

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
戦略テーマ重点タイプ 完了報告書(公開版)概要

技術テーマ	: ナノレベルの分解能と識別感度をもつイオンセンサの実現に向けた技術開発
研究課題名	: 電子線検出によるイオン分布のナノイメージセンシングシステム
プロジェクトリーダー	
機関名	: 国立大学法人静岡大学
氏名	: 川田善正

1. 研究の目的

本研究で開発する電子線検出によるイオン分布のナノイメージセンシングシステムは、これまでのイオンセンサの空間分解能を飛躍的に向上させ、ナノスケール領域でのイオンの挙動を明らかにするものである。図1に示すようにイオンセンシングシステムに共焦点レーザー走査顕微鏡を融合することによりイオンのナノ分布とレーザー走査顕微鏡による観察を同時に実現できる手法を確立し、ナノからマイクロまで統一的に生体分子を観察可能な手法を開発する。

本検出システムでは、表面に付着したイオンによる電位変化を、収束した電子線を照射し、局所的にキャリア(電子および正孔)を励起し、その励起電流の変化でイオン濃度の変化を検出する。照射する電子線を変調することにより、励起電流を変調し高感度を検出することが可能となる。収束電子線を用いるため、キャリアの励起領域を従来の方法に比べて飛躍的に局所化することができ、ナノメトリックな分解能を実現することが可能となる。これまで光を用いてキャリアを励起する方法として LAPS (Light Addressed Potentiometric Sensors)の開発が進められてきたが、光を用いてキャリアを励起する場合、キャリアの励起範囲は光の回折限界により制限され、その分解能には限界がある。

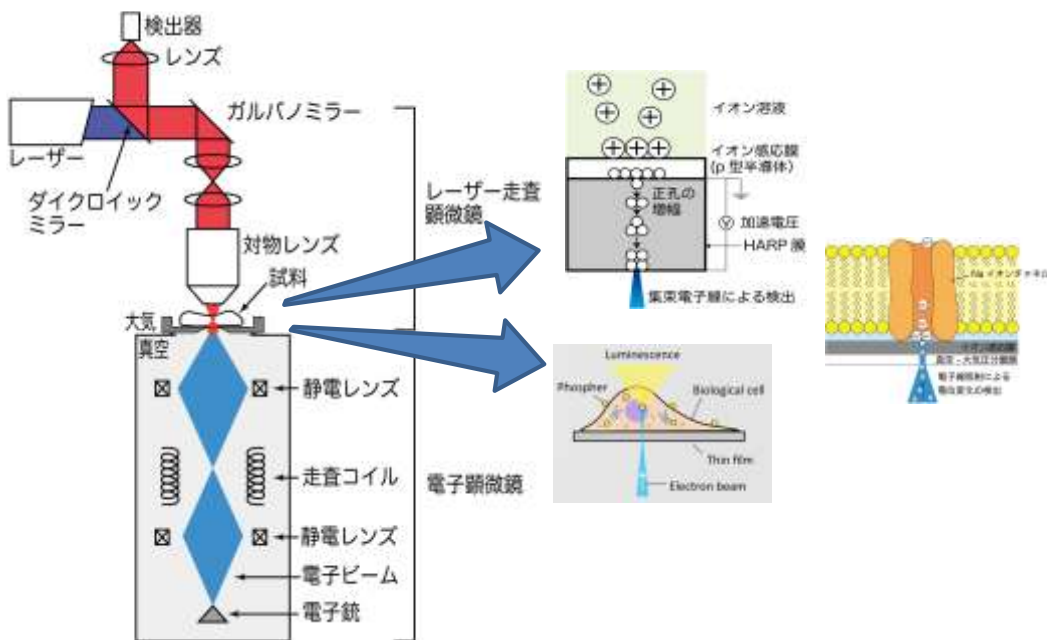


図 1. 本研究において確立するイメージングシステムの構成

2. 研究成果の創出状況

マイルストーン	達成状況
(1) 設計モデルでの数値解析による性能評価。数値解析による電子線散乱を評価し、30 ナノメートル以下の分解能を達成するためのパラメーターの最適化評価。	シリコン基板への入射電子の加速電圧と侵入長・スポット径の関係をモンテカルロ法により計算し、評価した。シリコン基板の厚さは、電子線が透過しない厚さとした。加速電圧を下げると、スポット径が小さくなることがわかった。シリコン層の厚みは50nm以下で入射電子線の加速電圧を1.3kV程度にすると、空間分解能30nmが実現する。
(2) 試作モデルでイオンの性能達成を確認。試作モデルにおいて、大気圧条件下においてpHの検出精度が0.1pH以下に収まることを確認。	電子線検出型イオンセンシングシステムにてpHの測定精度を評価した。その結果、標準誤差は、±0.07となった。
(3) 試作モデルでの空間分解能評価。試作モデルにおいて、空間分解能30ナノメートル以下が達成されることを確認。	イオンセンサー基板 SiN(50nm)/SiO ₂ (12nm)/p-Si(50nm)を用いて空間分解能をナイフエッジ法で評価した。その結果、空間分解能は0.3μmであった。従来の手法に比べ、高い空間分解能を実現した。
(4) 単一イオンチャネルのイメージング。試作モデルにおいて、単一イオンチャネルをモデル化した試料において、イオンチャネルの画像化。	イオンチャネルを含む支持脂質二重膜をイオンセンサー基板上に作製することに成功した。また、電子線検出型イオンセンシングシステムにおいて、支持脂質二重膜がある場合とない場合においてイオン濃度変化が異なることを明らかにした。しかし、イオンチャネルの画像化はできていない。今後、イオンチャネルを観察するために最適な条件を検討し、イオンチャネルを画像化する。

3. 今後の展開

これまでのイオンセンサの空間分解能を飛躍的に向上させたナノスケール領域でのイオンの挙動を明らかにするシステムとして製品化を目指す。幅広いユーザーに使うことで課題点を明らかにし、改良する。また、イオンセンサ基板の低価格化やイオンセンサ基板の取り付けられた細胞培養ディッシュの開発を行う。さらに、水素イオンだけでなく他のイオンの測定も目指す。また、本プロジェクトで開発した電子線検出型イオンセンシングシステムで用いられている倒立型電子顕微鏡鏡筒を大気圧観察用のSEMとして販売することも考えている。

以上