

Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření

K. Dvořáková, Gymnázium Kroměříž, Masarykovo nám. 496
kristadvorakova@email.cz

J. Záhora, Gymnázium B. Němcové, Pospíšilova 624, Hradec Králové
jirka.zah@tiscali.cz

Abstrakt

Cílem práce bylo pochopení fungování laseru a jeho využití ke generaci zdrojů krátkovlnného záření.

1 Úvod

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) je zdroj elektromagnetického záření a liší se od ostatních zdrojů tím, že generuje monochromatické a koherentní záření. Využívali jsme vysokovýkonný femtosekundový Ti: safírový laser (zářící v okolí 800nm) k vytvoření plazmatu, které jsme použili jako zdroje krátkovlnného záření. Známe tři typy plazmatických zdrojů zdrojů krátkovlnného záření: vysokoteplotní plazma, rentgenové lasery, generace vysokých harmonických frekvencí.

2 Teoretická část

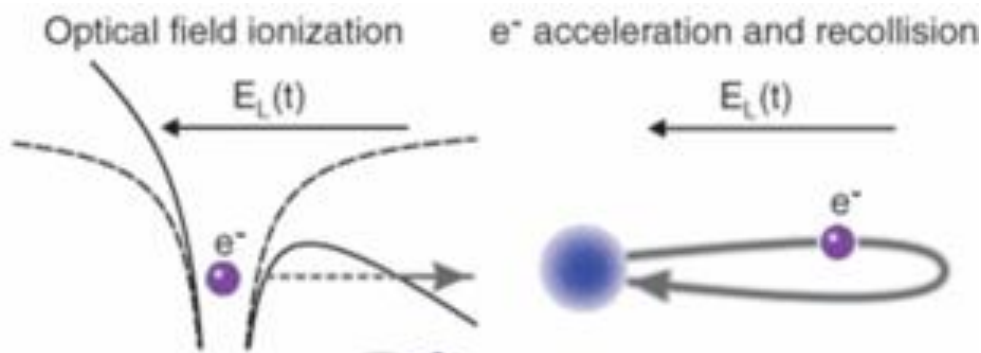
Rentgenové lasery

Základem jejich funkce je tzv. zesílená spontánní emise v horkém, silně ionizovaném plazmatu, což je vyzáření fotonů při přechodu iontu z excitovaného stavu do základního stavu. Při průchodu fotonu aktivním prostředím dochází k dalšímu vyzařování stejných fotonů, a tím zesilování záření. Protože neexistují vysoce odrazná zrcadla pro tyto vlnové délky, nelze použít optický rezonátor, jako u laserů zářících ve viditelné nebo infračervené oblasti spektra. Navíc při tomto procesu vzniká plazma, které by poškodilo optiku v jeho blízkosti.

Generace vysokých harmonických frekvencí

Využíváme ultrakrátkého laserového pulzu, který vlastním elektrickým polem ionizuje plyn, jehož atomy vytvoří tyto vysoké harmonické frekvence.

Laserový pulz svým elektrickým polem nejprve ionizuje atom plynu. Uvolněný elektron atomu se vlivem otočení směru elektrického pole urychlí směrem k jádru a dochází k rekombinaci s mateřským jádrem, při které se vyzáří foton, který má mnohonásobně vyšší energii než foton laseru. Toto je známo jako tzv. tříkrokový model.



Obrázek č. 1: Tříkrokový model

Tento děj probíhá ve všech atomech plynu ohnisku laseru a vznikají pouze liché harmonické frekvence (energie vytvořeného fotonu je lichým násobkem energie spouštěcího fotonu)

3 Praktická část

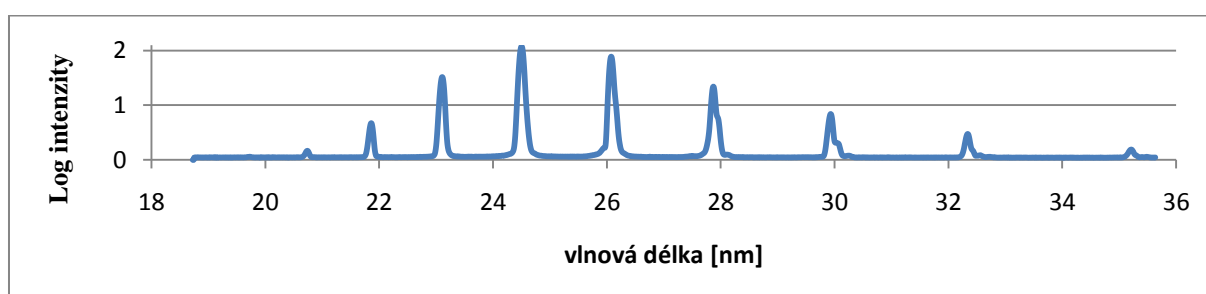
Vzhledem k nedostatku energie jsme nemohli generovat rentgenový laser. Místo toho jsme se zabývali převážně generací vysokých harmonických frekvencí.

Pracovali jsme s femtosekundovým pulzním laserem, průměr paprsku před fokusací byl 40 mm a měl dobu trvání 40 fs, energie v pulzu byla 1 mJ. Laser pracoval na frekvenci 1 kHz.

Vše probíhalo ve vakuu.

Paprsek byl fokusován dutým zrcadlem o ohniskové vzdálenosti 1,5 m do cely dlouhé 5 mm plněné argonem. Spektrum frekvenci generovaného záření jsem zjišťovali mřížkovým spektrometrem pro oblast extrémní ultrafialové.

Po usilovném měření jsme nakonec generovali vysoké harmonické frekvence (od 23. do 41.)



Obr.: Záznam kamery spektrometru (nahore), vyhodnocené spektrum (dole)

4 Shrnutí

Při tomto měření jsme se seznámili s moderním laboratorním zařízením a vyzkoušeli jsme si práci s nimi.

5 Poděkování

Chtěli bychom poděkovvat FJFI ČVUT v Praze za pořádání fyzikálního týdne a především supervizorovi našeho projektu Ing. Jaroslavu Nejdlovi.

6 Zdroje

[1] Šulc, Jan. Lasery a jejich aplikace. 2002.

[2] Rus, Bedřich., Mocek, Tomáš a spol. Rentgenový laser: Nový nástroj fyzikálního výzkumu.

Čs. časopis pro fyziku. Vyd. 52. 2002.

[3] Jaeglé P. Coherent Sources of X-UV Radiation: Soft X-Ray Lasers and High-Order Harmonic Generation. USA : Springer, 2006. 416 s. Springer series in optical sciences; sv. 106. ISBN 0342-4111.