

氏名(本籍)	川 ^{かわ} 添 ^{そえ} 忠 ^{ただし} (高知県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第1,602号
学位授与年月日	平成8年10月31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 Hole-Burning Phenomena in Cuprous Halides Quantum Dots (ハロゲン化銅量子点中における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 舩本 泰章
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 長沢 博
副査	筑波大学教授 理学博士 中塚 宏樹

論文の内容の要旨

最近、ガラスあるいは結晶の母体に成長させた半導体量子点において、永続的ホールバーニング現象が見出された。不均一に広がった吸収帯をスペクトル幅の狭い光で励起すると、スペクトルホールが作られる(ホールバーニング現象)。ホールの寿命が、光励起キャリアの寿命によって決まるならば、直接遷移型の半導体結晶においては、寿命はナノ秒程度となる。しかし、半導体量子点で発見された、永続的ホールバーニング現象とはホールが数時間も永く保たれる現象である。これは、励起状態からの緩和が始状態とは別の基底状態へ起こり、この基底状態が低温においては永続的に保たれることで説明される。

吸収スペクトル中にホールが形成される時、同時に発光スペクトルにホールが形成されることが予想される。この現象はルミネセンスホールバーニングと呼ぶことができる。ルミネセンスホールバーニングは吸収スペクトルのホールバーニングとは異なる新たな知見を与える。吸収スペクトルは、基底状態と励起状態との結合状態密度の大きさを反映する。一方、発光スペクトルは、基底状態と励起状態の結合状態密度のおおきさだけでなく、励起準位の緩和様式も反映し、ルミネセンスホールバーニングによって、よく光る励起状態を感度よく観測することができる。NaCl結晶中のCuCl半導体量子点においてルミネセンスホールバーニングの測定を行った結果、発光スペクトルの励起位置に鋭いホールと低エネルギー側にいくつかの構造を確認することができた。励起波長依存性からこれらの構造が、自由励起子、フォノンに散乱された励起子、束縛励起子、イオン化励起子、およびイオン化励起子分子の構造であると同定した。イオン化励起子は2個の電子と1個の正孔によって、構成され、イオン化励起子分子は1個の電子と2個の正孔から構成される。これらの発光が観測されるということは、量子点がイオン化していることを示す。これらの発光帯の発光強度が積算励起強度の増加に従って増加することや、温度に対する依存性が、永続的ホールバーニングの温度依存性と類似することから、量子点のイオン化が永続的ホールバーニング現象において、重要な役割を担っていると思われる。

永続的ホールバーニングを光多量メモリーに応用するとき、高いホールの形成効率を持つ材料が求められる。ガラスや結晶中に分子やイオンを分散させた試料についてのホールの形成効率は、1つの光子を吸収することによって、生じるホールの大きさを1つの分子やイオンの吸収で規格化した値を量子効率として評価される。半導体量子点のホールの形成効率の量子効率としては、1つの光子の吸収によって、生じるホールの大きさを1つの量子点の吸収で規格化した値を用いるべきである。CuCl半導体量子点のホールの形成効率について測定の結果、

ガラス中のCuCl量子点において最大0.88という大きな値を得た。この結果は、これまで報告されている量子効率としては最大である。光メモリーへの応用では、情報は、スペクトルホールとして、記録される。読み出される信号の大きさは、記録されたスペクトルホールの大きさに比例する。すなわち、記録に用いる光の強さが同じならば、記録され、読み出される信号の大きさは、量子効率と1個あたりの分子、イオンあるいは、半導体量子点の光吸収の断面積に比例する。 $10^3\sim 10^6$ 個の原子で構成される1個の半導体量子点の吸収断面積は1個の分子やイオンの吸収断面積より桁違いに大きい。この事実は、半導体量子点が有望な光多量メモリー材料であることを示している。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、ガラスあるいは結晶の母体に成長させた半導体量子点における、永続的ホールバーニング現象を詳しく研究したものである。本論文では特に、NaCl結晶中のCuCl半導体量子点においてルミネセンスホールバーニング現象を初めて見出し、これを用いて半導体量子点においてイオン化励起子、イオン化励起子分子状態を発見した。さらにイオン化励起子、イオン化励起子分子状態の量子サイズ効果を詳しく研究した。また、高いホールの形成効率を持つため困難であった半導体量子点における永続的ホールの形成効率を測定し、2Kの低温で最大0.88という大きな値を得た。本論文では、永続的に作られたホールの線幅の温度依存性、CuBr半導体量子点における量子サイズ効果についても幅広く研究を行った。これらの研究成果は、第1級の研究業績として高く評価できる。

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。