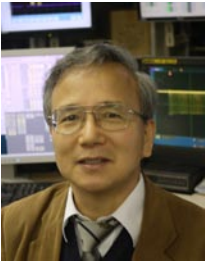


【基盤研究(S)】
理工系(工学I)



研究課題名 超放射による超小型短パルス・コヒーレントテラヘルツ光源

高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・教授 浦川 順治

研究分野: 工学、応用物理学・工学基礎、応用物理学一般、加速器

キーワード: 高周波電子銃、フェムト秒レーザー、フォトカソード、高電界加速、自由電子レーザー

【研究の背景・目的】

約 0.3~10THz のテラヘルツ波は電波と光波の中間領域で、このコヒーレントな短パルス高強度光源は急速に拡大するテラヘルツ波応用研究にブレークスルーを与える。10 パルス以上のフェムト秒レーザーパルス列を光陰極に照射して、フェムト秒の電子バンチ列を数十 MV/m 以上の高周波電場で加速する。これによって、10 パルス以上のフェムト秒電子マイクロバンチ列(Comb Beam)が一つの高周波加速電場に乗れ、7.5cm 高周波空洞で 5MeV 以上に加速できる。Comb Beam が小型(30cm) ウィグラーを通過すると、超放射が THz 領域で起きる。目的は、0.3~10THz 可変、短パルス 10MW 以上、数十 μ J/pulse 放射の超小型高輝度コヒーレント THz 光源研究開発とその応用研究である。

Peak power 10MW 以上は従来の THz 光源の 100 倍程度であり、世界で開発が進められている先端加速器技術を使った 10m サイズの装置で生成されている THz 光源の強度に匹敵する。本光源によって、THz 時間領域分光(THz-TDS)の測定時間の大幅な短縮、測定精度の大幅な向上が可能になる。また、フェムト秒時間スケールの現象や多光子吸収による非線形科学現象を高精度で捉えることが可能になる。THz 光科学は、宇宙の誕生・生命科学から安全/安心技術・情報通信・産業応用などに本質的に関わるものであり、次世代の科学技術発展に極めて重要である。これらの応用実験は本開発装置(図参照)を使って平成 26 年度から実施する。

【研究の方法】

高周波空洞内で生成光電子の時間構造を保存して加速するためには、クーロン反発力に打ち勝ちかつ動力学的にバンチ圧縮が生じる高周波位相に乗せる必要がある。光陰極高周波電子銃のカソード端板は空洞の高電界が発生する位置に固定されている。加速電界が増加する位相(20度)で 100fsec ミクロパルスがカソードに照射された場合、S-band(2856MHz)高周波加速電界(130MV/m)は 44.46 から 44.68MV/m まで変化して、後続の光電子は少し大きな加速を得て動的なバンチ圧縮と同時に急速な加速を受け、相対論的なエネルギーに近づくことによってクーロン反発力とローレンツ力が釣り合うようになる。先頭のミクロパルスと最後のミクロパルスの時間差は 8psec 程度であり、位相差で 8 度程度である。加速電界は 61.03MV/m まで増加するので、8psec のバンチが高周波電子源出口で 30%程度バンチ圧縮を受け

ることになる。シミュレーションによって予測された電子マイクロバンチ構造を CDR(Coherent Diffraction Radiation)測定によって確認する。

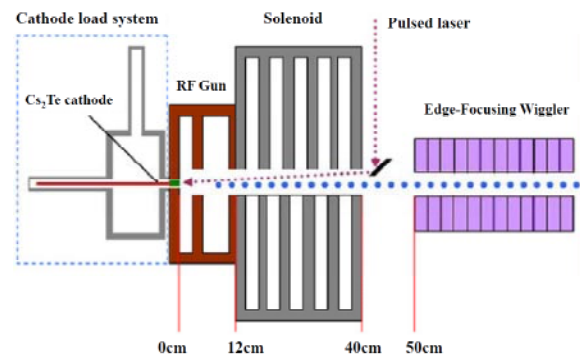


図 超小型短パルス・コヒーレントテラヘルツ光源

【期待される成果と意義】

生成 THz の波長にマイクロバンチ間隔を合わせることで狭帯域のコヒーレント THz 波発生が行える。高周波空洞内の高周波高電界加速により如何に理想的な Comb Beam 形成ができるかによって、小型(30cm) ウィグラーからの超放射 Peak power が 100MW 以上にもなる。画期的な THz 光源利用が展開できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

“Femtosecond pulse radiolysis and femtosecond electron diffraction”, Jinfeng Yang, Koichi Kan, Takafumi Kondoh, Yoichi Yoshida, Katsumi Tanimura, Junji Urakawa, NIM, A 637, pp. S24-S27, 2011
“Experimental results of an rf gun and the generation of a multibunch beam”, Abhay Deshpande, Sakae Araki, Masafumi Fukuda, Kazuyuki Sakaue, Nobuhiro Terunuma, Junji Urakawa, Masakazu Washio, Phys. Rev. ST Accel. Beams, 14, 063501-1-9, 2011
“Improvement of an S-band RF gun with a Cs₂Te photocathode for the KEK-ATF”, N. Terunuma, M. Fukuda, K. Sakaue, J. Urakawa et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 613, 1-8, 2010

【研究期間と研究経費】

平成 23 年度 - 27 年度
154,700 千円

【ホームページ等】

<http://www-atf.kek.jp/thz/>
junji.urakawa@kek.jp