

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13788 号
------	---------------

氏 名 石 权

論 文 題 目

Role of impurity deposition in the formation of silicon nanocone
by using low energy helium plasma irradiation
(低エネルギーヘリウムプラズマ照射によるシリコンナノコーンの形
成における不純物堆積の役割)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研 究所	准教授	梶田 信
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	大野 哲靖
委員	名古屋大学	低温プラズマ科学研究 センター	教授	石川 健治
委員	名古屋大学	工学研究科	客員教授	中村 浩章
委員	名古屋大学	工学研究科	客員教授	一野 祐亮

論文審査の結果の要旨

石 権君提出の論文「Role of impurity deposition in the formation of silicon nanocone by using low energy helium plasma irradiation (低エネルギーヘリウムプラズマ照射によるシリコンナノコーンの形成における不純物堆積の役割)」は、ヘリウムプラズマによるシリコンのナノコーンの形成過程、そのメカニズムや制御性を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、シリコン表面にナノコーンを形成する応用例や、これまで報告されているビーム実験やヘリウム照射実験によるナノコーンの形成例と問題点についてまとめられている。ナノコーンが形成されると光学特性が著しく変化するため、光を用いた吸収体や放射体などを含めて幅広く応用性があることが記述されている。さらに、近年着目されているヘリウム照射の場合には、ナノコーンの形成のメカニズムが十分理解されておらず、不均一性が生じるため、そのメカニズムの理解と制御の重要性が示されている。

第2章では、本研究で用いたプラズマ照射装置に関する詳細に加えて、形成過程のモデルに用いたモンテカルロシミュレーションコードSUROに関してまとめられている。高密度のプラズマが生成可能な直線型装置を用いてヘリウム照射を行い、表面のスパッタリングや再堆積のプロセスを含めて、表面構造の変化過程をモデリングする手法について詳述されている。

第3章では、ヘリウムプラズマにより誘起されるナノコーンに関して、白色化したものと黒色化したものの条件の違いを詳細に議論している。特に、サンプルを導入する試料ホルダの違いに着目し、表面のX線光電子分光の解析結果を用いて、表面に堆積するタングステンやモリブデンの密度が重要であることを発見している。

第4章では、3章で形成されたナノコーンシリコンに関して、モリブデン等の不純物の堆積が重要である知見を利用して、モンテカルロシミュレーションを使って、ナノコーンの形成を再現している。不純物を置いたセルを中心にナノコーンが徐々に形成されることを示し、斜入射イオンに対する表面構造変化や、スパッタリングされた粒子の再堆積による変化をシミュレーションにより明らかにしている。

第5章では、モリブデンを追加で堆積する実験を行い、表面構造変化に対する入射イオンエネルギーや堆積量の依存性を系統的に調べ、ナノコーンのアスペクト比や、高さに対しての支配的なパラメータの調査を行っている。プラズマの分光計測を用いて金属不純物の定量的な評価を行い、SEMやTEM観察をもとに、堆積の様子や構造変化を明らかにし、その実験結果をもとに、ナノコーン形成のメカニズムを議論している。そして、金属の堆積を行うことにより、均一なナノコーンを制御しながら形成できることを示した。

第6章では、総括として本研究の結論を与えている。

以上のように本論文ではヘリウムプラズマ誘起のシリコンナノコーンの形成実験を行い、金属堆積の重要性を示し、さらに制御性が高く均一なシリコンナノコーン形成が可能であることを示している。これらの評価方法並びに得られた結果は、ヘリウムプラズマ照射の産業応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である石 権君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。