

3P078

アンジュレーター光によるレーザー配向した CS₂ 分子の測定

東大院理¹, 高エネ研² ○寺本 高啓^{1,2}, 足立 純一^{1,2}, 山内 薫¹, 柳下 明^{1,2}

【序論】

強レーザー場($\sim 10^{12}$ W/cm²)中ではランダムに配向した分子は、レーザーの偏光方向に断熱的に配向する事が知られている。これまでにこれらの分子配向の実時間観測は短パルスレーザーやパルス電子線を用いて試みられてきた。本研究では、軟X線放射光による内殻光電離で誘起される高速解離過程を利用して、強レーザー場中における CS₂ 分子の分子配向の観測を試みた。

【実験】

高エネルギー加速器研究機構放射光研究施設のアンジュレータービームライン BL-2C において多重同時計測光イオン・光電子運動量画像分光装置(図 1)を用いて実験を行った。

He で 10% に希釈した CS₂ 分子をスキマーを通して真空チャンバー($< 3.0 \times 10^{-7}$ Torr) に導入し、超音速分子線を生成した。分子線に直交する方向から、Nd:YAG レーザー(1064nm, 1J/pulse, 8ns, 30Hz, 直線偏光)を $f = 760$ mm のレンズでスポットサイズ $\phi \sim 0.1$ mm に集光し、衝突領域で 0.5 T W/cm² 程度の強レーザー場を生成した。強レーザー場中にある CS₂ 分子をプローブするため、レーザーと対向する方向からアンジュレーターの基本波 313eV の 0 次光のパルス放射光を導入した。放射光(パルス幅 ~ 100 ps、繰り返し周波数 1.6MHz)は衝突領域でスポットサイズが ~ 0.1 mm 縦 $\times \sim 0.1$ mm 横になるように調節した。

パルス放射光とパルスレーザーの同期は以下の手順で行った。まず電子蓄積リングの RF 信号と放射光による光電子の時間相関を測定した。次に 30Hz に分周した RF で駆動させたレーザーによる光電子と RF との時間相関を測定し、両者の時間相関が一致するようにレーザーの遅延時間を調整した。レーザーと相互作用している分子を放射光でプローブするためには 0.1mm 以下の精度で放射光とレーザーを空間的に重ね合わせる必要がある。重ね合わせは以下の手順で行った。衝突領域に $\phi 0.1$ mm のアパーチャーを導入し放射光のプロファイルを測定し光軸の中心位置を決定した。次にその中心位置に固定したアパーチャーを透過する光量が最大になるようにレーザーの光軸調節を行った。

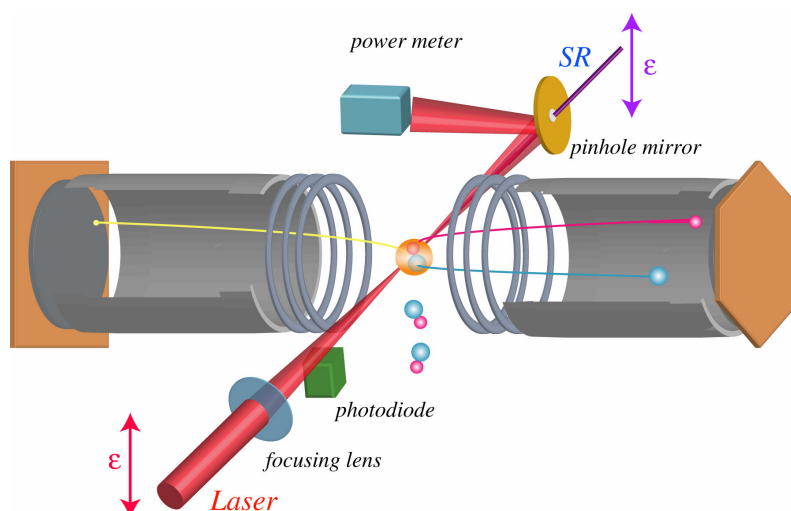


図 1. 実験装置の概略図

【結果】

図 2(a)にレーザー場がない場合の放射光内殻電離によって生じた CS_2 分子の CS^+ 、 S^+ のペアの運動量画像を示す。図 2(b)に放射光とレーザーが同期した場合の CS^+ 、 S^+ のペアの運動量画像を示す。図の上下方向がレーザーおよび放射光の偏光方向を表す。画像は S^+ を偏光面上に全射影したものであり、上下が光の偏光方向と平行な運動量を表し、左右が光の進行方向と平行な運動量を表す。信号強度はカラーバーで示す。

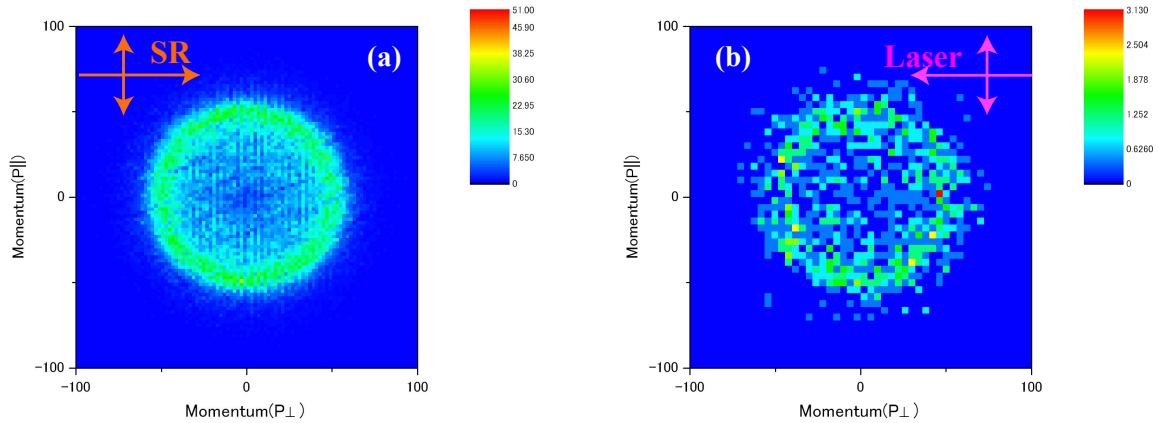


図 2. (CS^+ , S^+) コインシデンス運動量画像 (a)放射光のみ (b)レーザーと同期した場合

図 3 に図 2 の運動量画像を解離イオンの角度分布に変換したものを示す。解離イオンのレーザーおよび放射光の偏光方向となす角度 θ での S^+ の強度を動径の長さで表した。この角度分布は $I(\theta) \propto [1 + \beta P_2(\cos\theta)]$ で表され、フィッティングにより非対称パラメータ β を決定した。分子の配向度は $I(\theta)$ を用いて、 $\langle\langle \cos^2 \theta \rangle\rangle = \int I(\theta) \cos^2 \theta \sin \theta d\theta / \int I(\theta) \sin \theta d\theta$ で評価される。配向度は $\langle\langle \cos^2 \theta \rangle\rangle = 1/3$ でランダム配向を表し、 $\langle\langle \cos^2 \theta \rangle\rangle = 1$ で完全配向を表す。上で求めた $I(\theta)$ を用い配向度を評価すると、レーザーがない場合では $\langle\langle \cos^2 \theta \rangle\rangle = 0.33$ となり、レーザーを入射した場合では $\langle\langle \cos^2 \theta \rangle\rangle = 0.34$ となった。今回の実験条件(レーザー強度、分子の回転定数、分極率、回転温度)から配向度を見積もると $\langle\langle \cos^2 \theta \rangle\rangle = 0.4$ となり、実験結果と一致しない。理論より低い配向度である原因としては、レーザーと放射光との空間的な重ね合わせが完全でない可能性が考えられる。今後検討する予定である。

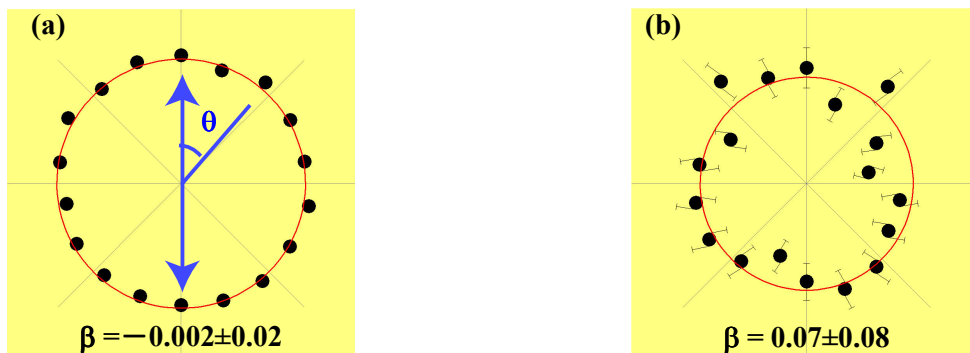


図 3. S^+ 角度分布の極座標表示 (a)放射光のみ (b)レーザーと同期した場合