

第 17 回 AMO 討論会ポスター発表 要旨 2021 年 6 月 18 日・19 日

1. 可視超短パルスレーザーを用いた過渡光電流分光法の開発

寺本高啓¹、徳永英司²、小林孝嘉³ (¹ 阪大放射線科学基盤機構、² 東理大、³ 電通大)

有機薄膜太陽電池の超高速応答特性を評価するため、本研究では可視超短パルスレーザーを用いた過渡光電流分光法の開発を行なった。

2. 時空間反転シンプレクティック積分法による三波共鳴相互作用方程式の精密解法

野村絢也、佐甲徳栄 (日本大学大学院理工学研究科)

光パラメトリック増幅過程を記述する三波共鳴相互作用方程式は、非線形媒質中において互いに振幅の授受を行う三つの波の時間発展を表す連立偏微分方程式であり、広範な非線形波動現象を記述することができる。従来この方程式の数値解法では風上差分法が用いられてきたが、差分解法の性質上、数値的な振幅の変動が避けられないという問題点がある。本研究では、ハミルトン系における極めて安定な時間発展法として開発されたシンプレクティック積分法に着目し、電磁波解法において頻繁に登場する、固定点において時間変化が既定されている「ハードワイヤード」な境界条件に適用可能な「時空間反転シンプレクティック積分法」の開発を行った。

3. 加速器実験に向けた二重共鳴法による外部磁場補正コイルの開発

伊藤愛美^{A,B}、今村慧^A、秋元彩^{A,B}、田中聡^{A,B}、土居三瑠^{A,B}、山本匠^{A,B}、竹内由衣花^{A,B}、高峰愛子^A、上野秀樹^A、松尾由賀利^{A,B} (理研仁科セ^A、法大理工^B)

我々 OROCHI グループでは、加速器により人工的に生成された低収量の不安定核原子に対して超流動ヘリウム環境とレーザー・ラジオ波/マイクロ波二重共鳴法を利用したレーザー核分光法開発を行っている。観測領域では、スピン偏極状態生成を維持するために静磁場を印加している。しかし、印加磁場の非一様性や環境磁場により、スピン偏極状態が崩れてしまうと目標とする 6 桁の精度で超微細構造間隔を測定することが困難になる。そこで、観測領域内に印加される補正磁場に注目し、加速器実験に向けた外部磁場補正コイル開発し

た。外部磁場補正コイルを用いて実証実験を行ったので、その結果について報告する。

4. 不安定核原子測定に向けたレーザー蛍光検出系の向上

秋元彩^{A,B}、今村慧^B、伊藤愛美^{A,B}、螺良健太^{A,B}、高峰愛子^B、山本匠^{A,B}、土居三瑠^{A,B}、竹内由衣花^{A,B}、上野秀樹^B、松尾由賀利^{A,B} (法大理工^A、理研仁科セ^B)

我々は加速器で生成される低収量不安定核原子の核構造研究に向けて、超流動ヘリウムとレーザー分光を組み合わせた OROCHI 法の開発を行っている。OROCHI では加速されたイオンビームを減速・停止させるために高密度媒質である超流動ヘリウムを用いる。超流動ヘリウム中に導入した原子に対し、レーザー・ラジオ波/マイクロ波二重共鳴法を適用することで、ゼーマン準位間隔及び超微細構造間隔を測定する。

低収量不安定核原子への適用に向け信号雑音比(S/N 比)の向上を実現するために蛍光検出系の開発を行った。観測領域拡大による蛍光検出系効率の低下とレーザーを縦長にすることによる散乱光の増加という2つの問題点の検証結果を報告する。

5. 観測原子数補正システムを用いた超流動ヘリウム中の Rb 原子の超微細構造間隔の測定

土居三瑠^{1,2}、三條真^{1,2}、今村慧¹、高峰愛子¹、竹内由衣花^{1,2}、山本匠^{1,2}、上野秀樹¹、松尾由賀利^{1,2} (理研・核分光研究室¹、法政大学²)

我々は、超流動ヘリウム (He II) 環境とレーザー分光法を組み合わせ、不安定原子核の核構造研究を行っている。これまでに He II 中の^{85/87}Rb に対して 5 桁、¹³³Cs に対して 6 桁の精度での超微細構造間隔測定が行われた。しかし、現在用いている He II への原子供給法では観測される原子数に揺らぎが起これ、これが測定精度を制限している。そこで、観測原子数を補正するシステムが開発された。本研究では、6 桁の精度及び確度での⁸⁷Rb 原子の超微細構造間隔測定を目的として、開発されたシステムを実装し、He II 中に導入した Rb 原子にレーザー・RF 二重共鳴法を適用した。

6. 超流動ヘリウム中における Ag 原子の超微細構造間隔測定に向けた DPSS レーザーの導入

山本匠^{A,B}、小林航^A、竹内由衣花^A、今村慧^B、高峰愛子^B、土居三瑠^{A,B}、上野秀樹^B、松尾由賀利^{A,B}(法大理工^A、理研仁科セ^B)

我々は超流動ヘリウム (He II) 環境に導入した原子の分光研究を行っている。He II 中の原子に対し、光ポンピング法を用いてスピン偏極を生成し、ラジオ波/マイクロ波二重共鳴法を適用することで、ゼーマン準位間隔及び超微細構造間隔を測定する。これまでに、 $^{107,109}\text{Ag}$ 原子のゼーマン準位間隔と超微細構造間隔の測定に成功している。しかし、光ポンピング法に用いたレーザーの出力が不十分 (平均 50mW) であるという問題点が挙げられた。そこで、本研究では平均 100mW 以上の出力が可能な DPSS レーザーを導入し、レーザー誘起蛍光の観測とスピン偏極の生成を行った。

7. 超流動ヘリウム中ルビジウム原子励起のための小型高出力レーザー光源の開発

田中聡^{A,B}, 高峰愛子^B, 上野秀樹^B, 松尾由賀利^{A,B} (法大理工^A, 理研仁科セ^B)

当グループでは、超流動ヘリウム (He II) 環境中に導入した不純物原子が示す特徴的な性質を利用した様々な分光研究を行っている。He II 中では、不純物原子と He 原子との相互作用により、実効的な光吸収断面積が小さくなるため、高出力の励起用レーザーが求められる。実験では、低収量な不安定核原子に対する He II 環境の応用を視野にいれ、未測定である He II 中の ^{84}Rb 原子の超微細構造間隔を測定する。また他の施設での実験を視野に入れているので運搬等の事情を考慮し小型の光源である事が望ましい。

そこで本研究では、超流動ヘリウム中 Rb 原子の D_1 遷移に相当する 778nm を発振波長にもつ外部共振器型半導体レーザーとテーパアンプを用いた小型高出力レーザー光源の開発を行った。

8. Quantum computation of vibrational energy levels: Application to the Fermi resonance in CO_2

Erik Lötstedt¹, Kaoru Yamanouchi¹, Takashi Tsuchiya², Yutaka Tachikawa²
(¹Department of Chemistry, School of Science, The University of Tokyo, ²DIC Corporation)

Quantum computers are promising for solving problems in quantum chemistry which cannot be solved efficiently on classical computers because of the exponential scaling of the number of coefficients used to expand the wave function. Because a quantum computer having N qubits may store an exponentially large number of 2^N amplitudes,

the wave functions of very large systems may be treated on a quantum computer, provided that suitable algorithms are developed.

Until now, quantum computers have been employed in the field of quantum chemistry for the calculation of electronic wave functions and potential energy curves. However, in order to understand the dynamics of a molecular system, we also have to calculate the vibrational wave functions and energy levels. In this contribution, we calculate the vibrational energy levels involved in the Fermi resonance of CO₂ using the Multi-state Contracted Variational Quantum Eigensolver method. In this method, the matrix elements of the vibrational Hamiltonian are evaluated on the quantum computer, while the energy levels are obtained by diagonalizing the Hamiltonian matrix on a classical computer. We perform calculations both using a simulator including a noise model and using the quantum computer *ibmq_rome* available at IBM Quantum. An error mitigation method is used to compensate for the shift of the matrix elements caused by the noise. We demonstrate that an uncertainty of below 1 cm⁻¹ can be obtained for the Fermi resonance levels by executing each quantum circuit about 10⁷ times, which shows that quantum computers can be used to treat strong anharmonic resonances in molecules.

9. 不安定原子核の同位体シフト測定に向けた開発

田島美典¹、高峰愛子¹、飯村秀紀² (1理研仁科セ、2原研)

原子分光を精密に行うことは、基底または準安定状態にある原子核の性質を調べるにあたり、不定性が少ない強力な方法の一つである。特に、ある元素の同位体に対し、特定の原子準位間の遷移周波数のずれ(同位体シフト)から、原子核の荷電半径、ひいては四重極変形度の大きさの変遷が得られる。加速器施設で生成される不安定原子核を系統的に測定し、近傍原子核の性質や理論計算と比較することは、核子間相互作用を明らかにするために重要である。本発表では、現在開発が進行中の超低速不安定核イオンビーム供給施設(SLOWRI)において計画されている、コリニアレーザー分光による同位体シフト測定実験の現状について説明する。

10. 高強度レーザー場における NO ラジカルの逐次的 2 重イオン化確率のアライメント角度依存性

深堀信一^{1,2}、岩崎純史³、山内薫³、長谷川宗良^{1,2} (1 東大院総合、2 東大先進機構、3 東大院理)

高強度フェムト秒レーザー場 (790 nm、100 fs) 中での NO ラジカルのイオン化確率の偏光方向に対するアライメント角度依存性を、回転波束の生成を誘起するポンプ光とイオン化を誘起するプローブ光の間の遅延時間の関数として親イオンの収量を測定することによって調べた。NO の 1 重イオン化確率が飽和する高いレーザー強度 (1×10^{15} W/cm²) では、分子軸と偏光軸が平行な時に 2 重イオン化確率が増強された。この結果から、NO²⁺は、NO⁺ の HOMO である 5σ 軌道から光電子が放出して生成することを示した。

11. 高強度ピコ秒レーザーの開発：回転波束による平面对称コマ分子の回転定数の決定に向けて

中村健汰¹、深堀信一^{1,2}、長谷川宗良^{1,2} (1 東大院総合、2 東大先進機構)

高強度短パルスレーザー光と分子が相互作用すると、様々な状態の重ね合わせ状態、すなわち波束が生成する。波束の運動の実時間計測から分子のエネルギー準位を決定でき、高強度光を用いた新しい分光法として注目されている。本研究では、高強度光により生成した回転波束の実時間計測から、電気双極子モーメントを持たない平面对称コマ分子の回転定数の決定を目指す。このために必要な高強度ピコ秒レーザー (170ps, 102mJ, 532nm) を、水を封入したセルへ YAG レーザー (7ns, 152mJ, 532nm) を集光し誘導ブリルアン散乱を利用して生成した。ポスターではこの光源の詳細について報告する。

12. Modification of metal surface morphology by submicron focusing using ultrashort EUV pulses

Hiroto Motoyama¹, Atsushi Iwasaki¹, Hidekazu Mimura², and Kaoru Yamanouchi¹
(¹Department of Chemistry, School of Science, The University of Tokyo, ²Department of Precision Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo)

The high-order harmonics (HHs) in the extreme ultraviolet (EUV) is generated by focusing a near-infrared femtosecond laser pulse to rare-gas medium. We focused the generated HHs onto a sub-micron sized area of a metal thin-film using a Wolter mirror

at the fluence up to ~ 100 mJ/cm² and measured the surface morphology using an atomic-force microscope. We found that the height of the central area of the EUV light spot increases to as much as 100 nm and showed that we can modify the morphology of a metal surface with sub-micron resolution.

13. 超短パルス励起された金薄膜における電子およびフォノンの超高速ダイナミクス

林良祐¹, 岩崎純史¹, Parinda Vasa², 山内薫¹ (¹東京大学大学院理学系研究科、²インド工科大学ボンベイ校)

本研究では、400 nm のフェムト秒パルスを照射した膜厚 40 nm の多結晶金薄膜および膜厚 200 nm の単結晶金薄膜について、波長 450-700 nm における過渡反射率変化を測定した。両方の薄膜について、490 nm 近傍における反射率の増加と、550 nm 近傍における反射率の減少が観測された。測定した反射率変化から、2 温度モデルおよび反射率モデルを用いて、電子およびフォノン温度の時間変化を評価した。この反射率モデルは、バンド間遷移の寄与をバンド構造より求めた Joint-density-of-states を用いて計算し、バンド内遷移の寄与を Drude モデルによって計算した。得られた電子およびフォノン温度から、電子フォノンカップリング係数を求めたところ、先行研究と同程度の値が得られた。

14. 二色光格子パルスによる極低温ボーズ原子のソリトン解へのローディング

¹山越 智健、²渡辺 信一 (¹電通大レーザー研、²電通大国際教育センター)

近年、光格子中の冷却原子気体の系では、励起バンドにおける波束の動力学とその応用に興味もたれている。高い効率で特定の励起バンド中に原子波束をロードする方法として、光格子パルスを用いるものがある。

1 次元二色光格子のボーズ原子系における、光格子パルスによる選択的励起の数値シミュレーション結果を報告する。原子間相互作用が十分に強い場合は、バンド分散のループ構造や、空間局在したソリトンなど非自明な解が現れる。バンド分散にループ構造が現れない領域では、バンドエッジへのロードで、空間局在したソリトン解が現れる。また、二色光格子系では光格子の相対高さおよび光パルスの位相制御で、ロードする状態を選択できる。