

| | | | |
|---------|---|------|------|
| 氏名(本籍) | おかもと しんじ (愛知県) | | |
| 学位の種類 | 博士(理学) | | |
| 学位記番号 | 博甲第1,662号 | | |
| 学位授与年月日 | 平成9年3月24日 | | |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 | | |
| 審査研究科 | 物理学研究科 | | |
| 学位論文題目 | Persistent Spectral Hole-Burning Phenomena in CuCl Nanocrystals (CuCl ナノクリスタルの永続的ホールバーニング現象) | | |
| 主査 | 筑波大学教授 | 理学博士 | 舛本泰章 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 理学博士 | 長澤博 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 理学博士 | 福谷博仁 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 理学博士 | 中塚宏樹 |

論文の内容の要旨

本論文はNaCl結晶中およびガラス中に成長させたCuClナノクリスタルの永続的ホールバーニング現象の機構を考察し、この現象の応用を研究したものである。

半導体ナノクリスタルは、量子閉じ込め効果を示す他、光エレクトロニクス素子への応用の可能性から、盛んに研究されている。また、最近、半導体ナノクリスタルで、永続的ホールバーニング現象を示す事が発見され、機構については、ナノクリスタルの光イオン化により説明されてきたが、より詳細な機構の研究が求められてきた。

本研究では、NaCl結晶中に成長させたCuClナノクリスタルを中心に研究を行い、不均一に広がった Z_3 励起子吸収帯中に開けられた永続的ホールバーニングのスペクトル形状、そのスペクトルホール面積の温度サイクルから、この試料のスペクトルホールには温度50Kで消失する成分と150Kで消失する成分の2種類が存在すること、すなわち二つの準安定準位間のポテンシャル障壁の高さが、それぞれ140-160meVと400-420meVである2種類の二準位系が存在することが、明らかにされた。

試料の発光スペクトルには Cu^+ ダイマー発光が観測される。光照射時間の増加により、NaCl中の Cu^+ ダイマーによる発光が減少し、温度サイクル実験から150Kでほぼ回復することが明らかにされた。これは光照射により Cu^+ ダイマーが Na^+ とイオン交換して Cu^+ モノマーに光解離し、150Kで元のサイトに戻るからだと推測された。これらの Cu^+ イオンの変位による発光スペクトルの変化は、その温度依存性から永続的ホールバーニング現象に密接に関連するものと思われる。温度変化を説明する準安定二準位間のエネルギー差は報告されている第一原理計算の値とほぼ一致した。このことから、永続的ホールバーニング現象と試料中の Cu^+ イオンの変位とが関係しており、試料中の Cu^+ イオンの変位が永続的ホールバーニングの少なくとも引き金になっているであろうことが推論された。

続いて、永続的ホールバーニング現象の応用として、サイト選択分光法および、光多量メモリとして応用の可能性が検討された。

CuClナノクリスタルのスペクトルホールとそのすぐ脇に見られるフォノンサイドバンドのエネルギー差が、ナノクリスタルの直径に反比例し、ナノクリスタルを弾性球と仮定したときの計算値と一致した。これは、ナノクリスタル中に閉じ込められた音響型フォノンと同定された。また、ガラス中に成長させたCuClナノクリスタ

ルでは表面モードが観測されるのに対し、NaCl中に成長させたCuClナノクリスタルでは内部モードが主に観測され、マトリックスによるフォノンモードの違いが初めて観測された。

スペクトルホールの高エネルギー側に見られる様々なフォノンサイドバンドについての同定も行った。その結果、スペクトルホールとのエネルギー間隔から、LO、TOフォノンによる構造、 $Z_{1,2}$ 励起子の量子閉じ込めによる構造、量子閉じ込めを受けた Z_3 励起子の励起状態による構造などがサイドバンドとして見られることが明らかにされた。

最後に、永続的ホールバーニング現象を、光多重メモリとして使える可能性が示された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文はCuClナノクリスタルの永続的ホールバーニング現象を研究し、現象の構造について新しい提案を行い、かつ、ホールバーニング現象のいくつかの応用の可能性を示したものである。

半導体ナノクリスタルの永続的ホールバーニング現象はごく最新発見されたばかりで、現在、活発に研究が進んでいるが、現象の機構については、ナノクリスタルの光イオン化が最も有力な説である。本論文は、CuClナノクリスタルをとりあげ、丁寧な分光研究を行うことで、NaCl母体結晶中での Cu^+ イオンの変位と永続的ホールバーニング現象の相関を始めて見出したもので現象の機構を探る上で重要な発見を行った。

続いて、永続的ホールバーニング現象の積極的な利用を企て、ナノクリスタル中に閉じ込められた音響型フォノンモードの測定、およびナノクリスタル中に閉じ込められた励起子の励起状態の同定といったサイト選択精密分光への応用、また、光多重メモリへの応用の可能性を示した研究は独創性にあふれ、高く評価できる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。