

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	井上 朋也
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 中嶋 敦
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 近藤 寛
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 羽曾部 卓
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 畑中 美穂
(論文審査の要旨) 学士(理学)、修士(理学) 井上朋也君提出の学位請求論文は「有機基板上に精密担持されたナノクラスターの電子物性と反応性評価」と題し、7章から構成されている。 均一なナノ構造体による表面修飾は、表面・界面における機能高度化において有望な手段として期待されている。この表面修飾担持は、気相法を用いて生成させた数十個程度の金属原子の集合体であるナノクラスター(NC)イオンに対して、原子数単位で構成原子数や元素組成比、電荷を精密に制御してソフトランディングさせることで達成できる。修飾表面の機能化は、光学応答、触媒反応、電磁気応答に関連した機能材料への応用に資すると考えられることから、幾何的にも電子的にも安定な「超原子」と呼ばれるNCの活用が注目されている。しかし、このNC超原子を用いた均一で安定なナノ構造体の作製では、表面でのNCの解離や凝集を制御する方法論の構築を含めて、その精密な物性評価は極めて挑戦的な課題と位置付けられてきている。 そこで本論文では、気相法にて精密合成されたNC超原子による機能表面の構築とその評価として、NC超原子の単一分散で安定的な表面修飾方法の開発と、その反応性の精密評価法の構築を目的としている。NC超原子の凝集や酸化、電荷を制御した表面担持の実現では、適切な有機分子を予め基板に蒸着し、電子物性を制御した有機基板を担体に用いて達成している。作製したNC超原子の蒸着膜の反応性評価では、気体分子の曝露量の精密制御と光電子分光測定とを組み合わせた方法論を構築し、担持有機基板の意義を含めてNC超原子の特徴を構成原子数や元素組成比との相関として明らかにしている。 第1章では、研究の背景として、表面修飾・観測技術の発展と有機半導体分子およびクラスター科学の展開について概説し、本論文の各章の内容を記している。 第2章では、有機分子蒸着セルや気相高強度NC合成装置、3種類の光源を用いた光電子分光法などの実験装置とその動作原理・測定原理を、量子化学計算の手法とともに詳述している。 第3章では、有機半導体分子として半・全フッ素置換ルブレ(C₄₂F₁₄H₁₄, C₄₂F₂₈)を表面修飾させた基板を作製し、1光子-2光子光電子分光を併用することで蒸着薄膜の電子準位の変化について述べている。フッ素置換とともに占有・非占有準位のエネルギーは共に深くなり、有機分子修飾によって基板の電子特性が設計できることを示している。 第4章では、2種類の電荷特性の異なる有機分子で予め修飾した基板に、気相合成したアルミニウム(Al)NCの構成原子数を単一にして単一分散にソフトランディングさせて、その化学状態と反応性について述べている。電子供与性の有機分子による有機基板上でAlNCの13量体(Al₁₃超原子)が負電荷を帯び、幾何的にも充填構造をとり、担持Al₁₃超原子が安定化することを見出している。 第5章では、Alと同じ13族元素のホウ素(B)で原子置換したAl-B複合NC担持薄膜の酸化反応性において、Al-B複合NCにおける元素置換効果はBの組成比が大きくなるNCで強く現れることを見出し、幾何構造を含めた反応障壁の大きさとの相関を明らかにしている。 第6章では、Al₁₃超原子とタンタル内包シリコンケージ超原子(Ta@Si₁₆)のそれぞれの担持薄膜の反応性の違いについて述べ、Ta@Si₁₆超原子の方が優れた酸化耐性をもつことを明らかにしている。 第7章では、各章の結論を述べ本研究の成果をまとめている。 以上要するに、本論文は均一なナノ構造体による表面修飾による機能化を念頭に、NC超原子の単一分散で安定的な表面修飾方法として有機基板の特性と意義を明らかにするとともに、担持NC超原子の反応性の評価から、その特徴を構成原子数や元素組成比、および幾何構造との相関として明らかにしている。これらの知見と方法論は、超原子NCを最小の構成単位とする次世代機能材料の創出に重要な基礎をなすものであり、物理化学、そしてナノ材料化学の発展への寄与が少なくない。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。		