

物性研究所短期研究会

「走査トンネル顕微鏡による物性研究の現状と展望」 の報告

期間：平成 28 年 10 月 31 日(月)13:00~11 月 1 日(火)18:00

場所：東京大学物性研究所大講義室

ナノスケール物性研究部門 長谷川幸雄

平成 28 年 10 月 31 日(月)と 11 月 1 日(火)の 2 日間にわたって、物性研究所 A 棟 6 階大講義室において、物性研究所短期研究会「走査トンネル顕微鏡による物性研究の現状と展望」が開催された。

走査トンネル顕微鏡(STM)は、ナノスケールでの表面構造の観察と同時に局所領域における電子状態・励起スペクトル測定を可能とする手法として、物性研究に大いに利用されている。関連計測技術の進展による測定条件・環境の多様化に伴い研究対象も広がり、表面科学はもとより、超伝導・磁性体や分子系、最近ではグラフェンを始めとする層状物質、トポロジカル絶縁体など、さまざまな研究分野への展開が進行している。一方で、共通の実験手法・装置を使用しているにもかかわらず、それぞれの研究成果を発表する学会が分散しており、互いのサイエンスや計測技

術のノウハウを共有する機会が無いのが現状である。そこで、STM を用いた物性研究の第一線で活躍している国内研究者を一堂に集め、それぞれの分野での最先端の研究内容を紹介していただくとともに、討論を通じた情報交換・ノウハウ共有の場を提供することが当該分野のみならず我が国の物性研究全般の発展に極めて重要と考え、本短期研究会を企画した。

提案者は、花栗哲郎(理研)、米田忠弘(東北大多元研)、重川秀実(筑波大数理物質系)、小森文夫(東大物性研)、金 有洙(理研)であり(敬称略)、長谷川(物性研)が代表兼世話役を務めた。

プログラムは以下のとおりで、24 件の依頼講演、39 件のポスター発表の合計 63 件の発表が行われた。



18:00 ポスターセッションおよび懇親会（物性研本館 6 階）

- P1 福田 常男 (阪市大工) 「2 次元 CuNi 合金の STM 観察—スピノーダル分解の直接観察の可能性—」
- P2 柄原 浩 (福岡大) 「Si(111)7×7 表面上でのホモエピタキシーの微視的機構：高温その場 STM 観察の重要性」
- P3 山田 正理 (東大物性研) 「Cu(001)面上に形成した六方構造鉄窒化膜の構造モデル」
- P4 楊 昊宇 (奈良先端大) 「エタノール飽和吸着 Si(111)7×7 表面への Fe 初期吸着」
- P5 宮崎 洋記 (東大新領域) 「室温 STM を用いた Au ナノクラスターの作製とその特性評価」
- P6 鈴木 孝将 (福岡大) 「Si(111)- $\sqrt{7} \times \sqrt{3}$ -In 表面上への TCNQ 吸着による表面構造相転移」
- P7 寺崎 航平 (横浜市大) 「生体分子の単一分子 STM 観察を目指したエレクトロスプレー蒸着法の構築」
- P8 岩田 孝太 (東大新領域) 「室温 AFM による Si(111)-(7×7)表面上の有機分子の観察」
- P9 塩足 亮隼 (東大新領域) 「原子間力顕微鏡によるアズレン—フルバレン転位反応の高分解能測定」
- P10 Yu Wang (東北大多元研) 「STM Observation of Temperature Dependent Phase Transition of All-Trans-Retinoic Acid (ReA) on Au(111)」
- P11 Nguyen Tat Tung (東北大多元研) 「Dopamine molecule on several substances: SPM study」
- P12 湊 丈俊 (京大) 「金属酸化物の欠陥が創成する物性」
- P13 柳生 数馬 (福岡大) 「Pd のインターカレシヨインによる電氣的に中性なグラフェンの生成」
- P14 久保 利隆 (産総研) 「プローブ顕微鏡を用いた層状物質材料の評価」
- P15 安藤 淳 (産総研) 「機能性原子薄膜デバイス研究におけるプローブ顕微鏡利用」
- P16 田中 友晃 (東工大) 「単一ユニットセル FeSe の構造と電子状態:STM/STS 観察」
- P17 Hung-Hsiang Yang (東大物性研) 「Protecting Topological Surface State by Organic Monolayer」
- P18 岩谷 克也 (理研) 「高絶縁性トポロジカル絶縁体上に形成した Pb 薄膜の STM 観察」
- P19 山本 駿玄 (東大物性研) 「Ag(111)表面上に物理吸着した酸素分子の磁性」
- P20 服部 卓磨 (東大物性研) 「STM による Cu(111)面上の窒化鉄単原子層膜の形成過程と構造の観察」
- P21 高山 あかり (東大理) 「走査トンネル分光測定による(Tl, Pb)/Si(111)表面超構造における超伝導の観測」
- P22 吉澤 俊介 (NIMS) 「走査トンネル分光法による Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} の非平衡渦糸観測」
- P23 藤澤 唯太 (東理大理) 「STM/STS による CrSe₂ における軌道秩序の直接観察の試み」
- P24 水田 崇聖 (北大理) 「STM/STS による銅酸化物高温超伝導体 Bi₂212 の局所電子状態の観察」
- P25 杉本 暁 (広大総合科学) 「頂点フッ素系多層銅酸化物超伝導体における不均一ギャップの温度変化」
- P26 志賀 雅亘 (九大院工) 「点接合アンドレーフ反射法を用いた超伝導体/CeB₆ の微分伝導度測定」
- P27 高田 弘樹 (九大院工) 「金属ナノコンタクトへの低温水素吸蔵と共鳴トンネル現象」
- P28 勘原 宏大 (北陸先端大) 「YIG 球を用いた走査磁気共鳴プローブを用いた磁気センシング」
- P29 岩田 景子 (北陸先端大) 「ダイヤモンド中の NV 中心を用いた走査磁気センシングプローブの開発」
- P30 Dwi Prananto (北陸先端大) 「Detection and Imaging of Stray Magnetic Field from Magnetic Particle with an Ensemble of Nitrogen Vacancy Center in Diamond」
- P31 浜田 雅之 (東大物性研) 「Si(111)-(7×7)表面上の位相境界における電気伝導評価」
- P32 杉田 佳弘 (筑波大) 「単一分子接合形状の 3 次元動的制御とコンダクタンス計測」
- P33 汪 子涵 (筑波大) 「Ultrafast Carrier Dynamics in MoS₂ Probed by Time-resolved Multi-probe Scanning Tunneling Microscopy」
- P34 大畑 慧訓 (奈良先端大) 「XSTM/STS による劈開 Si-MIS のゲート電圧印加時におけるバンド湾曲測定」
- P35 今田 裕 (理研) 「STM 発光分光法を応用した単一分子吸収スペクトル測定」
- P36 幸坂 祐生 (理研) 「準粒子干渉におけるスピン軌道散乱」
- P37 町田 理 (理研) 「17.5T-強磁場極低温走査型トンネル顕微鏡の開発と評価」
- P38 蛭沢 貴 (東大物性研) 「超低温・面内強磁場 STM の開発」



講演およびポスター発表も、物性研内外の多くの聴衆・参加者を集めて、概ね盛況であった(参加者数：初日 99 名、二日目 100 名)。

今回発表された研究の中で特筆すべき事としては、光と組み合わせた STM 研究において著しい進展が見られ、日本が主導するいくつかの成果が報告されたことであろう。ポンププローブによる時間分解 STM や、それを見据えた TH_z パルスとの融合、さらにはレーザー照射による単分子からの発光の検出など、驚くべき成果が得られており、今後の STM 研究の一つの柱となりつつあることを実感させた。一方、ナノスケール・原子スケールでの磁化・スピン方向を明らかに出来ることから、物性研究においては重要な手法となり得るスピン偏極 STM に関しては、国内でも優れた研究成果が報告されはじめ、その技術が定着したことを感じさせた。

研究対象の側面から見ると、本研究会でも議論されたグラフェン等の二次元物質やトポロジカル絶縁体・ワイル半金属に関する研究は、昨今の物性研究の潮流であり、STM では必ずしもその特性をそのままプローブできる訳ではないものの、益々その研究対象を拡げている印象である。一方、超伝導に関しては、ギャップ測定による局所評価が直接可能なことから、非従来型超伝導体を中心に低温・磁場下での局所計測が展開されている。また、STM を駆使して原子・分子を操作しその物性を探る研究もその制御性の高さが感じられ、その技術の進歩に目を見張るべきものがあつた。

また、今回の研究会で網羅出来なかった関連分野としては、原子間力顕微鏡(AFM) が挙げられる。AFM においても、力の検出感度が向上するとともに、水晶振動子の導入により扱いが容易になり極限環境における計測も行われるようになってきている。探針制御技術も進み、探針先端に CO などの単分子を吸着させることで探針への力の及ぶ範囲を絞り込むことによって、空間分解能を飛躍的に高める研究などが進められている。物性研究、特に磁性体や量子スピン系材料には、伝導性が低いものが少なくないことから、近い将来こうした物性研究に AFM が適用され、原子スケールでの構造・スピン物性が解明されるものと期待される。今回は議論を拡散させないために、敢えて STM に限定した研究会としたが、今後も物性研究との絡みからその進展を注視していきたい。

今回、STM による物性研究をキーワードとして、さまざまな分野の研究者に声をかけ、講演をお願いしており、通常の学会・研究会では会うことのない研究者同士の交流を喚起できたのではと思われる。STM 研究の応用範囲が

益々広がり、その学際的な交流の中から新奇の研究提案が芽生え、ユニークな成果に繋がる。この研究会がそんな流れを引き起こす一翼となっていれば、存外の喜びである。

