



光電子集積回路のためのフォトニック結晶

ナノデバイス・システム研究センター
大学院先端物質科学研究科 半導体集積科学専攻
助教授

中 島 安 理

e-mailアドレス nakajima@sxsys.hiroshima-u.ac.jp

Homepageアドレス <http://www.rcis.hiroshima-u.ac.jp/>

● はじめに

本21世紀COEプログラムでは光・無線複合インターコネクション技術の研究を行っている。筆者はフォトニック結晶をLSIとモノリシックに集積する技術開発と新機能の実現を担当する。

● これまでの研究と成果

筆者は、これまでに(1) Si単一電子デバイスの作製とそのデバイス物理、(2) Si量子ドットや金属ナノクリスタルの自己組織化形成と物性・デバイス応用、(3) 超イオン導電体におけるイオン伝導機構と欠陥構造の光散乱・発光測定による解明、(4) 原子層成長法によるゲート絶縁膜の形成とその信頼性、(5) Si系フォトニック結晶の作製などの研究を行ってきた。

(1)では特に、Siナノサイズフローティングゲートをチャネル細線上へセルフアラインに形成する方法を開発し、単一電子メモリ効果を室温で観測した。(2)では、減圧化学気相法によるSi量子ドットの作製法の開発、ゲート酸化膜中への低エネルギーイオン注入による金属ナノクリスタルの自己組織化形成法の開発、ポーラスSiの光物性の研究等を行った。(3)では、 ZrO_2 や CeO_2 系超イオン導電体についての準弾性光散乱による研究等がある。(4)はナノデバイス・システム研究センターにおける主要研究テーマであり、これまでに自己停止機構をもつSi窒化膜の原子層成長技術を開発し、Si窒化膜/ SiO_2 スタックゲート絶縁膜とSi窒化膜ゲート絶縁膜について実用化研究を行っている。また、 ZrO_2 や HfO_2 等の高誘電率ゲート絶縁膜についても原子層成長技術を開発中であり、本COEプログラムにおける筆者の分担研究テーマの一部である。図1に原子層成長技術で形成した ZrO_2 / Si 窒化膜スタック絶縁膜の電子顕微鏡写真を示す。

(5)については、本COEプログラムにおける筆者の分担研究テーマである。これまでにSi系材料を用いた3次元フォトニック結晶の作製技術の開発を行ってきた。図2は、試作した3次元フォトニック結晶の写真である。



● 研究概要とインパクト

フォトニック結晶は、光の強い局在化に伴う新しい非線形光学現象の出現やレーザーの低しきい値化の実現等で大きな期待がよせられている。特に、フォトニック結晶をSi系の材料で形成した場合には、低コストで光電子集積回路が実現する事が可能となりインパクトが非常に大きい。

本21世紀COEプログラムの光・無線複合インターコネクションに対しては、フォトニック結晶を用いて1) 急峻曲がり光導波路、2) 波長選択フィルター、3) 低電圧駆動発光素子の実現等を目指している。

この技術が完成すれば、超高速LSIの高集積化や、光インターネット網における波長多重通信素子の超小型化が可能になり、情報社会の発展に大きく貢献できる。

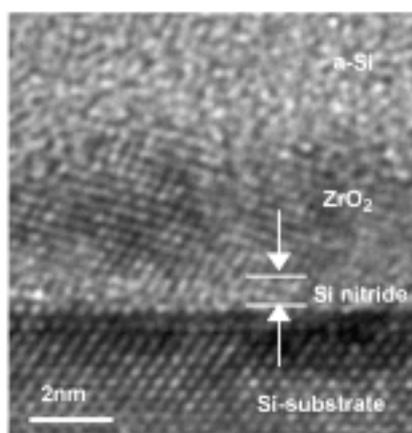


図1 形成したZrO₂/Si窒化膜スタック絶縁膜の透過電子顕微鏡写真。Si窒化膜とZrO₂膜の両方について原子層成長法により堆積した。堆積後、高温アニールしてZrO₂を結晶化させている。図においてSi窒化膜の膜厚は堆積した膜厚(約0.5nm)と一致しており、Si基板とZrO₂膜の間に通常形成される低誘電率の界面層の形成の抑制を確認する事ができた。

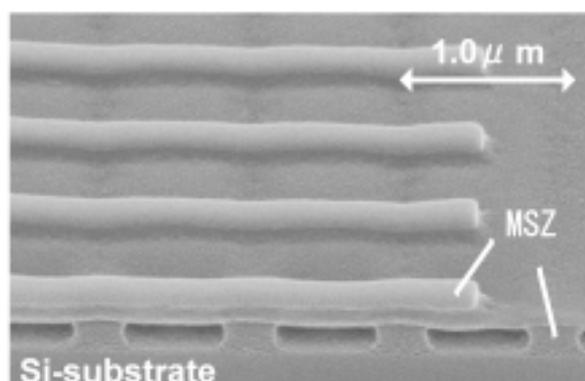


図2 作製したフォトニック結晶の走査電子顕微鏡写真。電子ビーム照射によって感光する絶縁膜(感光性メチルシラザン: PS-MSZ)を利用して、積木構造のフォトニック結晶を従来より簡便に(約半分の工程で)作製した。