

論文の内容の要旨

論文題目 高強度レーザー場による原子の多重イオン化：運動量分光によるアプローチ

氏名 島田 紘行

要旨

強レーザー場による原子のイオン化機構は、Keldysh パラメータ γ の大小により大きく 2 つに分類される事が知られている。 γ が 1 より大きい条件下では、多光子イオン化の描像が良く成り立つ。一方、 γ が 1 より小さい条件下では、光の振動電場を準静的に取り扱う、いわゆるトンネリングイオン化の描像が良く成り立つ。従来、このパラメータ領域のイオン化を記述する理論として、Ammosov らによるトンネリング近似を用いた理論が広く用いられてきた。この理論から導かれる ADK レートは実験的に求められたイオン収量を良く再現することが知られている。

ADK レートの導出に用いられたトンネリング近似は、電場の弱い極限で妥当であると考えられる。一方、電場が強くなってトンネリング近似が適用できない領域 (Barrier-suppression ionization (BSI) 領域と呼ばれる) では、イオン化レートは ADK レートよりも小さいことが近年の理論的研究によって指摘されている。しかし、イオン化レートの BSI 領域でのこのような振る舞いを調べるような実験的研究は我々の知る限り行なわれていない。そこで本研究では、BSI 領域で生成された希ガス多価イオンの運動量測定を行い、イオン化レートと運動量分布との関係から BSI 領域でのイオン化レートの様子を調べた。

本研究では、波長 775 nm、パルス幅 200 fs、ピーク強度 $\sim(2-10)\times 10^{16}$ W/cm²の光により生成された希ガス多価イオンの運動量分布の測定を行なった。その結果、測定した全てのイオンに対し運動量分布は零運動量を中心とした単峰構造をもつことがわかった。また、運動量分布の幅が原子種、価数によらずイオン化ポテンシャルのみの関数としてユニバーサルにプロットできることが判明した。

これらの実験結果と比較するため、ADK レートおよび Tong らにより提唱された BSI 領域でも適用可能な TBI レートを用いて荷電状態の時間発展を記述し、運動量分布の計算を行なった。ADK レートを用いた計算から得られた運動量分布は、実験から得られた分布を大まかに再現するが、分布の幅は実験値の約半分程度であった。一方 TBI レートを用いた計算を行うことで実験値により近い値となることが判明した。Ne、Ar の多価イオンでは一致は特に良く、実験値との差異は 10%程度である。これは BSI 領域において、ADK レートに比べ TBI レートがより現実に近いことを示していると考えられる。このように、イオンの運動量測定は BSI 領域でのイオン化現象を調べる上で有効な手段と考えられる。