

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	水素分子の光解離により生成するH(2p) 原子ペア状態
Title(English)	The production of pairs of H(2p) atoms in the photodissociation of H ₂
著者(和文)	仲西祐子
Author(English)	Yuko Nakanishi
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9715号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:河内 宣之,木口 学,大島 康裕,北島 昌史,河合 明雄
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9715号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学	専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (理学)
学生氏名： Student's Name	仲西 祐子		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	河内 宣之 教授
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	北島 昌史 准教授

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、”水素分子の光解離により生成する H(2p) 原子ペア”と題し、全5章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景および目的を述べた。まず、本研究のキーワードである量子もつれ状態について説明した。量子もつれ状態とは、各々の部分系の状態が定まらない全系の状態のことであり、我々の直感では理解しがたい状態である。次に、著者の所属する研究室により見出された 2p 原子ペア生成にいたる水素分子の光解離過程とそれに関連する理論研究を紹介した。その理論研究によれば、水素分子の光解離により生成する H(2p) 原子ペアは各々の水素原子の磁気量子数が定まらない量子もつれ状態にあると予測されており、原子ペアにより放出される Lyman- α 光子ペアの角度相関測定により、量子もつれが診断できる。また、著者の所属する研究室がこれまでにやってきた Lyman- α 光子ペアの角度相関測定の経緯について概説した。これまでの測定では、2 個の光子検出器を独立に回転することができないという制限があり、2 個の検出器は向かい合う配置(対向配置)に固定されていた。著者の研究の目的は Lyman- α 光子ペアの角度相関関数を測定し、理論予測との比較により解離生成する H(2p) 原子ペアの状態を解明することである。そのためには、対向配置における測定だけでは不十分であることを指摘した。そこで著者は 2 個の光子検出器の向きを独立に変えることのできる装置を製作し、この装置を用いて対向配置だけでなく非対向配置における角度相関関数を測定した。

第2章は実験であり、Lyman- α 光子ペアの角度相関関数の測定方法について述べた。まず、2 個の光子検出器を独立に回転できる装置の開発について説明した。ガスセルの気密性を保持したまま 2 個の光子検出器をできる限り接近させることが重要であるため、3 層構造の円筒形のガスセルを設計した。また、測定により得られた同時計数時間スペクトルから角度相関関数を得るための方法を述べた。測定された Lyman- α 光子ペアの角度相関関数には、主量子数 $n \geq 3$ の準位からのカスケードの影響と解離 H(2p) 原子と H₂ 分子の反応の影響が含まれていない。また、装置のアライメントを診断し、それをモニターしながら測定を行い、さらに測定中の装置のドリフトの影響を相殺するためリファレンス測定を行い、理論予測との比較に耐えうるゆがみの少ない角度相関関数を得た。

第3章では、偽の同時計数の起源について述べた。偽の同時計数とは、入射光にも水素ガスにも由来しない同時計数であり、著者の所属する研究室の向後により発見された。著者は、向後が行った偽の同時計数の時間構造と角度分布の測定について紹介した。著者は実験データ点を増やした上で偽の同時計数の起源が宇宙線ミュオンであるという向後の結論をほぼ確実なものとした。また、実際の角度相関関数測定では、Lyman- α 光子に対する感度を上げることにより全同時計数(真の同時計数 + 偽の同時計数)に対する偽の同時計数の寄与を 1% 未満に

抑えた。

第 4 章では、測定された Lyman- α 光子ペアの角度相関関数について述べた。著者は入射光子エネルギー 33.66 eV、水素ガス圧力 ~ 0.1 Pa および ~ 1 Pa における角度相関関数を報告した。2 個の光子検出器の配置は、対向配置と 2 種類の非対向配置であり、非対向配置においては初めて角度相関関数を測定したことを強調した。測定された角度相関関数を 3 つの理論予測と比較したと述べた。それらの理論予測とは、(1) 量子もつれ H(2p) 原子ペアが生成した場合、(2) 解離の間に H(2p) 原子ペアの量子もつれが破れた場合、および(3) 解離の間に一部の H(2p) 原子ペアの量子もつれが破れた場合の予測である。(3)の予測はフィッティングパラメーターを含むが(1)と(2)の予測はそのようなパラメーターを含まない。まず、測定結果と(1)量子もつれ H(2p)原子ペアに対する理論予測を比較したところ、定量的には隔たりがあるものの定性的には一致したことを示し、量子もつれ H(2p)原子ペアの生成を示唆する結果であると述べた。一方、(2) 解離の間に量子もつれが破れた場合の予測と比較したところ、定性的にすら一致しないことから、この可能性を否定した。また、(3) 解離の間に一部の H(2p) 原子ペアの量子もつれが破れた場合の予測と比較したところ、フィッティングパラメーターをどのように選んでも、実験結果を再現できないことから、この可能性も否定した。3 つの理論予測との比較の結果、H₂の光解離による量子もつれ H(2p)原子ペア生成が示唆されると述べた。

第 5 章は結論であり、本研究において得られた成果をまとめた。本研究において、著者は H₂の光解離に由来する Lyman- α 光子ペアの角度相関関数を対向配置だけでなく非対向配置において初めて測定し、水素分子の光解離により量子もつれ H(2p) 原子ペアが生成することを示唆した。この成果により、著者は分子ダイナミクス研究に新たな観点をうち立てた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	化学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (理学) Doctor of (理学)
学生氏名 : Student's Name	仲西 祐子		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	河内 宣之 教授
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	北島 昌史 准教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The state of pairs of H(2p) atoms produced in the photodissociation of H₂ is investigated experimentally and the investigation is described in this thesis. Odagiri et al. in our group found a photodissociation process of H₂ resulting in the formation of two H(2p) atoms followed by the emission of two Lyman- α photons. Miyagi et al. in our group then theoretically showed that the pair of H(2p) atoms is entangled and the entanglement in the pair of H(2p) atoms appears in the angular correlation function (ACF) of a pair of the Lyman- α photons. Our group measured the ACF to confirm the production of entangled atom pairs. However, the previous measurements were limited to the opposite arrangement of two photon detectors.

In the present study I aim at measuring the ACFs not only for the opposite arrangement but also for the non-opposite arrangements to reveal the state of H(2p) pairs produced in the photodissociation of H₂.

The ACFs are measured at 33.66-eV incident photon energy and at hydrogen gas pressures of approximately 0.1 and 1 Pa. It turns out that the experimental ACFs involve neither the contribution of the reactions H(n = 2) + H₂ nor the contribution of the cascade from H(n \geq 3) to H(2p) fragments. The experimental ACFs are compared with (i) the theoretical ACFs for entangled pairs of H(2p) atoms and (ii) the theoretical ACF for H(2p) pairs with definite magnetic quantum number of each hydrogen atom. It is found that the experimental ACFs coincide with (i) the theoretical ACF for entangled H(2p) pairs from qualitative points of view. However, the experimental ACFs do not coincide with (ii) the theoretical ACF for H(2p) pairs with definite magnetic quantum number of each hydrogen atom even from qualitative points of view. The experimental ACFs suggest the production of entangled pairs of H(2p)

atoms in the photodissociation of H_2 .

In summary I measure the ACFs of a pair of the Lyman- α photons not only for the opposite arrangement but also for the non-opposite arrangements of two photon detectors in the photodissociation of H_2 for the first time. The experimental results suggest the production of entangled pairs of $H(2p)$ atoms in the photodissociation of H_2 .

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).