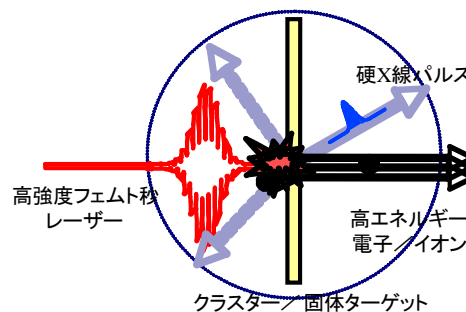


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	1. 分子分光学および分子集合体の構造
中項目	1-5. 強光子場分子科学
小項目	1-5-6. 量子放出と応用

概要（200字以内）

量子放出は高強度フェムト秒レーザー光と物質の相互作用によって超短パルスの量子ビーム（高エネルギー電子・イオン・X線）を発生する現象である。量子放出は超小型加速器として利用されるとともに、発生したビームが励起レーザー光と完全同期していることから、超高速現象の直接計測にも用いられている。特にフェムト秒時間分解X線回折やX線吸収分光による超高速の構造ダイナミクスの研究に用いられている。



量子放出の概念図

現状と最前線

量子放出は現象自体が強光子場と物質の相互作用メカニズムに関する研究対象であるが、発生する量子ビームを利用した、物質科学・核科学研究や加速器科学・医療技術への応用研究が推進されている。

気体・クラスターや固体に $10^{17}\text{W}/\text{cm}^2$ を超える強度で超短パルスレーザー光を照射すると、発生したプラズマ内部の電子が強光子場による、ウェイクフィールド（航跡場）やポンデロモティブ（動重力）ポテンシャルにより、電子が MeV を超える高エネルギーにまで加速される（レーザー電子加速）。こうしたレーザー加速は小型加速器としての利用が期待されている。一般に発生する電子のエネルギー分布はボルツマン分布的であるが、クラスター密度やレーザー強度の最適化により最大で 1GeV の準単色のエネルギーを持つ高エネルギー電子の発生も可能となった。また、電子線パルスを用いた時間分解電子線影写真測定の研究も行われ、レーザーアブレーション過程の過渡電場計測が行われている。

加速電子による制動放射とターゲット原子の内核電子励起により超短パルスのX線が発生する。このX線は励起光と完全同期していることから、ポンプ・プローブ法によるフェムト秒時間分解X線回折測定が行われ、フェムト秒光励起による超高速融解現象、音響フォノン・衝撃波伝搬に伴う過渡格子変形の直接計測が行われている。また、軟X線領域ではピコ秒時間分解X線吸収分光測定が行われ、相変化に伴う原子間距離の変化が測定されている。また、位相コントラストを利用したX線影写真測定による生体物質の計測も行われている。

高エネルギー電子により形成された電離分離場により、プロトンをはじめとするイオンが MeV を超える高エネルギーに加速される。この高エネルギープロトンを使った核反応の研究が進められており、ポジトロン生成核種の生成が報告されている。こうした高エネルギーイオンを癌治療などの医療応用に用いる研究も進められている。

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

1MeV 領域での準単色高エネルギープロトンビームの発生、小型レーザーシステムによる kHz 高繰り返し硬 X 線パルス発生、フェムト秒時間分解 X 線光電子分光法による表面電子状態の過渡計測、フェムト秒時間分解 X 線構造解析による光誘起相転移過程の過渡構造の可視化

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

200MeV 領域での準単色高エネルギープロトンビームの発生と医療応用、10GeV 領域での単色電子加速と X 線自由電子レーザーへの応用、超短パルス電子・イオン照射過程の過渡構造解析、時間分解 X 線吸収分光による液体状態の構造ゆらぎ解析

キーワード

レーザー電子加速、超短パルス量子ビーム、フェムト秒時間分解構造回折

(執筆者： 中村 一隆)