ポンプ・プローブ法によるプラズマ励起 X 線源のパルス幅計測

Measurement of x-ray pulse duration by means of a pump-probe method

難波愼一[1)]，長谷川登[2)]，岸本牧[2)]，錦野将元[2)]，河内哲哉[2)]

Shinichi NAMBA[1)], Noboru HASEGAWA[2)], Maki KISHIMOTO[2)], Masaharu NISHIKINO[2)], and Tetsuya KAWACHI[2)]

[1)]広島大学，[2)]原子力機構

レーザープラズマ X 線源を物質に集光し，光電離による強結合プラズマを発生させることを計画している．その際，X 線のパルス幅は照射強度を決める重要なパラメータのひとつである．しかしながら， X 線ストリークカメラの時間分解能はピコ秒程度であるため，フェムト秒域のパルス幅を計測できない．そこで，本研究課題では X 線ポンプ・IR プローブ法によるプラズマ X 線のパルス幅計測を試みる．

キーワード：パルス幅計測，ポンプ・プローブ法，X 線レーザー，内殻電離

１．目的

高強度レーザーを固体や原子に照射することにより，小型で安価に高輝度プラズマ励起 X 線を発生させることが可能である．我々はレーザープラズマ X 線源をキャピラリレンズで集光して固体に照射し，光電離による強結合プラズマを発生させることを計画している．その際，光子エネルギーが高いほどより深い準位の内殻電子を励起することが可能となるため，プラズマの結合係数 Γ が大きくなる．一般に，プラズマ励起光源で短波長化を試みるためには，より原子番号が大きい元素の Kα 線を用いるのが最も有効である．しかしながら，原子番号とともに発生する X 線のパルス幅は狭くなるが，ピコ秒以下を計測できるストリークカメラは存在しない．したがって本研究課題では，X 線ポンプ・IR プローブ法によるプラズマ X 線のパルス幅計測を試みる．

２．方法

レーザー駆動 X 線レーザー装置を用い，ポンプ・プローブ法によるパルス幅計測を試みる．具体的にはまず，X 線レーザーを Xe 原子に照射し，光電子・オージェ電子を発生させる（Xe 4*d* 内殻電離の閾値は 70 eV に対し，X 線レーザーの光子エネルギーは 89 eV なので内殻励起可能）[1]．その際にガラスレーザー（1053 nm,強度: 10^{11} W/cm^2 程度）をプローブ光として照射すると，各電子スペクトルにサイドバンドと呼ばれるスペクトルが出現する（電子が IR 光を吸収，あるいは，放出に対応する）．このスペクトル強度とポンプ・プローブ光のタイミングとの相関をとることにより，パルス幅を決定することができる．なお，電子計測には開発した磁気ボトル型電子分光器を用いる．この装置の電子捕獲立体角は 2π と非常に検出効率が高く，シングルショットでエネルギースペクトルが計測できるのが特徴である．

３．研究成果

今年度は磁気ボトル型電子分光器の性能を X 線レーザー・Xe 原子相互作用に伴う電子計測より調べた．その結果，シングルショットでも十分な電子スペクトルが計測できることが判明した．また，20 eV 付近の光電子ピークに対してエネルギー分解能は 1.1 eV，10 eV 付近のオージェ電子に対しては 0.45 eV（共に半値全幅で）であった．これらは，数値シミュレーションで得られた結果とほぼ同じ値であり，設計通りの性能が得られたと言える．なお，サイドバンドはガラスレーザーの光子エネルギー分(1.18

eV)）だけ離れた主ピークの両側に現れる．従って，開発した電子分光器はプローブ光との相関によって発生するサイドバンドを十分分解可能である．

４．結論

本年度はプラズマ励起 X 線のパルス幅計測に必要となる電子分光器を開発し，その性能を調べた．その結果，予想通りのエネルギー分解能で電子スペクトルを計測できるが分かった．次年度はプローブ光を時間差をおいて入射し，ポンプ・プローブ法によるピコ秒パルス幅計測を試みる予定である．

５．引用(参照)文献等

[1] S. Namba *et al*, Phys. Rev. A 84, 053202 (2011).