

平成 27 年 3 月 25 日

国立大学法人 電気通信大学

この度、先端超高速レーザー研究センターの小林孝嘉特任教授のグループにおいて、下記のとおり研究成果があり記者会見を開催いたしますので、ご案内申し上げます。

記

1 会見タイトル

①新しい電子工学を拓くスピントロニクス材料の高速性能の超高速性能を初めての全時間測定

②世界最短パルスレーザーを用いた太陽電池材料の性能の新評価法

2 会見日時 平成 27 年 3 月 30 日（月曜日）18:00～
平成 27 年 3 月 31 日（火曜日）18:00～
※30 日、31 日同一の内容で実施いたします。

3 会見場所 電気通信大学 西 9 号館 1 0 2 室
東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

4 発表者 小林 孝嘉（電気通信大学 先端超高速レーザー研究センター
センター長・特任教授）

5 問合せ先

研究内容

国立大学法人電気通信大学 先端超高速レーザー研究センター
センター長・特任教授 小林 孝嘉

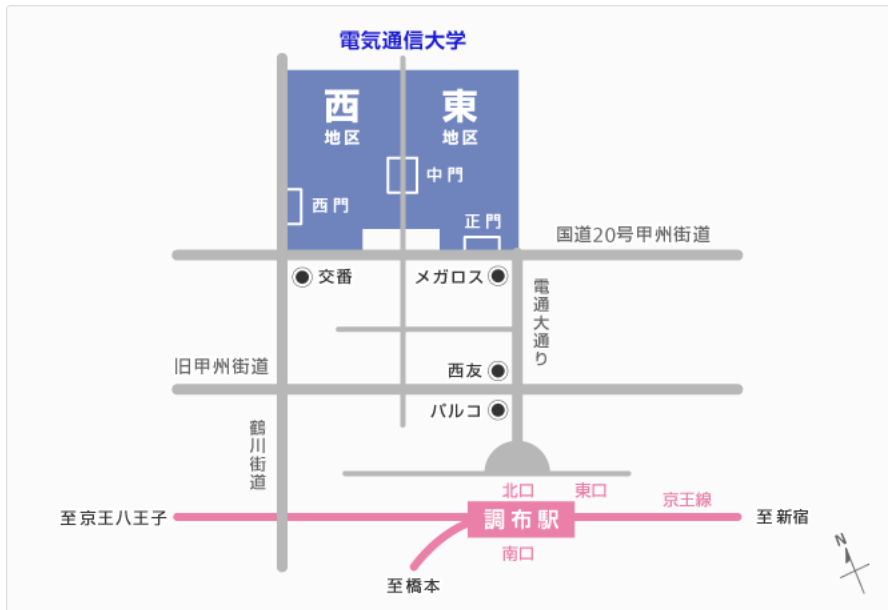
Tel: 042-443-5845, E-mail : kobayashi@ils.uec.ac.jp

報道関係

国立大学法人電気通信大学 総務課広報係 [担当：平野、岡村]

Tel: 042-443-5019

6 会場までの地図



◆新しい電子工学を拓くスピントロニクス材料の高速性能の超高速性能を初めての全時間測定

◆概要

最近固体物理学で、そのスピンを用いたスピントロニクス材料として注目を浴びている層状物質 MoS₂ について、日本と台湾の共同研究がなされた。この物質はスピントロニクス材料として注目を浴びている物質群の中で最も良く研究されている層状化合物で、その超高速特性の全貌が世界最高性能の超高速分光測定法で初めて明らかにされた。

◆説明文

電気通信大学の先端超高速レーザー研究センターでは、可視光超短パルスレーザーで、この 15 年間最短パルス記録を更新して世界をリードして来た。更に紫外光超短パルスレーザー、深紫外光超短パルスレーザーでも高い性能を持った最短パルスの分光用レーザーを開発して来た。これらを用いて、種々の物質内の超高速現象を研究してきた。

最近固体物理学で、そのスピンを用いたスピントロニクス材料として注目を浴びている層状物質 MoS₂ について、日本と台湾の共同研究がなされた。

この物質はスピントロニクス材料として注目を浴びている物質群の中で最も良く研究されている層状化合物で、そのバンド構造の中の二つのバレー（谷, K, K'）とスピンが極めて強く結合している。その強い結合のために、室温においても円偏光によって書込み、読出しを安定に行うことが可能である（図 1）。この特殊な性質を持つことから、多準位超高速ロジックゲート作用への応用が期待されている。スピントロニクスはエレクトロニクスの限界を超える技術として次世代情報処理や電子技術の推進力として期待されている。

その一環として、開発したレーザーを用いて、台湾国立交通大学・電子物理学科の盧教授、藪下准教授と協力して、この物質のスピン・バレー結合及び励起子のダイナミクスを 10fs（フェムト秒 = 10⁻¹⁴ 秒 = 100 兆分の 1 秒）の高時間解でロジックゲートの動作ダイナミクスを決定するスピン分極、バレー分布密度、励起子密度全ての緩和過程を明らかにすることに成功した。しかも、10fs から 1ns (=10⁻⁹ 秒 = 10 億分の 1 秒) という 5 桁に渡る時間発展をスペクトル分解して測定した。これを図 2 に示す。この図に、励起パルス光による吸収強度変化をその光子エネルギーと励起光パルスからプローブ光パルスまでの遅延時間 (ps 単位) に対して疑似カラーでプロット 2 次元時間分解差吸収スペクトルを示す。
a: 右回り円偏光励起-右回り円偏光プローブ、b: 右回り円偏光励起-左回り円偏光プローブ

c: 時間分解差吸収スペクトル. a の横軸方向の断面図に相当

d: 分解差吸収強度の遅延時間依存性. a の縦軸方向の断面図に相当

Ultrafast Multi-Level Logic Gates with Spin-Valley Coupled Polarization Anisotropy in Monolayer MoS₂, Yu-Ting Wang, Chih-Wei Luo, Atsushi Yabushita, Kaung-Hsiung Wu, Takayoshi Kobayashi, Chang-Hsiao Chen & Lain-Jong Li, Scientific Reports 5, Published 2015 年 2 月 6 日

図 1: MoS₂ のバンド構造の模式図。バンドの中の二つの谷（バレー, **K**, **K'**）とスピンの極性が強く結合している。**K** には上向きスピンの存在し、**K'** には下向きスピンの存在し、両者は交わらない。

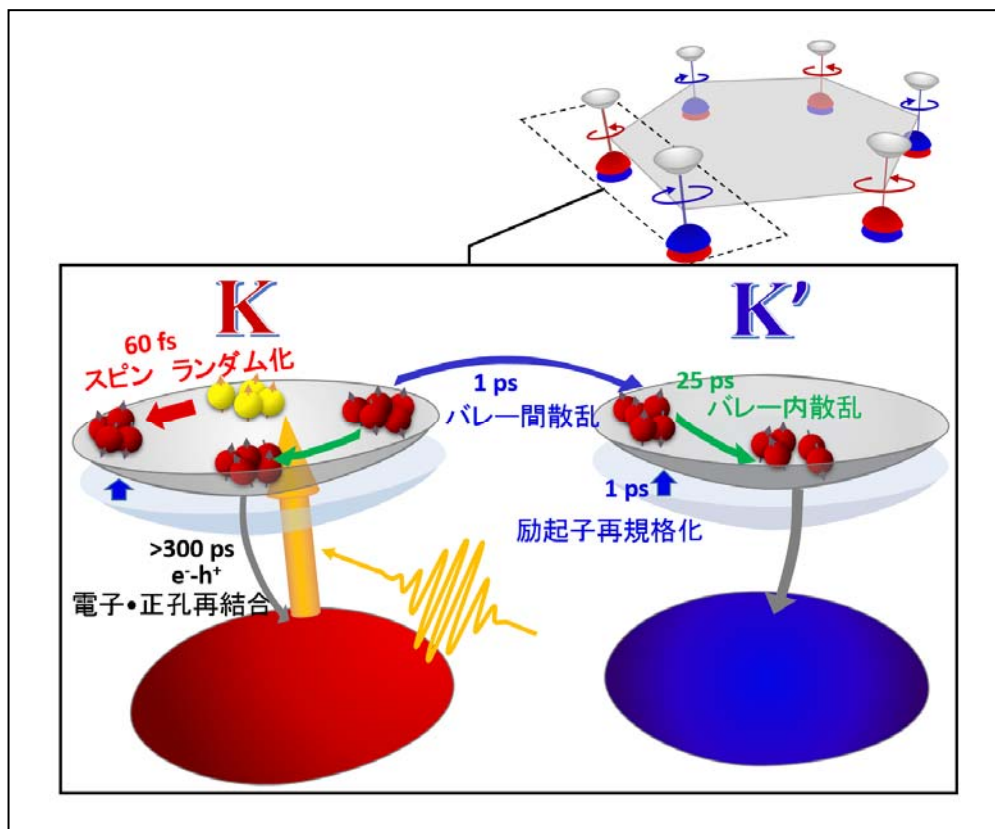
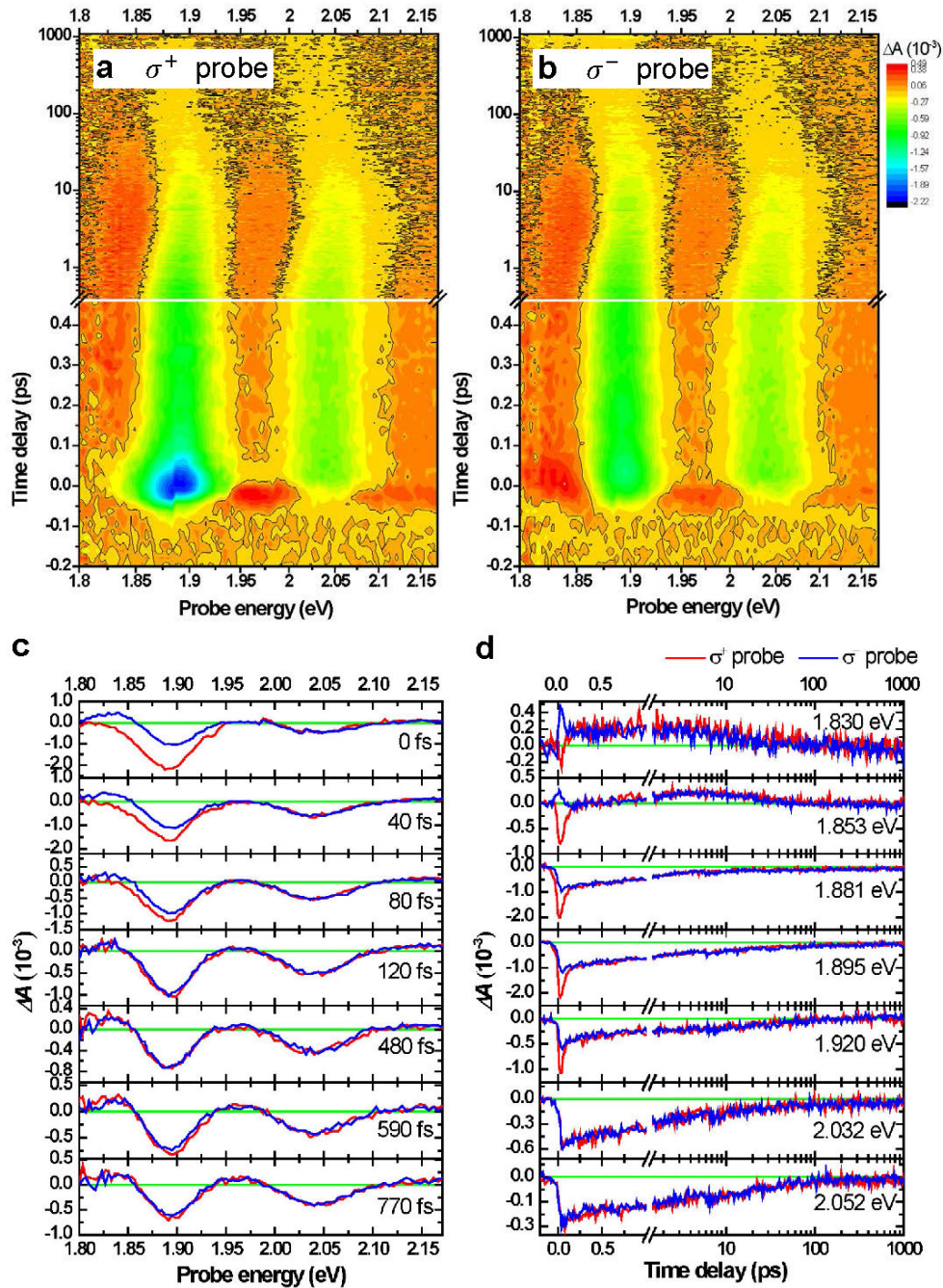


図 2 : a, b: 2次元時間分解差吸収スペクトル(励起パルス光による吸収強度変化をその光子エネルギーと励起光パルスからプローブ光パルスまでの遅延時間(ps 単位)に対して疑似カラーでプロット. a:右回り円偏光励起-右回り円偏光プローブ、b:右回り円偏光励起-左回り円偏光プローブ

c: 時間分解差吸収スペクトル. a の横軸方向の断面図に相当, 赤・青は各々右回り円偏光プローブ-左回り円偏光プローブに対応

d: 分解差吸収強度の遅延時間依存性. a の縦軸方向の断面図に相当, 赤・青は各々右回り円偏光プローブ-左回り円偏光プローブに対応



用語の説明

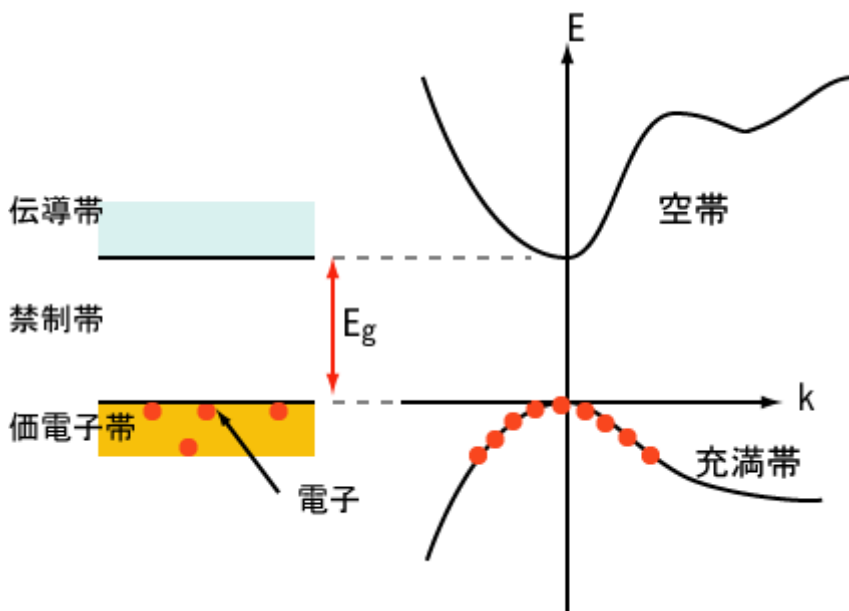
バンド構造：結晶中の電子は結晶の持つ周期的構造によって生じるに対するエネルギーが運動量に対して帯状の構造を持つ。それをバンド(帯)構造と呼ぶ。電子が動きにくい価電子帯と動きやすい伝導体から成る。以下に典型的な例を示す。(ウィキペディア)

励起子：固体のなかで光等で電子を価電子帯から伝導体へ励起した後生成された電子と正孔が電氣的なクーロン力によって結合したもの。

スピントロニクス：エレクトロニクスが電子の電気量を用いているのに対し電子のスピンを用いるまったく新しい電子工学

バレートロニクス：スピントロニクスに続き、結晶内の運動量に着目したバレートロニクスが注目を集めている。バレートロニクスとはバレー自由度を用いてデバイスを作ろうという試みである。エレクトロニクス、スピントロニクスに継ぐ第三のエレクトロニクスとって良い

バンドの中のバレー（谷）：下右図で谷のような状態の部分



◆世界最短パルスレーザーを用いた太陽電池材料の性能の新評価法

◆概要

この評価法を用いると太陽電池材料の評価を、その製造過程の最終段階まで行かなくても、材料或いは製造途中段階での各過程の最適条件出しに使うことが出来る。太陽電池開発に際し、製造を終えてから判定することに依る時間や経費の大幅な節約が出来る。

◆説明文

電気通信大学先端超高速レーザー研究センターの小林孝嘉教授のグループは、国際共同研究の一環として、台湾国立交通大学の盧志偉教授、藪下篤史准教授グループと共同で、太陽電池材料のひとつとして期待されている有機化合物の製作過程における材料の処理過程の性能評価を行うことができた。これまで、電通大のこのグループは、世界最短パルスレーザーを小林教授が東大に在職中の1989年から保持し続けてきた世界最短パルス幅を、現在に至るまで15年以上保持してきた(表1)。特殊な構造を持った可視光長短パルスレーザーを用いたものである。更に世界に唯一しかない同グループが開発した128チャンネルロックイン検出器を用いて、太陽電池物質内の起電力効率を決定する過程を解明するため高感度広帯域超高時間分解分光スペクトル測定に成功した。この高い世界最高性能の時間分解能レーザー分光装置を用いて初めて計測した。

その結果を図1に示す。この解析により、太陽電池の起電力の素となる荷電担体が光吸収により発生する励起電子が生成し、電荷移動・電荷分離あるいは再結合の段階を経て変化する様を目の当たりに測定することに成功した(図2)。

これにより、アニーリングの効果が荷電担体生成から起電力になる過程の内どの段階で、影響を受けるかを詳細に明らかにすることに成功した。この装置は、有機材料に限らず色々な物質に適用できる。

そもそもの初期段階の物質の持つ励起電子の生成から電流を発生する過程がどれ位速いかがその材料が原理的にどれ位の効率で起電力を発生できるかと云うことが判定できる。従って、その持っている能力を太陽電池製造の最終段階まで進まずに判定できるため材料探索に非常に有効である。さらに材料のプロセスの条件出し、及び製造過程の太陽電池本体に与える製造条件によって変わる物質の特性の変化をその途中段階でチェックすることの出来る測定装置である。最終過程まで行かなくても、材料あるいは製造途中段階での各過程の条件出しや、幾つか有るプロセスの内どれを使うとより効率よく発で出来るかという判定に使うことが出来る。そのために、最終段階を終えてから測定・判定することに依る時間や経費の大幅な節約が出来る。この成果は American Chemical Society の Applied Materials and Interfaces (Impact Factor 5.9) に発表される。

以上

参考資料

表 1 超短可視光パルスレーザーの発展

Group	Year	Pulse Width	Wavelength	Cycle
小林等	1997	14	550-700	6.7
Germany	1997	16	470-750	7.9
Italy	1997	11	500-700	5.5
小林等	1998	6.1 可視・近赤外最短パルス	550-700	2.9
Italy	1998	7.2	500-800	3.4
小林等	1999	4.7	500-800	2.2
小林等	2002	3.9 可視・近赤外最短パルス	470-800	1.8
小林等	2004	4.3	800-1600 CEP安定化	1.3
小林等	2011	2.4 可視・近赤外最短パルス	410-820 CEP安定化	1.09

図 1

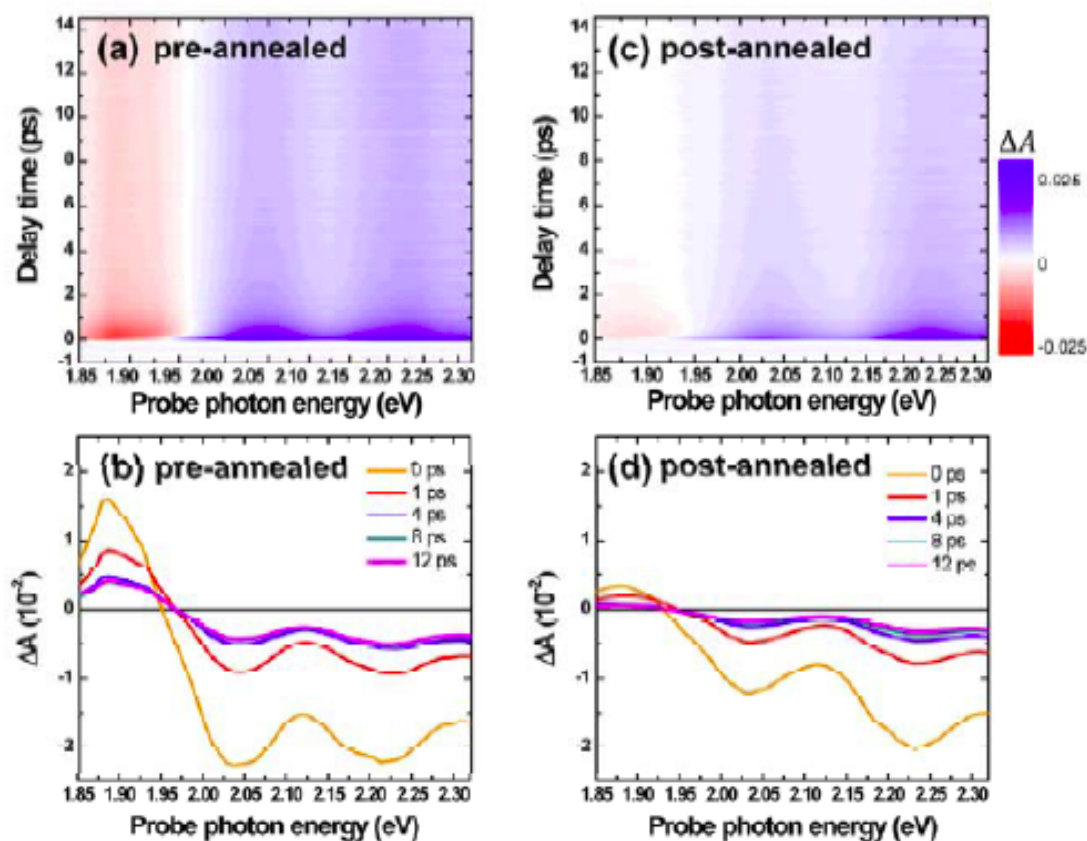


図 2

