta care vor fi ulterior analizate de cercetatori.



Principalele avantaje ale acestui procedeu de curatare sunt:

- calitatea zonei curatate este foarte buna
- curatarea se face rapid, durand cateva secunde
- prezinta costuri de operare scazute
- procesul poate fi robotizat si controlat de la distanta



3.7. Cercetarea mediului inconjurator

Aceasta aplicatie presupune existenta unui laser pe un satelit ce orbiteaza planeta

Pământ sau alte corpuri cerești de interes, precum Luna sau Marte. Cu ajutorul laserului, o serie de impulsuri optice scurte este transmisă către suprafața corpului ceresc, urmând ca impulsurile reflectate să fie detectate de satelitul ce conține laserul. Întrucât viteza luminii este precis determinată, timpul necesar impulsurilor luminoase pentru a parasi laserul, a atinge suprafața și a se întoarce la sursa care le-a emis poate fi determinat, precum și distanța de la satelit la suprafața corpului ceresc.

Trimitând în mod repetat secvențe de impulsuri de la satelit la suprafața Pământului se poate obține o hartă topologică tridimensională. Avantajul folosirii laserului pentru acest tip de cartare geografică constă în posibilitatea atingerii unei precizii de câțiva milimetri. În plus, există mai multe tipuri de lasere care emit lumină de diferite culori, aceasta reflectându-se în moduri distincte în funcție de suprafață. Astfel, prin folosirea mai multor tipuri de lasere s-ar putea realiza pe lângă cartarea terenului și determinarea compoziției norilor, identificarea apei, mineralelor și a altor resurse naturale aflate dedesubtul suprafeței de examinat.

Avantajele utilizării laserului în cadrul acestei aplicații sunt:

- atingerea unei precizii de ordinul milimetrelor
- posibilitatea cartografierii unor teritorii vaste
- determinarea compoziției norilor, identificarea apei, mineralelor și a altor resurse naturale aflate dedesubtul suprafeței de examinat

3.8. Identificarea undelor gravitationale

Cercetătorii utilizează lasere plasate pe suprafața terestră și interferometria optică pentru a identifica undele gravitationale. Interferometria optică este un procedeu care presupune descompunerea unui fascicul laser în două fascicule utilizând o oglindă parțial argintată. Fiecare fascicul se propagă într-o direcție diferită, fiind apoi reflectat înapoi către suprafața oglinzii argintate. Cele două fascicule se recompun, iar fasciculul nou obținut poate oferi informații cu

privire la diferențele dintre cele două medii prin care fiecare fascicul s-a propagat.

Această metodă este folosită pe Pământ pentru a identifica prezenta undelor gravitationale care ar fi putut rezulta în urma exploziei stelelor sau ciocnirii galaxiilor. În prezent, limitarea în ceea ce privește această abordare cu lasere plasate la sol o constituie precizia care se dovedește a fi insuficientă pentru identificarea riguroasă a undelor gravitationale. Trebuie menționat faptul că lungimea brațelor interferometrului la detectoarele de unde gravitationale plasate pe suprafața terestră este de ordinul unui kilometru. Prin plasarea laserului și a interferometrului în spațiu, precizia ar putea crește datorită posibilității de mărire a brațelor interferometrului la mii de kilometri, precum și datorită dispariției altor perturbări cauzate de forțe ce acționează pe Pământ.

Identificarea riguroasă a undelor gravitationale ar reprezenta o descoperire foarte importantă întrucât ar servi la verificarea teoriei relativității a lui Albert Einstein.

4. CONCLUZII

Descrierea posibilităților aplicațiilor ale utilizării laserelor în spațiu arată că aceste dispozitive sunt cu adevărat unice și pot conduce la obținerea unor rezultate fără precedent. Oamenii de știință și inginerii de pe întregul mapamond întreprind acțiuni de cercetare cu privire la aplicațiile laserelor descrise anterior, nu doar pentru a le testa fezabilitatea, ci și pentru a continua să dezvolte sistemele laser de ultimă oră pentru ca aceste aplicații să prospere.

Ce vor aduce cele mai noi aplicații ale laserelor în spațiu? Cum vor schimba aceste aplicații viața oamenilor? Nimeni nu poate fi sigur încercând să răspundă acestor întrebări, însă ceea ce cu certitudine putem afirma este că noile utilizări ce vor fi descoperite vor avea ca limită numai imaginația umană.

5. BIBLIOGRAFIE

- <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=52252>
- <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=51678>

- <http://www.msl-chemcam.com/>
- <http://arxiv.org/pdf/1103.1690.pdf>
- <http://esc.gsfc.nasa.gov/267/LCRD.html>
- <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-3408800374.html>