

研究領域名	プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の創成
領域代表者名	白谷 正治 (九州大学・大学院システム情報科学研究院・教授)
研究期間	平成21年度～25年度

揺らぎの制御によるナノ材料・ナノ構造の革新的創成プロセスの実現

1. 本領域の目的

界面がナノサイズに縮小することにより、プラズマとの相互作用に次の特徴が顕在化する。1) サイズ効果が発現する。 2) 揺らぎが顕著となる。 3) 界面寸法が相互作用長と同等以下になる。 4) 界面が反応場に構造を与える。 本領域は、これらの特徴に焦点を絞り、究極のナノプロセスの実現に必要な、プラズマとナノ界面の相互作用について組織的研究を推進し、そこに内在する法則・原理・機構を解明し新しい学術基盤を体系化する。その基盤に基づき、界面サイズ縮小で顕著となる相互作用の揺らぎの抑制法と増幅法を確立し、それぞれ揺らぎの無い超高精度トップダウンプロセスと高度に制御された自己組織化ボトムアッププロセスを実現する。これにより、従来実現できなかった高度なナノ材料・ナノ構造の創成に爆発的な発展をもたらすことを意図している。

2. 本領域の内容

本領域では、ナノ材料・ナノ構造の究極の創成プロセスの実現に必要な、プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤を以下のように確立する。

- 1) プラズマと界面の相互作用について、ナノ界面で初めて顕在化する相互作用のサイズ効果を中心に組織的研究を推進し、そこに内在する法則・原理・機構を解明し新しい学術基盤を体系化する。特に、相互作用の揺らぎを決めている要因と機構を解明する。
- 2) 揺らぎのない超高精度のトップダウンプロセスによりナノ構造を創成するために、時間平均、極低温環境等により揺らぎを抑制（負帰還）する方法論を確立する。
- 3) 揺らぎの結果として生じる自己組織化を高精度に制御したボトムアッププロセスによりナノ構造を創成するために、媒質の密度揺らぎが顕著になる臨界点近傍を用いる等により、揺らぎを増幅（正帰還）する方法論を確立する。

3. 期待される成果

本領域で確立する学術基盤は、無機・有機・バイオ等の材料を用いたナノ構造の創成に広く応用できる。このため、従来実現できなかった高度なナノ構造の創成を通して、半導体、磁性体、フォトニクス、オプティクス、環境、エネルギー、バイオ、医療等の極めて広範な分野に大きな波及効果をもたらすと期待される。

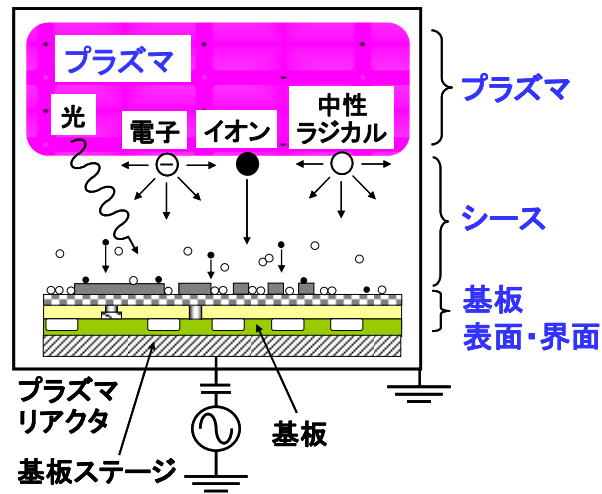
【キーワード】

ナノ界面：2つの異なった相（例えば、固相と気相）の境界面のナノスケール領域。
 トップダウン・ボトムアッププロセス：トップダウンプロセスとは、バルク材料を加工して小さな目標物を作製すること。ボトムアッププロセスは逆に、要素を組み合わせて目標物作製すること。

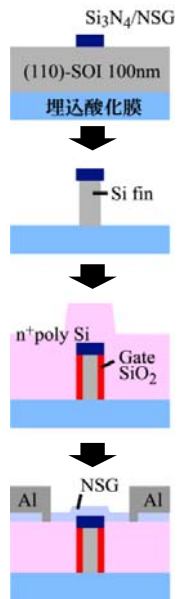
【科学研究費補助金審査部会における所見】

本研究領域は、ナノテクノロジーにおいて問題となるナノ界面とプラズマの相互作用・揺らぎを制御することを目的としている。課題に対して指導原理が明確で、研究の必要性和重要性は明らかであり、新学術領域としての展開の可能性は高いと考えられる。個々の研究計画及び方法はよく練られており、これらが連携することで大きな成果が期待できる。領域組織は高いポテンシャルを持った若い研究者により構成されており、期待以上の成果が生まれる可能性がある。バイオ応用への新しい展開も興味深い。

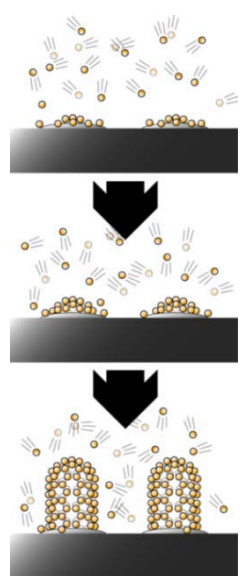
プラズマを用いたナノ材料・ナノ構造の創成はトップダウンとボトムアッププロセスに広く用いられている



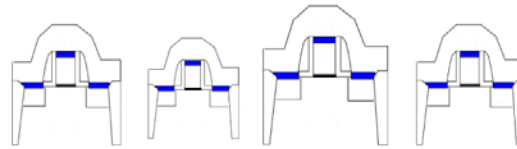
トップダウンプロセスによるULSIの作製



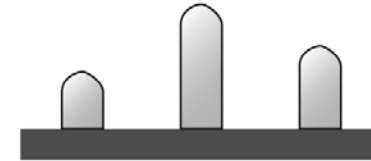
ボトムアッププロセスによるカーボンナノチューブの作製



【トップダウンプロセス】
例：トランジスタ寸法の揺らぎ



【ボトムアッププロセス】
例：ナノ構造物の揺らぎ



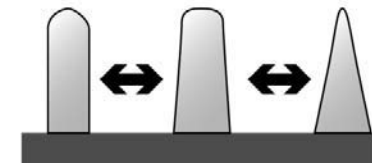
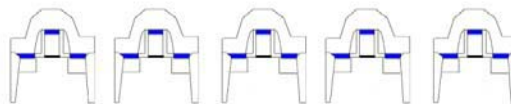
ナノ界面とプラズマの相互作用の学理の構築

揺らぎの抑制

揺らぎの増倍

寸法揺らぎのないトランジスタ作製の実現

ナノ構造物の自己組織化制御



揺らぎの制御によるナノ材料・ナノ構造の革新的創成プロセスの実現