

表面科学と真空技術のシナジー効果による次世代科学技術の推進

① ビジョンの概要

Society 5.0の実現、環境・エネルギー問題の解決や超高齢社会への適応のために、国際競争力の高い先端材料やデバイス開発が求められている。材料が無機・有機・バイオなど多岐にわたり複合化しさらにデバイスが微細化する中、表面・界面の果たす役割が極めて大きくなっている。これらの研究を支える基盤技術としての真空技術の発展も不可避であり、このシナジー効果こそが、我が国の科学技術の国際競争力強化に必要である。

② ビジョンの内容

先端材料やデバイスにおいて、表面・界面の果たす役割がますます大きくなりつつある中、表面や界面での原子・電子構造の解明と制御は、新たな材料発見や、半導体デバイス、センサーなどのIoTデバイス、高性能電池などのエネルギー材料やバイオ材料の開発に繋がる。それを支える重要な基盤技術が真空技術であり、表面・界面および真空を両輪とするシナジー効果こそが、我が国のサイエンスと技術の基盤として重要であり、その発展が国際競争に不可欠である。

今回提案する未来の学術振興のビジョンは、(1)高度な表面界面観測・解析技術による表面・界面の精密理解、(2)(1)の知見に基づいた新規環境・エネルギー・バイオデバイスの開発、(3)次世代真空技術の先導、(4)表面科学者や真空技術者の育成、を柱とする。特に(1)は表面界面科学の根幹をなし、(2)の新規デバイスの開発に直結する。またデータ科学を用いた革新的実験・解析技術の開発も急務である。また(3)の真空技術は、(1)及び(2)を支える基盤技術である他、真空は擬似的な宇宙環境を提供するため、近未来の宇宙開発や高速輸送分野にも関連する。さらに、表面・真空技術は、文化財の非破壊分析や真空を用いた経年劣化の制御などの文化財科学、近未来の宇宙開発や未来輸送技術とも関連性が高い。表面界面科学は、物理、化学、電気、機械、生体など広い分野の境界領域に位置する学問分野であり、これらを俯瞰する総合力が求められる。(4)で、このような総合的知力を持つ人材育成に大きく貢献する。

そこで研究計画として、日本の研究者が独自に開発した装置の共有化による表面科学の発展、真空関連装置の共同評価システムの構築を通じた産業力の強化、講演会・国際会議・産学連携活動による20～30年先に活躍できる研究者や真空技術者の育成を行う。

③ 学術研究構想の名称

表面科学と真空技術のシナジー効果による次世代科学技術の推進

④ 学術研究構想の概要

高度な表面・界面解析技術としては、量子ビームを用いた顕微分光法が挙げられ、これらの性能や信頼性の向上に加えて新たな観測・解析技術の開発を推進することが肝要である。高度化する技術を広く普及し将来の新規環境・エネルギー・バイオデバイスの開発に資するために、AI技術を導入しまた種々の解析技術を自動化した表面・界面解析プラットフォームを構築する。さらに試料作製プロセスと計測を組み合わせ自動化することにより、環境・エネルギー材料、量子科学の進展に寄与する測定手法、デザイン指針の普遍化に貢献する。一方、デバイス開発のためには、実デバイス表面・界面でのその場解析技術の開発を進める。実デバイス作製では、プラズマや量子ビームを用いた薄膜形成、表面加工技術の高効率化、高度化も必要となる。これらの解析・デバイス作製技術の根幹をなすのが真空技術であり、試料室を低環境負荷で高真空化できる技術を実現するとともに、消費電力を2030年までに2020年比にて50%以上削減することを目標とする。本構想では、この学際的環境をさらに産官学・国家の垣根を排したプラットフォームへ拡張する。そして学会主導による超実践的教育により全ての若手を総合的知力人材へ育て上げる。

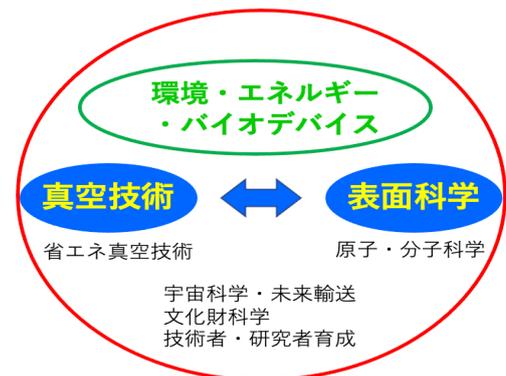


図1 表面科学と真空技術のシナジー効果

⑤ 学術的な意義

これまでの先端計測技術は、特定の熟練研究者に支えられており、迅速性や技術の継承において問題が生じている。また先端解析装置が高額になり通常の研究者が気軽に利用できず、先端的な開発の機会が限られ世界的な研究の進展に後れをとる状況が生じている。さらに、計測技術の詳細に言及すると、これまで周期的な結晶が研究対象とされてきたが、現実の材料では非周期構造である欠陥が重要であることが多く、非周期的構造の精密解析が必要となっている。欠陥の利用は、革新的な環境・エネルギー材料や量子技術へつながることが期待される。

本提案の解析技術を駆使し、半導体材料から、プラズマ・バイオ・電池表面反応など、関連学会研究者との連携も緊密に測りながら、環境・エネルギー関連研究へ展開する。

職人的技術に依存しない汎用性の高い手法を構築し、多角的な大規模データから定量的に材料特性の解析と新規材料開発の指針を得、これまで不可能だった原子レベルでの欠陥デザインの実現が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

単原子分子レベルの分光測定分野は現在日本が世界をリードしている。また、機械学習を取り入れた材料設計は世界的な材料設計の標準となってきた。しかし、単原子分子レベルの計測と材料設計を組み合わせ、自動化による大規模解析技術へと進む動きはない。本提案は、この分野で世界をリードする日本の技術をさらに昇華させ、欠陥を利用した広範な材料設計に組み込める計測技術に発展させる独自のものである。成膜技術に関する基礎研究は、欧州と日本が中心であり、台湾、米国は応用志向が強い。近年日本では、これまでこの分野の基礎研究に対する支援がやや不足してきており、今回の提案で、対外的に劣勢となった半導体開発の最先端化にも寄与したい。本提案では、学会が若手支援を行うことで、研究を通じて実践的な教育を提供し、所属研究機関の人材不足を解消して全体の研究力を向上させることが期待される。また本提案の参画研究者の多くが海外研究者とコネクションを有しており、若手の海外派遣を支援する環境は整っている。

⑦ 社会的価値

今回の提案は、宇宙空間における宇宙機と宇宙環境の相互作用の理解や、エネルギー問題に直結する制御核融合、新たな半導体素子作製、抗菌・抗ウイルス表面、人口細胞膜、スマートウインドウなど、カーボンニュートラル・SDGsにも貢献し学術的にも社会的にも意義が大きいと考える。さらに、学生や留学生、若手研究者を対象とし長期的視点に立って総合的知力人材育成にも貢献できると考える。

⑧ 実施計画等について

◎AI 技術と組み合わせた表面・界面解析、デバイス作製プラットフォーム構築

東北大学、東京大学、理研、NIMS、筑波大学、東工大、京都大学、大阪大学、九州大学、分子研、Spring-8、OISTなどで独自に開発してきた計測法をもとに、AI 技術と組み合わせた装置の開発を行う。ナノテクプラットフォームとも連携を取りながら開発・応用を進める。

◎人材育成：大学、研究所、民間企業に属する若手会員を対象に、産官学・国際的な人的交流を推進し、学際性を備えた人材育成を行う。

総経費 105 億円

◎AI 技術と組み合わせた表面・界面解析、デバイス作製プラットフォーム構築

マルチ機能走査プローブ顕微鏡装置、飛行時間型 2 次イオン質量分析法など：70 億円

各装置、AI の学習による測定自動化、維持：27 億円

◎人材育成（含英語教育）：8 億円

⑨ 連絡先

佐久間 恵子（日本表面真空学会事務局）

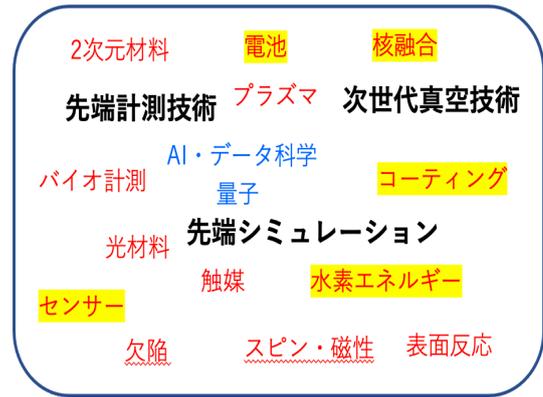


図2 本ビジョンの学術的内容