

Er:YAG laser s preklopom kvalitete z vrtečim se zrcalom

Aleš Bizjak¹ - Karolj Nemeš² - Janez Možina³

¹ I.H.S. d.o.o., Slovenija

² Fotona d.d., Slovenija

³ Univerza v Ljubljana, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Svetloba z valovno dolžino 2940 nm, ki jo oddaja Er:YAG laser, sovпада z vrhom absorpcijskega spektra vode in se zato zelo močno in selektivno absorbira v vseh snoveh, ki vsebujejo vodo. Poleg vode se dobro absorbira tudi v hidroksiapatitu, ki sestavlja zobe in kosti. Običajni Er:YAG laserji delujejo v prostem režimu in dosežajo dolžine bliskov med nekaj deset mikro do nekaj milisekund. Nezaželeno lastnost tovrstnih razmeroma dolgih laserskih bliskov je, da znaten del svetlobne energije s termičnim prevajanjem preide v širšo okolico mesta interakcije in jo toplotno obremenijo. Za primere, kjer je zaželeno, da absorbirana energija ostane v neposredni bližini mesta interakcije, je možno znatno skrajšati laserske bliske in sicer tako, da se v sistem vključi preklopnik kvalitete.

Doslej razviti laserji Er-YAG s preklopom kvalitete dosežajo čas bliska od nekaj deset do nekaj sto nanosekund, a so razmeroma zapleteni, občutljivi in manj primerni za upravljanje. Zato smo se odločili za razvoj enostavnejšega, zanesljivega Er-YAG laserskega vira s preklopom kvalitete z vrtečim se zrcalom. Laser je sestavljen iz osrednjega dela z aktivno lasersko sredico in resonatorskega dela s preklopnikom kvalitete. Lasersko sredico predstavlja z erbijem obogaten YAG kristal (Er:Y3Al5O12) v obliki palice $\phi 4 \times 90$ mm. Sredico črpamo s ksenonovo bliskavico, katere spekter se prekriva s spektrom črpalnih frekvenc, ki so značilne za Er:YAG kristal. Na sliki 3 je predstavljen širok črpalni spekter ksenonske bliskavice, ki obsega valovne dolžine od 350 do 1600 nm. Zaradi relativno velike količine toplote, ki se sprošča kot posledica močnega črpanja, je potrebno sredico kontrolirano hladiti z deionizirano vodo. Frekvenco in trajanje črpalnega cikla je možno spreminjati z mikrokrmilnikom, ki skrbi tudi za usklajenost črpanja glede na kot zasuka zrcala v preklopniku kvalitete. Preklopnik kvalitete služi istočasno tudi kot zadnje zrcalo resonatorja. Zrcalo vrti DC elektromotor s frekvenco do 200 Hz. Prednje, izhodno zrcalo resonatorja je ravno, prekrito s protiodbojno plastjo in ima 85% odbojnost za svetlobo valovne dolžine 2940 nm. Shema laserja je prikazana na sliki 6.

Na sliki 9 je predstavljena odvisnost energije laserskega bliska od energije črpanja. Spodnji prag laserskega delovanja dosežemo pri minimalni energiji črpanja 40 J. Pri črpanju z energijo bliskavice 52 J dobimo na izhodu laserski blisk z energijo 16 mJ in trajanjem 270 ns. Žarek ima Gaussov profil in zato ustreza TEM₀₀ modu. Premer negoriščenega žarka na razdalji 340 mm od izhodnega zrcala meri $2w = 1.28$ mm. Optimalna frekvenca delovanja tega laserja znaša 3 Hz. Zaradi izrazitega termičnega lečenja Er:YAG kristala frekvenca navzgor omejena pri 10 Hz.

Izdelani laserski sistem je namenjen optodinamskim raziskavam interakcije kratkih bliskov erbijeve svetlobe z različnimi snovmi, v prvi vrsti s tistimi, ki vsebujejo vodo. Laserski blisk je dovolj kratek, da lahko nezaželen vpliv prehajanja toplote na okolico zanemarimo. Enostavna zasnova in računalniško podprto delovanje imata za posledico to, da je novi laserski sistem zanesljiv, odlikuje pa se tudi s ponovljivostjo oblike in energije bliskov.

©2011 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

Ključne besede: Er:YAG laser, preklop kvalitete, termično lečenje, vrteče zrcalo, optodinamika, obrnjena zasedba, Xe-bliskavica