

【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」
【研究期間】 平成21年度～平成25年度
【領域代表者】 白谷 ^{しらたに} 正治 ^{まさはる}（九州大学・大学院システム情報科学研究所・教授）

【領域代表者からの報告】

（1）研究領域の目的及び意義

プラズマを用いたナノ材料・ナノ構造の創成は、ULSI 作製等のトップダウンプロセス、カーボンナノチューブ作製等のボトムアッププロセスに広く用いられており、ナノ構造創成法として今後も中心的役割を果たすと期待される。このようなプラズマナノテクノロジーでは、プラズマと材料のナノ界面における相互作用が本質的に重要である。本領域は界面がナノサイズに縮小することにより顕在化する特徴に焦点を絞り、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的に確立することを目的とする。確立した基盤に基づき、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。本領域の発展は、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おいて我が国の学術水準の向上・強化につながると期待される。

（2）研究成果の概要

これまでの研究で、領域の目的のうち、1) 揺らぎ決定機構の解明、2) 揺らぎを抑制する方法の開発、3) 揺らぎを増幅する方法の開発の達成に関して見通しが得られた。また、いくつかの世界初の成果と新しい研究展開のシーズとなる新着想が得られた。まず、プラズマとナノ界面の相互作用が顕著に表れる集積化マイクロソリューションプラズマ、超臨界クラスタ流体中のプラズマ、固・液・気・超臨界相が混在するプラズマ等を創成した。これらの新しいプラズマ生成法の確立は、プラズマとナノ界面の相互作用の理解とその制御方法の開発につながる成果である。つぎに、プラズマ・固体界面、プラズマ・液体界面、プラズマ・生体界面に関係する諸量等に関する計測を中心に研究を推進した。さらに、ULSI 用の次世代ナノ加工技術に関する応用、超臨界流体プラズマの材料プロセスおよび物質変換手法への応用、バイオ・医療分野への応用を目的としてのナノ粒子創成、プラズマ揺らぎが誘起する多形結晶創成等を推進した。下記に具体的な成果例をあげる。次世代ナノ加工技術に関しては、ナノスケールの表面荒れの発生機構に対する理解が進んだ。反応性プラズマ中のナノ粒子の成長に関しては、正帰還、帰還無し、および負帰還の3つの成長領域が存在することを解明した。超臨界クラスタ流体中のプラズマの特長を生かし、5-12 次のダイヤモンドイド合成に成功した。プラズマ・液体界面の相互作用を用い、プラズマの構造を液体界面に直接転写することや高効率メタノール合成に成功した。

【審査部会における評価結果及び所見】

A－（研究領域の設定目的に照らして、概ね期待どおりの進展が認められるが、一部に遅れが認められる）

（1）総合所見

本研究領域は、ナノプラズマ界面に関する法則・原理・機構を解明し新しい学術基盤を体系的に確立するとの、挑戦的課題を掲げた領域である。ナノ加工、ダイヤモンド合成等の個々の研究では、幾つかの優れた研究成果が出ており、高く評価できる。一方、対象とする分野が広いためか到達目標が必ずしも明確ではなく、研究グループ間での連携が見えにくい。今後、領域全体として新しい知見を獲得して学術基盤を構築するため、研究グループ間での連携が強く求められる。

(2) 評価に当たっての着目点ごとの所見

(a) 研究の進展状況

「多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指すもの」とした当該領域において、ナノ界面プラズマを「作る」、「見る」、「使う」の視点で研究に取り組む姿勢は、高く評価できる。一方、対象とする分野が広く個々のグループが独立して研究を実施している印象があり、グループ間での共同研究が進展していないとの意見があった。

また、「当該領域の研究の進展が他の研究領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらすもの」として、各グループ内では、幾つかのすぐれた成果があがっている点は評価できるが、他の研究領域に波及効果をもたらすような進展は見られないとの意見があった。

(b) 研究成果

「多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指すもの」とした当該領域において、個々のグループにおいては新しい着想を得て、成果をあげている点は評価できるが、共同研究としての成果は明確ではなく、今後、グループを超えた共同研究を実施すべきとの意見があった。

また、「当該領域の研究の進展が他の研究領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらすもの」とした当該領域において、プラズマによるナノ構造形成、5-12 次のダイヤモンドの合成が示され、さらに、プラズマのバイオや生体、医療への展開等についても成果が出始めている点は高く評価できるが、他の研究領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらすような成果はまだ得られていない。

(c) 研究組織

特に問題点を指摘する意見は無かった。

(d) 研究費の使用

特に問題点を指摘する意見は無かった。

(e) 今後の研究領域の推進方策

要素技術の開発は概ね順調である。新領域の創成に繋がるような大きな成果はこれからという段階であり、今後、研究グループ間での連携および共同研究を推進し、他領域へ波及するような大きなインパクトをもつ成果の発信を期待したい。