

Title	Study on Photoluminescence of Silicon Nanocrystals
Author(s)	Pham, Hong Duong
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46028
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	フナム ホン スオン PHAM HONG DUONG
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19119 号
学位授与年月日	平成17年2月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	Study on Photoluminescence of Silicon Nanocrystals (シリコンナノ結晶における発光の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 伊藤 正 (副査) 教授 冷水 佐壽 教授 宮坂 博

論文内容の要旨

シリコン結晶は電子材料、受光材料としては優れているが、電子のバンド構造と励起電子のオージェ緩和などのために発光材料には向かないことが知られている。しかし、1990年、ポーラスシリコンの可視発光発見に端を発したシリコンナノ粒子や超薄膜の研究により、シリコンナノ構造体が可視発光材料として有望視されるに至った。しかし、その発光メカニズムについてはいまだ明確にされていない点が多い。

そこで、本論文ではシリコン-シリカの組み合わせによる数種のナノ構造体を作成し、その構造と発光に関する実験研究をまとめたものである。まず、p型シリコン薄膜の陽極酸化によるイエローポーラスシリコンファイバー構造の試料において、従来より高い温度での焼鈍処理、レーザー照射効果を行い、シリコンナノ結晶の発光測定からナノ結晶粒系の成長と表面の酸化についての知見を得た。次に、石英ガラス(シリカ)中に従来よりも高エネルギーでシリコンイオンを打ち込み、引き続き熱処理した試料において、ナノ結晶特有の発光を観測し、その特異な温度依存性を解析した結果、量子サイズ効果と励起子内部構造に起因するナノ結晶の発光メカニズムを明らかにした。次に、シリコンイオンと金イオンを同時打ち込みした試料においては、金の触媒作用によってシリコンナノ結晶が熱処理なしに生成され、ナノ結晶の発光が直接観測されることを発見した。この結果は作製時におけるナノ結晶の粒径制御性を容易とするものとして注目される。さらに、スパッター法やゾル・ゲル法などを組み合わせて、シリコン/シリカ多層膜構造、シリカ多孔体薄膜中にシリコンナノ結晶を成長させた自然微小共振器構造体などを作製し、これらの試料において、紫外線照射によって発光強度が著しく増大する現象、発光スペクトルに明瞭な干渉縞が観測されることなどを見出した。これらの結果から、紫外線照射による発光強度の変化と水分子の吸着脱離現象との関係を示唆するとともに、干渉縞からシリコンナノ結晶超薄膜層の試料内で表面からの深さ分布を正確に求める手法となることを理論解析と比較して示した。

以上の一連の研究から、今後シリコンナノ構造体の光電子材料、光触媒材料としての応用を考える際に必要となる、構造体の種類に依存しない有用な共通的知見が得られた。

論文審査の結果の要旨

シリコン結晶は電子材料、受光材料としては優れているが、電子のバンド構造と励起電子のオーグジュ緩和などのために発光材料には向かないとされていたが、1990年、ポーラスシリコンの可視発光発見に始まるシリコンナノ粒子や超薄膜の研究により、シリコンナノ構造体が可視発光材料として有望視されるに至った。しかし、その発光メカニズムやナノ構造の違いが及ぼす影響については明確にされていない点が少なくない。

本論文では、シリコン-シリカの組み合わせによる数種類のナノ構造体を作製し、その構造に依存した発光に関する分光学的研究をまとめたものである。まず、p型シリコン薄膜の陽極酸化によるイエローポーラスシリコンファイバー構造の試料の発光に関して、従来よりも高温の焼鈍処理やレーザー光照射によるナノ結晶粒系の成長と表面の酸化を議論している。

次に、石英ガラス（シリカ）中に従来よりも高エネルギーでシリコンイオンを打ち込み、熱処理を行った試料について、ナノ結晶発光の特異な温度依存性を見出し、量子サイズ効果と励起子内部構造に起因する発光メカニズムを明らかにした。また、シリコンイオンと金イオンを同時打ち込みした試料においては、金の触媒作用によってシリコンナノ結晶が熱処理なしに成長することを発見した。この結果は作製時におけるナノ結晶の粒径制御を可能とするものとして注目される。さらに、スパッター法やゾル・ゲル法などを組み合わせて、シリコン/シリカ多層膜構造、シリカ多孔体薄膜中にシリコンナノ結晶を成長させた微小共振器構造体などを作製し、これらの試料において、紫外線照射によって発光強度が著しく増大する現象、発光スペクトルに明瞭な干渉縞が観測されることなどを見出した。これらの結果から、紫外線照射効果と水分子の吸着脱離現象との関係をモデル化するとともに、発光する超薄膜層の試料表面からの深さ分布を高精度に求める手法を開発した。

以上のように、本論文はシリコンナノ構造体の発光・光触媒材料としての応用を考える際に有用なナノ構造体の光物性に関する共通的知見を得たものであり、シリコンの基礎科学の発展への貢献はもとより、発光材料としての応用研究の発展にも寄与するところが大きく、博士（工学）として価値あるものと認める。