

二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出
平成 27 年度採択研究代表者

H27 年度
実績報告書

西原 寛

国立大学法人 東京大学大学院理学系研究科
教授

有機・無機複合二次元物質、配位ナノシートの創製と電子・光・化学複合機能の創出

§ 1. 研究実施体制

(1) 西原グループ

- ① 研究代表者: 西原 寛 (東京大学大学院理学系研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・CONASH の合成と同定
 - ・CONASH のレドックス・光機能解析とキャパシタ・光電池への応用
 - ・強電子相関性 CONASH の物性解析と電子状態の理論解明
 - ・CONASH の電気化学触媒機能を探索

(2) 中里グループ

- ① 主たる共同研究者: 中里 和郎 (名古屋大学大学院工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・CONASH の FET 特性評価
 - ・半導体集積回路による CONASH 評価技術の開発
 - ・ARPES による CONASH のエネルギー・バンド構造の評価

(3) 佐々木グループ

- ① 主たる共同研究者: 佐々木 園 (京都工芸繊維大学繊維学系、教授)
- ② 研究項目
 - ・CONASH の構造—機能相関の解明

§ 2. 研究実施の概要

二次元ナノシートとはナノメートルオーダーの厚さを持った二次元高分子であり、代表的な例として2004年に報告されたグラフェンが挙げられる。炭素のみで構築された六角形の構造が広がってできているこの物質は特異的な物性を示し、新たな電子素子材料として注目を集めている。近年、様々な無機物、有機物を用いたナノシートが世界中から報告されているが、金属錯体と呼ばれる物質群もまた注目すべき構成要素である。金属錯体は金属イオンと配位子(主に有機分子)の組合せで構成されており、そのバリエーションの豊富さから、多様な物性を持ったナノシートを実現できると期待される。本

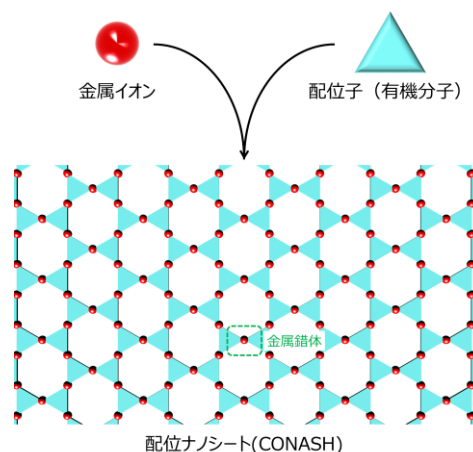


図1. 配位ナノシートの概念図

CREST プロジェクトの目標は金属錯体を主骨格とする配位ナノシート(CONASH、図1)が発現する特性や現象を追求し、それらの利用技術を開発することである。

西原グループでは既存の CONASH について合成手法を改良することによる良質化や、新たな金属イオンと配位子(有機分子)の組み合わせを利用した新規ナノシートの作製を行う他、新たな合成手法の開発を行った。合成したナノシートについて各種分光学的手法(紫外可視近赤外光吸収、赤外分光、ラマンスペクトルなど)、X線光電子分光法、各種顕微鏡(透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡)観察、佐々木グループと共同の構造解析によるキャラクタリゼーション、電気化学特性評価、触媒能評価などを行った。また、これらのナノシートを中里グループへ試料提供し、素子作製・機能評価を開始した。

中里研では CONASH の電子物性を測定するため、シリコン基板の表面に酸化膜を形成した後、基板表面に金電極をパターンニングし、その上に CONASH を形成して、4端子法で電気特性を評価した。FET 動作を見るため、基板をゲートとして電圧を印加した。ビス(ジチオラト)ニッケル CONASH とビス(ジチオラト)白金 CONASH の伝導性と FET 特性を得ることができ、電子物性解明の手がかりを得た。更に、半導体集積回路を用いた微細素子の新しい測定法を検討するとともに、角度分解光電子分光(ARPES)法による CONASH のエネルギー・バンド構造の第1次評価を佐々木グループで行った。

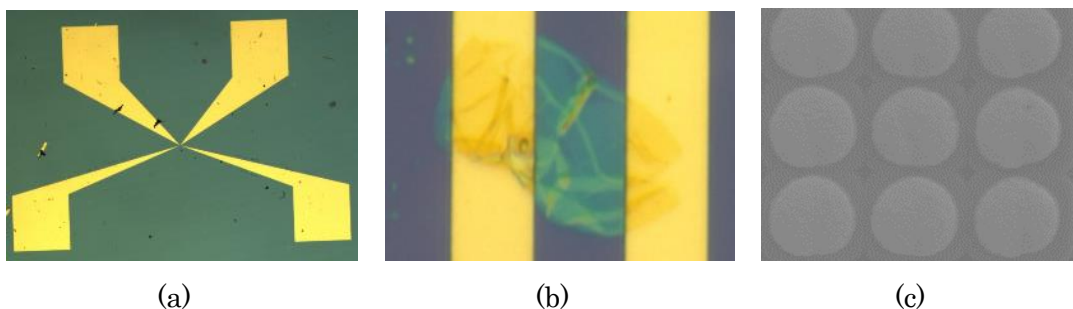


図2 (a) FET 評価電極パターン (b) ビス(ジチオラト)白金 CONASH と電極とのコンタクト (c) 半導体集積回路を用いた CONASH 測定用電極パターン

佐々木グループでは放射光の高輝度 X 線を利用し、微小な CONASH の構造を精度良く評価するための X 線散乱計測システムを構築した。CONASH のような膜厚が数十 nm の薄膜試料の構造評価には、X 線を試料表面に対してすれすれの角度(今回の場合 0.1 度付近)で入射し、試料からの散乱を検出する微小角入射 X 線散乱(GIXS)法が有効であるが、通常の測定法では微小な CONASH サンプルに実質的に照射される X 線量が少なく、散乱が微弱で得られるデータの S/N 比(ノイズに対する有用なシグナルの強度比)も低い。この問題を解決するため、フレネルゾーンプレート(FZP)を用いた集光光学系を GIXS 計測システムに組み込んだ、マイクロビーム微小角入射広角 X 線散乱(μ GIWAXS)計測システムを大型放射光施設 Spring-8 の BL45XU ビームラインに構築した(図 3)。

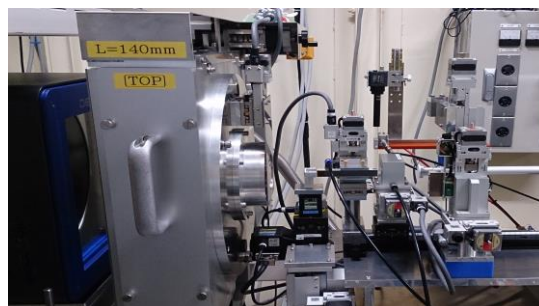


図 3. 大型放射光 SPring-8 の BL45XU ビームラインに構築した μ GIWAXS 計測システム