

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**シーズ育成タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: 超高真空、低温チップ増強ラマン分光イメージング装置の開発
プロジェクトリーダー	: 株式会社ユニソク
所属機関	: 株式会社ユニソク
研究責任者	: 尾崎幸洋(関西学院大学)

### 1. 研究開発の目的

分子中の構造情報まで測定可能な唯一のナノイメージング手法であるチップ増強ラマン散乱イメージング(TERS イメージング)を安定に測定できる装置を目標とし、そのために超高真空、低温 TERS イメージング装置、探針、標準サンプルの開発を行う。超高真空・低温環境での測定により、安定的に TERS ナノイメージングを得ることが可能となる。従来の大気中 TERS 装置は、TERS 信号強度の安定性に欠け、材料研究などの評価ツールとしては基礎研究レベルにとどまる。本装置では測定環境と探針を最適化することにより、安定性、再現性の高い TERS 測定を実現し、単一分子スケールのラマン分光を目指す。単一分子あるいはナノスケールのラマン分光の実現は、触媒反応や分子合成のメカニズム解明に役立ち、電池材料の電極表面やナノデバイスなどの材料開発の発展に寄与できると想定される。

### 2. 研究開発の概要

#### ①成果

チップ増強ラマン散乱法は、高感度、高空間分解能な分子構造測定技術として注目されているが、大気中測定においてはさまざまな不安定化要素があり、安定な測定が難しい状況にある。TERS 装置が持つ問題を解決し、次世代の安定な分子イメージング能力を持つ装置として完成させるために、○超高真空、低温条件で測定可能な装置の作製、○探針の性能を評価する標準サンプルの作製、○それをを用いた性能試験の実施と探針の改良という包括的な開発を行った。

研究開発目標	達成度
①TERS 測定に適した超高真空低温 SPM 試作機の完成	①ヘッド、光学系、装置外部など要素技術を開発し、その要素技術を盛り込んで設計した試作機を完成させた。試作機の低温性能、STM 性能、TERS 増強をテストした結果、HOPG、および金を用いた原子分解能、液体窒素使用時に温度 78K を達成し、チャンバー内でのカーボンナノチューブの増強を確認した。【達成度 100%】
②TERS 用探針の最適化と製造技術確立	②銀バルクのワイヤーからバルクの探針 を作製する加工技術を開発した。探針先端の形状をコントロールしつつ測定する技術を確立し、専用の作製装置を開発した。作製した針で TERS マッピングを行い、性能を確認した。計算、測定結果を用いて探針形状が増強率に与える影響を見積もるにも成功した。【達成度:80%】

<p>③TERS 用標準サンプルの確立のため、TERS 標準物質として最適な性質を持つグラフェンサンプルの開発</p>	<p>③TERS 標準試料としての利用の観点から SiC 表面上に形状制御されたグラフェンを合成した。TERS への応用としては、特定の位置に必要な層数のグラフェンを作製する技術が必要である。我々は環境制御を定量化し、グラフェン成長プロセスとの関係性を調査した。結果として、一層のグラフェンを再現性良く作製可能となり、また、位置制御として、基板表面に存在する転位や SiC 基板表面の加工の観点から実現を試みた。その結果、SiC 表面に含まれる貫通螺旋転位の利用によるグラフェンの形状制御を実現した。【達成度 100%】</p>
---	--

## ②今後の展開

本研究で開発した超高真空、低温 TERS 装置について当面は特注仕様の物として受注を受けつつ、耐久性、操作性などを向上して正式な型番を持つ製品として完成させる。グラフェンの標準試料に関しては測定での使用実績を積み重ね、また学会発表などを通じて TERS の標準試料としての評価を検証する。探針は更なる改良開発を行い、TERS 測定の再現性や歩留まりの向上を目指す。

## 3. 総合所見

概ね目標を達成し、次の研究開発フェーズに進むための成果が得られており、今後の取り組み次第ではイノベーション創出の可能性はある。

- ・ 当初の計画から具体性が高く、それらを実現し製品への適用もあり成果に問題はない。また、科学的な貢献としても評価できる。
- ・ 探針の最適化の検討とそれを評価するための標準資料の提案も的確で良いが、標準資料としてどこまで一般化できるかが今後のイノベーションの鍵となる。