



Title	Applications of ESR Imaging and Pattern Formation in Porous Silicon
Author(s)	古田, 寛
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41552
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	古 田 寛
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 3 8 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Applications of ESR Imaging and Pattern Formation in Porous Silicon (ESR イメージングの応用及び多孔質シリコン中のパターン形成)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 池谷 元伺 (副査) 教 授 平尾 孝 教 授 木下 修一 教 授 交久瀬五雄 助教授 菊池 誠 助教授 中田 博保

論 文 内 容 の 要 旨

多孔質シリコンは室温で強い可視発光を示すため、発光デバイス材料として注目されるが、発光サイトの特定や構造形成過程など未解明な点も多く、物理的にも興味を持たれる。多孔質シリコンのナノサイズ構造の形成と発光の減退について、電子スピン共鳴 (ESR)、走査型 ESR 顕微鏡、および量子閉じ込め効果を考慮した格子モデル計算を用いて研究を行った。

フッ酸中での陽極酸化により作成した多孔質シリコンを(i)自然酸化、(ii)自然酸化後酸素イオン注入した試料それぞれについて、常磁性中心の 2 次元空間分布を画像化し、発光強度分布画像と比較した。酸化膜界面に存在するダングリングボンドである P₀ 中心は、高密度領域において発光強度と負の相関にあり、低密度において正の相関にあった。このことは、P₀ 中心および発光に関与した中心が伴って生成されることを示唆する。P₀ 中心は非発光再結合中心として振舞うので、高密度に存在する場合、発光関与中心とのオーバーラップのため、発光効率が減少したと結論した。一方、多孔質シリコンへの酸素イオン注入により、発光強度は減少し、等方的ダングリングボンド ($g=2.0056$) と、粉末かつアモルファス構造を示す ESR スペクトル形の酸素ホール中心 ($g_1=2.0036$, $g_2=2.0064$, $g_3=2.061$) が生成された。多孔質シリコン中に生成された不対電子の ESR スペクトル形から判断し、酸素イオン注入により、基盤の結晶性を保持した構造から粉末かつアモルファス構造に変化したと考えられる。酸素イオン注入による減光は、微結晶構造の破壊あるいはダングリングボンドの生成により引き起こされたと結論した。

量子閉じ込め効果を考慮した格子モデルを用い、多孔質シリコンの空間構造形成をシミュレートした。初期表面でのランダムな配置をした 20% の空セルからの計算により、終状態を求めた。陽極酸化バイアスが増えるに従い、顆粒状、柱状、平坦構造の終状態を得た。計算された構造パターンは、測定した多孔質シリコンの原子間力顕微鏡 (AFM) 画像や透過電子顕微鏡 (TEM) 画像と一致した。このモデル計算は、低抵抗 P 型シリコンウェハ中に、柱状かつ樹木状構造が形成される実験報告と一致した。さらに、バンドキャップ大きさの空間分布が、自己組織的樹木状パターンを形成し、そのことから、多孔質シリコンのナノワイヤ中にある電子とホールの伝播に影響を及ぼすことが予測された。

また、ESR イメージングの工学分野への応用として ESR イメージアニーリングの手法を研究した。ガンマ線照射したアラニン線量計を温度勾配のもとで焼鈍し、ESR 画像を測定した。ESR 画像の各ピクセルでのラジカルの寿命を画像解析により求め、アニーリングパラメータ (活性化エネルギー E , 振動数因子 ν) を得、材料科学分野での

ESR イメージングの有用性を示した。

論文審査の結果の要旨

半導体中の不対電子の濃度分布を ESR 画像計測で調べ、フッ化水素中での陽極酸化で作成したポーラスシリコンの発光と不対電子濃度との相関を見いだした。量子閉じこめ効果を考慮したエッチングのセルオートマトンモデル計算から、ポーラスシリコンのナノ構造自律形成について明らかにした。これらの結果は、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。