

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		半導体光子源の量子性の改善を目指した核スピン状態の高偏極化			
研究テーマ (欧文) AZ		Enhancement of nuclear spin polarization in semiconductor quantum dots for ideal single-photon source			
研究氏 代表名 者	カカナ CC	姓)ササクラ	名)ヒロタカ	研究期間 B	2011 ~ 2011 年
	漢字 CB	笹倉	弘理	報告年度 YR	2011 年
	ローマ字 CZ	SASAKURA	HIROTAKA	研究機関名	北海道大学電子科学研究所
研究代表者 CD 所属機関・職名		現:北海道大学創成研究機構・特任助教(前:北海道大学電子科学研究所・助教)			
<p>概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)</p> <p>三次元閉じ込め構造である量子ドット中では、スピン軌道相互作用が抑制されることに加え、ドットを構成する原子核との超微細相互作用(HFI)が増強されるため、後者が主な電子スピン緩和機構となります。そこで正の荷電励起子からの発光の円偏光度を用いてHFIによるスピン緩和モデルの主要なパラメータ(核磁場揺らぎ、電子スピン緩和時間)を評価すると共に、電子スピン系を含む詳細な核偏極形成モデルを構築して、核偏極のダイナミクスに関する知見を得ました。</p> <p>一般的にスピン緩和現象は、横緩和と縦緩和に大別されます。単一量子ドット内の局在励起子のスピン緩和メカニズムを、励起子状態から放出される光子の量子性から評価しました。横緩和を一次の光子相関測定により評価し、量子ドットの周囲に存在する余剰キャリアとの相互作用による散乱過程の先鋭化(モーショナルナローイング)が支配的であるという知見を得ました。縦緩和は放出された光子の全偏光成分を精密に評価することによって、単一光子のストークスパラメータを決定し、数ケルビン程度の温度領域ではMASメカニズムが支配的であるという知見を得ました。</p> <p>上記結果を踏まえ実用化の観点に立ち、光ファイバー通信網と親和性の高い単一モード光ファイバー接合型半導体量子ドット構造の開発に着手しました。2本の単一モード光ファイバーの端面間に半導体量子ドットを挟み込み、双方向から単光子を検出することに成功しました。光子抽出率は国内外の先行研究と比較してまだ低いものの、優れた構造的安定性から半年以上にも及ぶ長時間安定性を有することを確認しました。更には制作工程が非常にシンプルであり、製造コストの抑制が見込めます。今後本研究助成で得られた成果を基に、光子抽出の高効率化、更に多機能化への応用展開を目指します。</p>					
キーワード FA	半導体量子ドット	核スピン	非古典光源		

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Fiber-based bidirectional single photon emitter based on semiconductor quantum dot							
	著者名 ^{GA}	Hirota Sasaki, Liu Xiaming, Satoru Odashima, Hidekazu Kumano, Shunich Muto, Ikuo Suemune	雑誌名 ^{GC}	Applied Physics Express					
	ページ ^{GF}	065203-1~065203-3	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	6
雑誌	論文標題 ^{GB}	Longitudinal and transverse exciton-spin relaxation in a single InAsP quantum dot embedded inside a standing InP nanowire using photoluminescence spectroscopy							
	著者名 ^{GA}	H. Sasakura, C. Hermannstadter, S. N. Dorenbos, N. Akopian, M. P. Kouwen, J. Motohisa, Y. Kobayashi, H. Kumano. K. Kondo, K. Tomita, T. Fukui, I. Suemune, and V. Zwiller	雑誌名 ^{GC}	Physical Review B					
	ページ ^{GF}	075324/1~075324/7	発行年 ^{GE}	2	0	1	2	巻号 ^{GD}	85
雑誌	論文標題 ^{GB}	Direct observation of nuclear field fluctuations in single quantum dots							
	著者名 ^{GA}	R. Kaji, S. Adachi, <u>H.</u> <u>Sasakura</u> , and S. Muto	雑誌名 ^{GC}	Physical Review B					
	ページ ^{GF}	155315/1~155315/6	発行年 ^{GE}	2	0	1	2	巻号 ^{GD}	85
<p>欧文概要 ^{EZ}</p> <p>The spin interaction between an electron and nuclei was investigated optically in a single self-assembled InAlAs quantum dot (QD). In spin dynamics at the initial stage, the fluctuation of nuclear field and the resulting electron spin relaxation time play a crucial role. We examined a positively charged exciton in a QD to evaluate the key physical quantities directly via the temporal evolution measurements of the Overhauser shift and the degree of circular polarization. In addition, the validity of our used spin dynamics model was discussed in the context of the experimentally obtained key parameters.</p> <p>We have investigated the optical properties of a single InAsP quantum dot embedded in a standing InP nanowire. Elongation of the transverse exciton-spin relaxation time of the exciton state with decreasing excitation power was observed by first-order photon correlation measurements. This behavior is well explained by the motional narrowing mechanism induced by Gaussian fluctuations of environmental charges in the nanowire. The longitudinal exciton-spin relaxation time is evaluated by the degree of the random polarization of emission originating from exciton states confined in a single-nanowire quantum dot by using Mueller calculus based on Stokes parameters representation. The reduction in the random polarization component with decreasing excitation power is caused by suppression of the exchange interaction of electron and hole due to an optically induced internal electric field by the dipoles at the wurtzite and zinc-blende heterointerfaces in the InP nanowire.</p> <p>Fiber-based bidirectional photon detection from nanoscale emitters and photon antibunching behavior between two outputs of two single-mode fibers (SMFs) are experimentally demonstrated. Flakes containing the epitaxially grown quantum dots (QDs) are mechanically fixed by both sides with the edge faces of the SMF patch cables. The emitting photons from a single QD are directly taken out of both sides through the SMFs. Single-photon emission between two SMF outputs is confirmed by detecting nonclassical antibunching in second-order photon correlation measurements. This simple optomechanical alignment-free single-photon emitter is advantageous because of its robust stability of more than three months and low-cost fabrication.</p>									