



SATL 原子層科学
Science of Atomic Layers

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究(平成25-30年度)
領域名: 原子層科学 Science of Atomic layers (SATL)

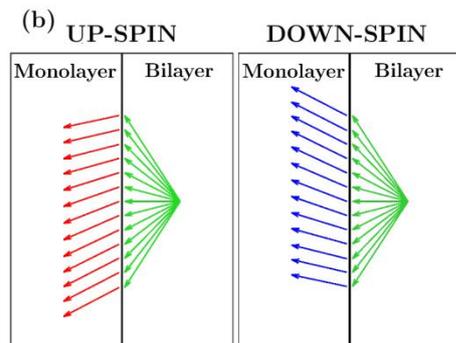
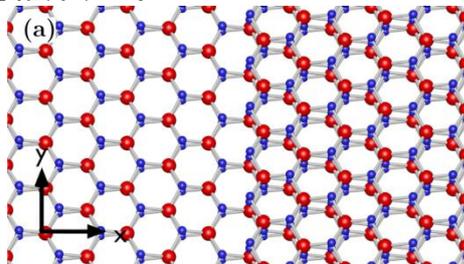
SATL news letter

◆◆◆◆ 研究紹介 ◆◆◆◆

遷移金属ダイカルコゲナイド薄膜の原子境界面における伝導電子のスピ分解現象

理論班 羽部 哲朗(東北大理)

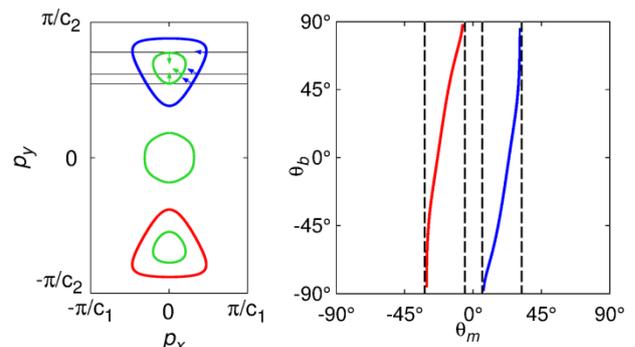
近年、新奇な原子層物質が作成可能になり、原子層の研究はカーボン系から、多彩な物質へとその対象を広げてきている。各々の原子層物質では、構造や組成の違いに基づく多様な物性が発現する。単層の遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)では、強いスピン軌道相互作用により電子スピンの縮退が解けており、偏光に依存した光学特性を示すなど原子層の新たな可能性を提示した。今回は、ホールドープされた単層 TMD と二層 TMD の接合系(下図 a)におけるスピ分解伝導の理論研究(1)を紹介する。



この接合系では、二層領域から入射した電子はスピンの向きに依存して、その伝搬方向を変える。上図(b)では実際の数値計算に基づいて、電子の伝搬方向の変化を示した。キャリアは入射角に依らず、単層領域に侵入する

とスピンに応じて左右に収斂される。

このような簡単な系でスピン分解が生じる原因は、TMDにおける電子スピンの性質が層数に強く依存している点にある。単層 TMD では電子スピンの縮退は解けているが、二層 TMD では完全に縮退している。以下に、電荷密度一定の条件下で、ホールドープされた単層、二層 MoTe₂ のフェルミ面を示す。赤線と青線はそれぞれ単層系上向きと下向きのスピン状態を表しており、緑線は二層系でのスピン縮

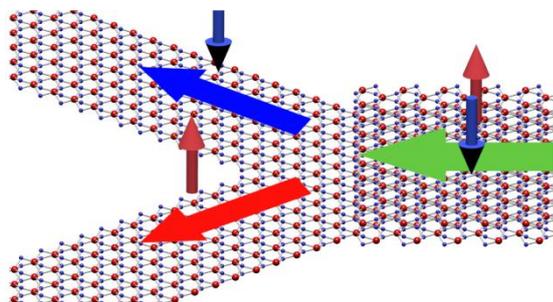


退した電子状態を表している。

不純物が非常に少ない系では p_y は伝搬途中で変化しないので、正の p_y を持つ電子はスピンの向きが下向きの場合のみ単層領域に伝搬できることがわかる。また、電子の伝搬方向はフェルミ面の垂直方向を向くので、単層と二層領域では伝搬方向が著しく変化する(左図)。右図には透過可能な電子の単層、二層領域での伝搬方向 θ_m 、 θ_0 の関係を示した。二層から単層へ透過する際に、上向き、下向きのスピンをもつ電子が狭い角度範囲に収斂され、異なる方向に伝搬することがわかる。

最後に、この現象の応用の側面として Y 接合素子によるスピンの分離を提案したい。これは二層 TMD と 2 つの単層 TMD 分岐で構成されている。この系にスピン偏極のない電子流を流すと、単層領域で上向きスピンと下向きスピンが異なる分岐に流れ分離できる(下図)。この接合はスピン分離の素子として

だけではなく、電流の流れる分岐を決定することでスピン流をそのまま電流として測定可能である。



(1) T. Habe and M. Koshino, arXiv:1411.3088



理論班 羽部哲朗
東北大学大学院理学研究科
新学術原子層 PD 研究員。
専門は物性理論。近年、新しい原子層物質が作成可能になってきていることを受け、その多様性と普遍性を軸に研究を進めていきたい。

◆◆ひとこと◆◆

縁あってこの新学術領域に参画していますが、大変貴重な機会をいただいています。キックオフミーティングではそもそも言語や作法がわからず、学部生の研究室配属初日に戻ったような錯覚に陥りました。まさか有機化学分野とグラフェン分野で「結晶」のニュアンスが異なるうとは。数ナノメートルサイズの分子で相当でかいと自信満々だったのに、「応用には数百マイクロのサイズは必要です」と言われた時の衝撃。理論の先生から頂く理想的かつ斬新な分子構造の美しさとそれを合成できない有機化学の無力さ。この1年半、皆様の温かいご指導ご支援のおかげでなんとか自分の研究の幅を広げることに挑戦できています。また、純粹有機化学的な視点からグラフェン合成に貢献するべく、少しずつですが共同

研究提案をできるようになってきました。その巨大さゆえに有機化学者が手を出しにくい領域ですが、だからこそ無限の可能性が残されていると実感しています。

化学者の新規参入がもっと必要でしょう。言語と作法の壁は特に問題ではありません。度胸の問題です。大学に入り物理がわからなくなった化学者が、2014年の秋には越野先生のお招きにより日本物理学会で発表させていただきました。何か貢献できたのか甚だ不安ですが、こうして度胸だけはつけていただいています。日本化学会でも何か企画したいと考えておりますので、その際には物理/デバイスの先生、どうぞよろしく願いいたします。新しい科学、新しい先生に日々出会う場を提供いただいている本領域に感謝し、筆を置きます。



合成班 依光英樹
京都大学大学院理学研究科
専門は有機化学 有機合成
の視点で原子層の魅力がめつつ、新しい分野を切り拓きたい。

◆◆ひとこと◆◆

先生方の「ひとこと」欄を拝読して、温故知新というべきか、身近でクラシカルな視点から学ぶべきことは多いように感じています。原子層科学の領域で最近盛んに研究されているMoS₂は、実は個人的に学生時代(もう10年前になりますが...)から慣れ親しんでいる物質です。ボルトが真空チャンバーに噛むのを防ぐためのグリスとしてよく使用しています。その潤滑作用が層状構造に起因していることからすると、原子層デバイスとしての応用は必然的な流れなのかもしれません。私は電池材料開発の研究室に所属しておりまして、そこで

遷移金属ダイカルゴゲナイド系をリチウムイオン電池正極材や太陽電池に応用しようという動向もあると聞きます。「手を真っ黒にするあのグリスが最先端のデバイスに活用されるとは！」となかなか感慨深い思いです。

申し遅れましたが私自身は公募研究の物性班で分析技術開発という立ち位置で研究に取り組んでいます。放射光を活用した顕微分光装置を扱っていて、原子層デバイスの分析に足る性能を実現するための工夫も、実にクラシカルなテクニックの蓄積から成り立っています。例えばナノオーダーの空間分解能を得るために、装置に2トンの重りを装着したり...

新たな分析技術を生み出すためにこそ先達の経験に学び、また、この新学術領域に参画させていただいているという貴重な機会を活かして今後も色々な分野の研究者の方々と連携し、分析結果を材料開発やデバイス設計にフィードバックすることができれば、と夢を膨らませつつ春を待つ厳冬の真っ只中です。皆様ご自愛下さいませ。



物性班 永村 直佳
東北大学 多元物質科学研究
所 専門は放射光分光材
料分析 様々な角度で原子
層を”見ること”(イメージ
ング)で未知の物性を明らか

したい。

○イベント報告

◆第4回原子層科学全体会議

日時: 2015年1月27日(火)28日(水)

場所: 東京大学 物性研究所

プログラム URL:

<http://flex.phys.tohoku.ac.jp/genisou/archives/meeting/4th/program20150113.pdf>

第4回全体会議では、総勢60名のメンバーが東大柏キャンパスの物性研に集まりました。

最初に領域代表から領域の方針や中間審査に向けての準備等の説明がありました。初日に行われた班会議では、新しい結果を持ち寄ることで、新しい方向への展開を議論しました。また、領域全体に波及効果の高い講習会等の企画について議論を行いました。夜の懇親会では、情報交換の場として活用いただきました。

2日目には、各研究班から今年度の研究ハイライトに関する発表及び各班を代表して数名から研究紹介がありました。領域内外、さらには国際連携を含む多くの共同研究が進行し、すでに論文としての成果発表も多く報告されています。全体会議は、一般公開されていて、若干名ですが一般の方からご参加いただきました。お礼とともに、大学院生など若い人の参加をお待ちしています。

数字で見る原子層領域の成果

	2013	2014
発表論文	91	108
著書・総説	3	6
社会貢献	10	14
受賞等	14	24
招待講演	44	95



全体会議での様子。

<http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/shuyu/j/Flyer.jpg>



全体会議での集合写真.

◆新学術レクチャー(新量子相レクチャーシリーズと共催)

1月27日 10:30~12:00

題目「2次元電子系の物質科学」

講師:岩佐義宏教授

1月28日 13:30~15:00

題目「トポロジカル原子層物質:シリセン・ゲルマネン・スタネンの現状と今後の展望」

講師:江澤雅彦

新学術の全体会議の前後に2つのレクチャーがあり、岩佐先生及び江澤先生に講演頂きました。



講演されている岩佐先生.

◆2014 Taiwan-Japan Symposium of Frontier Research on Applications of Organometallics and Atomic Layers

日時:2014年12月27日(金)28日(土)

場所:国立台北科技大学

有機合成、有機金属化学と原子層の境界領域に関連する台日若手シンポジウムを総括班/合成班依光准教授がChao-Chin Su教授との共同議長により開催した。台湾側から5名、日本側から5名の招待講演があった。Jing-Jong Shyue准教授(国立台湾大)のクラスターイオンスパッタリングによるデバイス層状構造の逐次表面解析は、原子層の解析手法としてさらなる改良が期待できる。日本側からは、依光のほか、國信洋一郎准教授(東大)によるヘテロ元素含有分子性原子層の効率合成、岩崎真之助教(岡山大)による超小型原子層分子トリフェニレンの精密合成などの講演があった。30代の新進気鋭の研究者による活発な質疑討論が行われ、有機化学と原子層科学の境界領域の発展が進んだ。台湾側世話人のFu-Yu Tsai教授、Chao-Chin Su教授にこの場を借りて御礼申し上げます。



主催者・講演者の集合写真(前列左から Peng(清華大), Muraoka(群馬大), Liu(中央大), HY, Hsi(台北科技大), Chen(台湾大), 後列左から Iwasaki(岡山大), Shyue(台湾大), Kitamura(金沢大), Yang(清華大), Tsai(台北科技大), Chan(台湾大), Kuninobu(東大))

◆原子層作製技術 講習会

日時:2014年11月7日(金)

場所:東京大学 生産技術研究所 町田研究室

第 2 回原子層作製講習会を 2014 年 11 月 7 日に開催した(東京大学生産技術研究所町田研究室)。修士課程の学生からベテランの教員まで、実験家から理論家まで、幅広いバックグラウンドの 16 名が参加した。Graphene、h-BN、MoS₂をメカニカル劈開法による作製し、光学顕微鏡を用いて単原子層領域を探索した。ミニ研究会および懇親会も実施し、参加者同士の活発な議論も見られ、研究グループ、計画班を超えた交流の場を提供できた。



写真:原子層作製講習会の様子



写真:原子層作製講習会の様子

○お知らせ・受賞等

◆廣戸聡助教(A01 合成班)の研究協力者 松野崇志君(修士課程 1 年)が第 25 回基礎有機化学討論会ポスター賞を受賞しました。

◆廣戸聡助教(A01 合成班)の研究が日経産業新聞で紹介されました。「ねじれた有機分子合成」

◆楠美智子教授(A01 合成班)の論文が Semiconductor Science and Technology 誌の 2014 Article Highlights に選ばれました。「Growth of graphene from SiC {0001} surfaces and its mechanisms」

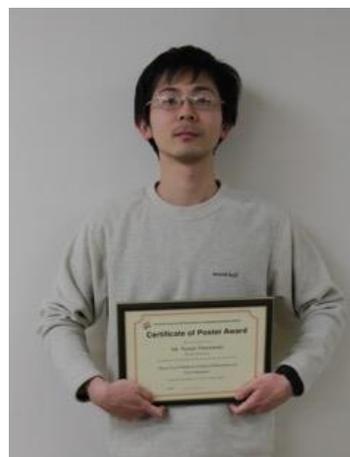
◆楠美智子教授(A01 合成班)の研究協力者 今井雅人君(修士課程 2 年)が第 14 回日本表面科学会中部支部学術講演会講演奨励賞を受賞しました。「SiC(0001)上グラフェンへの銅インターカレーションの TEM 観察」

◆河野行雄准教授(A03 応用班)の研究が「光技術 その軌跡と挑戦」(日経サイエンス別冊)で紹介されました。

◆依光英樹准教授(A01 合成班)の研究協力者 田中隆行助教が第31回井上研究奨励賞を受賞しました。



◆依光英樹准教授(A01 合成班)の研究協力者 山元裕太郎君(博士後期課程 1 年)が 9th International Symposium on Integrated Synthesis でポスター賞を受賞しました。



◆菅原克明助教(A02 物性班)が第9回日本物理学会若手奨励賞(領域 7)を受賞しました。「高分解能ARPESによるグラフェン関連物質の電子構造研究」

◆上野啓司准教授(A03 応用班)が The 6th International Conference on Recent Progress in Graphene Research (RPGR2014) にて Best Poster Award を受賞しました。「Fabrication of Ambipolar α -MoTe₂ Thin Film Field-Effect Transistors」

◆河野行雄准教授(A03 応用班)が Gottfried Wagener Prize 2014 を受賞しました。「ナノ領域におけるテラヘルツ波センシング・イメージング技術の開発」



◆藤田淳一教授(A02 物性班)が The 6th International Conference on Recent Progress in Graphene Research (RPGR2014) にて Best Poster Award を受賞しました。「Electron-beam-induced Graphitic Carbon Cage Transformation from Electrolytic Synthesized Graphene Nano dots」

◆河野行雄准教授(A03 応用班)の研究が「フロントランナー 挑戦する科学者」(日本経済新聞出版社)で紹介されました。

◆菅原克明助教(A02 物性班)が第1回 ATI 研究奨励賞を受賞しました。「2層グラフェン層間化合物の新規物性解明」

◆総括班評価委員(連携研究者)である榎敏明先生が、インド化学会の C. N. R. Rao Award Lecture の Lecturer に選出されました。

○新聞発表

今回3つの新聞発表の切り抜きを紹介させて頂きます。

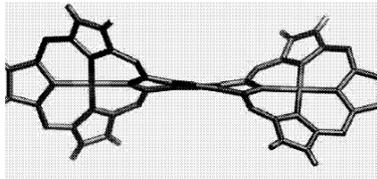


物性班 東北大 菅原助教

The Science News 科学 2014年(平成26年)4月25日(金曜日)



物性班 東北大 菅原助教



ねじれた有機分子合成

光の色変化 半導体などの配線に

名古屋大学の忍久保（しのくぼ）洋教授らは、合成にはポルフィリン（しのかぼ）洋教授らは、と呼ぶ色素分子を使っ
らせん状にねじれた有機分子の鎖を合成した。ポルフィリンなどは、共役化合物と呼ぶ種類の分子の鎖を合成した。ねじれ具合に応じて吸収する光の波長（色）が変わるほか、他の材料から電子を奪い取ったり受け渡したりする性質も違ってくるという。有機ELや有機半導体の新しい材料開発につながると思われる。

名大

だ、同じ種類の共役分子は結合しにくく、うまく合成できなかった。研究チームは、窒素や酸素でできた分子を接着剤として使うことで、4つのポルフィリン分子を強力に結合させた。今後、ポルフィリン以外の分子でも鎖を作れるように合成分法の改良などに取り組む。将来は分子の鎖を配線に使うことが可能になるとみて、研究を進める。

掲載日 2015年01月16日 日経産業新聞 010ページ
合成班 名古屋大 廣戸助教

○書籍紹介

『フラーレン・ナノチューブ・グラフェンの科学』
-ナノカーボンの世界-

基本法則から読み解く『物理学最前線』No. 5
共立出版

2,000 円 ISBN978-4-320-03525-6

2015.1.24 発行 1刷

本書の内容の中には、原子層科学のメンバーの成果が随所に見られ原子層科学の推進と、社会に我々の科学を説明するという説明責任を果たす役割があると考えている。また本書は、式の多い専門書でも情報が詰められたハンドブックでもなく、この分野を知りたい高校生から専門の研究者までが一通り楽しめる構成になっている。さらに、研究とは何か？発見とは何か？研究者になるとは何か？などに

についても触れている。(本書まえがきより)

高校での出前授業や、研究室の4年生の輪講などに是非利用下さい。



○今後の予定

◆第5回原子層科学全体会議

日時:2015年1月27日, 28日

場所:東京大学・柏キャンパス

詳細は後日 HP に掲載します。

◆国際会議 NT15

NT15(ナノチューブ、グラフェン、関連するナノ物質の国際会議)が下記の日程で開催されます。グラフェンに関するサテライト会議もあり、SATL によるサポートも行います。

日時:2015年6月28日-7月3日



会場:名古屋大学 豊田講堂

HP: www.nt15.jp

◆理論講習会「グラフェン道場」

グラフェンや原子層に関する基本的な理論を

学びます。対象は大学院生、ポスドクの方々、もちろんシニアのかたも歓迎です。留学生対象に英語セッションを設ける予定です。

日時:2015 年 2 月 18 日-2 月 19 日

会場:東北大学青葉山キャンパス 合同 B 棟 745 室

伝わる「ひとこと」を増やしております。是非、研究の合間に目を通して頂ければと思っております。

ニュースレターの充実のため皆様からのご意見をお聞かせください。

長汐: nagashio@material.t.u-tokyo.ac.jp

○編集後記

新学術「原子層科学」がスタートして早くも 1 年半が経ちました。研究成果が沢山出てきており、受賞等も数多く頂いております。少しでも雰囲気伝わるようにと、今回の vol4からは、写真を多く掲載し、領域メンバーの個性が

○事務局

編集メンバー: 長汐晃輔(応用班・東大)、北浦良(合成班・名大)、依光英樹(合成班・京大)、越野幹人(理論班・東北大)、山本倫久(物性班・東大)、劉崢(物性班・AIST)、塚越一仁(応用班・NIMS)

発行・企画編集: 文科省 科研費 新学術領域「原子層科学」総括班・事務局

HP: <http://flex.phys.tohoku.ac.jp/gensisou/>

Facebook: <https://www.facebook.com/gensisou>

連絡先: 編集責任者 長汐晃輔(東京大学) nagashio@material.t.u-tokyo.ac.jp