

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		窒化物半導体微小共振器を用いた量子相関光子対光源の開発			
研究テーマ (欧文) AZ		Development of quantum-correlated photon-pair sources based on nitride semiconductor microcavity			
研究氏 代 表 名 者	カタカナ CC	姓)カタヤマ	名)リュウジ	研究期間 B	2014 ~ 2016 年
	漢字 CB	片山	竜二	報告年度 YR	2016 年
	ローマ字 CZ	Katayama	Ryuji	研究機関名	東北大学・大阪大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東北大学金属材料研究所・准教授／大阪大学工学研究科・教授			
<p>概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。)</p> <p>近年の古典力学に基づく計算速度向上の飽和に対し、量子計算機は量子力学的重ね合わせ状態を用いた大規模超並列化が可能であるため、これを根本的に解決するブレイクスルーとなる。スピン・偏光等様々な量子状態のうち、光を用いる系は室温での事象の発現が可能で、かつ緩和時間が長く量子計算に適した系と考えられているが、実装に耐えうる素子開発は未だ途上である。特に量子力学的重ね合わせ状態の実現に必須とされる光の量子状態、量子もつれ状態を安定生成できる光源が、量子計算機の市場化にかかるキーテクノロジーとなる。そこで本研究では、室温動作かつ高集積化可能な量子計算回路の実装に適した、新規量子もつれ光子対光源を提案した。</p> <p>本提案では、窒化物半導体中で共鳴励起された励起子分子が、共鳴ハイパーパラメトリック散乱過程を経て励起子ポラリトン分枝に散乱されることにより、量子もつれ光子対が発生することを想定した。そこでまず、InGaN 量子井戸活性層を MOVPE 法により作製し、顕微フォトルミネッセンス法を用いて励起子分子の安定性を検証したところ、局在励起子に加えて、線幅サブ meV の超狭線幅な励起子分子発光が確認された。続いて光導波路型微小共振器中の導波モードと励起子間の強結合により励起子ポラリトンを安定化することを想定し、フォトニック結晶構造の作製プロセスを検討した。続いて研究室保有の電子線描画装置を用いてレジストをパターンニングし、反応性イオンエッチングを用いて SiO₂ ハードマスクに格子定数 160 nm の三角格子エアホール型フォトニック結晶パターンを転写することができた。今後はこの活性層を含む窒化物薄膜を用いたフォトニック結晶微小共振器を作製することで、共鳴ハイパーパラメトリック散乱による量子もつれ光子対発生が期待される。</p>					
キーワード FA	量子光学	量子もつれ光子対	InGaN	フォトニック結晶	

(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}	Biexciton emission from single quantum-confined structures in N-polar (000-1) InGaN/GaN multiple quantum wells							
	著者名 ^{GA}	K. Takamiya et al.	雑誌名 ^{GC}	Proceeding of International Conference on Nitride Semiconductors 2017					
	ページ ^{GF}	In press	発行年 ^{GE}	2	0	1	7	巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}	N 極性 InGaN/GaN LED に形成された InGaN 微小島からの局所発光							
	著者名 ^{GA}	谷川智之 他	雑誌名 ^{GC}	第 63 回応用物理学会学術講演会 予稿集					
	ページ ^{GF}	12-154	発行年 ^{GE}	2	0	1	6	巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

In contrast to the recent saturation of computation speed improvement based on classical computers, quantum computers can be massively parallelized using quantum mechanical superimposition state, so it is a breakthrough to solve this problem. Among various quantum states such as spin and polarization, photon-based systems are considered to be capable of operating at room temperature and are considered to be suitable for quantum computation due to long relaxation times, but development of device implementation method is still underway. In particular, quantum light sources capable of stably generating the quantum entangled states, which are essential for realizing quantum mechanically superimposed states, become key technologies for the commercialization of quantum computers. So in this research, we proposed a novel quantum entangled photon pair light source suitable for implementation of highly integrated quantum computation circuit operating at room temperature.

In this proposal, it is assumed that biexciton resonantly excited in nitride semiconductors are scattered to be exciton polariton branch via resonant hyper parametric scattering process, generating quantum entangled photon pairs. Firstly, the InGaN quantum well active layer was fabricated by the MOVPE method and the stability of the biexciton was verified using the photoluminescence microscopy. As a result, in addition to the local exciton emission, the ultra narrow line width biexciton emission narrower than meV was successfully confirmed. Subsequently, EB-resist was patterned by an electron beam lithography, and triangular lattice air hole photonic crystal pattern with a lattice constant of 160 nm was successfully transferred to SiO₂ hard mask using reactive ion etching. In the future, we will expect to generate quantum entangled photon pairs by resonant hyper parametric scattering by fabricating photonic crystal microcavities using nitride thin films containing this active layer.