

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		MEE 法による相分離系混晶半導体の組成制御と光デバイスへの応用			
研究テーマ (欧文) AZ		Improvement of solution limit of compound semiconductor using MEE and their properties			
研究氏 代表者	カカナ CC	姓)オノミツ	名)コウジ	研究期間 B	2004～ 2006年
	漢字 CB	小野満	恒二	報告年度 YR	2006 年
	ローマ字 CZ	Onomitsu	Koji	研究機関名	早稲田大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		小野満恒二・早稲田大学・客員研究助手			
<p>概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。)</p> <p>光学デバイスとして期待される GaNAs 系の材料に関しては、単一光子源への応用を見込み、発光メカニズムを明らかにした。近年注目されている希薄磁性半導体 GaMnAs に関しては、MEE 法により相分離を抑制しつつ層間間隔と磁氣的秩序発現の関係や歪の影響などを明らかにした。</p> <p><GaAs 中の窒素原子対に束縛された励起子に関する研究></p> <p>【はじめに】電気陰性度の大きい窒素は GaAs 中の As と置換して等電子トラップとして励起子を束縛し、単独の窒素原子に比べて窒素原子対ペアの方がより強く励起子を束縛することが知られている。この時、束縛エネルギーは窒素原子対の原子間距離の増加とともに減少するため、結晶中のさまざまな格子点に分布した窒素原子対に束縛された励起子から多くの鋭いフォトルミネッセンス(PL)ピークが観察できる。この発光は窒素原子対が格子点に分布しているため、束縛エネルギーが明瞭な非連続なものとなっており単一光子源への応用が期待できる。しかしこの系の発光は温度に対して非常に不安定で、例えばもっとも大きな束縛エネルギーを持つ励起子の発光エネルギーはバンドギャップよりも約 90meV も深い、77K でほぼ観察されなくなる。安定した光子源として応用するためには、この発光メカニズムを明らかにする必要がある。そこで本研究では、窒素を δ ドープした試料に対して電界及び磁場印加時の PL 測定、発光励起スペクトル測定、時間分解 PL スペクトル測定を行った。</p> <p>【結果と考察】窒素原子対に束縛された励起子の電子とホールを解離させるためには、およそ 10KV/cm の電界だが、実際には 200V/cm 程度でほぼ発光は消滅する。このため、電界は励起子を解離させているのではなく、励起子の形成過程に作用していると考えた。磁場を 001 方向に印加したところ、窒素原子対に由来する準位の中でも浅い準位の発光強度は磁場に対して一度増加した後に減衰し、深い準位の発光強度は磁場に対して一様に減衰することがわかった。これらのことから GaAs の自由励起子が浅い窒素原子対準位に束縛され、フォノンを介したトンネル過程により、深い準位に遷移していくというモデルをたてた。このことを確かめるために発光励起スペクトルを調べた。その結果、バンドギャップよりも短波長で励起した場合は全ての窒素原子対のピークが発光し。それに対して自由励起子の発光波長と一般的な束縛励起子のひとつ(830nm)の中間波長で励起した場合には、浅い準位に束縛された発光は消滅するが、深い準位の発光は観察できた。更に、830nm よりも長波長側で励起すると、深い準位の発光もほぼ消滅した。これらのことより、遷移メカニズムは、選択的に行われていると考えることができる。この選択性を確認するために、時間分解 PL スペクトルを調べたところ、整合性よい結果が得られた。以上のことから、窒素原子対に束縛された励起子の発光過程は、自由励起子からは選択的に比較的浅い準位(NN_G, NN_F)といったに遷移し、束縛励起子からは、カーボンアクセプターを介して選択的に深い準位(NN_A, NN_B)に遷移していることが明らかとなった。</p> <p>【今後の展望】得られた知見をもとに単一光子源としてのデバイス化を進める。具体的には微細化によりより単色性の高い素子の実現を目指す。また歪を導入することで窒素原子間の距離を変調し、発光波長の制御を行う予定である。</p> <p><GaMnAs に関する研究></p> <p>近年スピエレクトロニクス材料として注目されている GaMnAs は、結晶成長時に GaAs と MnAs が相分離するなどの問題がある。また、結晶成長時に、異方的に発生する歪の影響で磁氣的性質が大きく変化することが知られている。今回、MEE 法を用いて相分離を抑制することに成功した。また一様ドープ時に比較して、相分離条件が改善できる Mn δ ドープに注目し、複数の Mn δ ドープ層を導入し、層間間隔と磁氣的秩序の関係を調べた。また、選択エッチングの技術を利用して、自立型 GaMnAs の作成に世界で初めて成功し、歪の影響を明らかにした。</p>					
キーワード FA	単一光子源	等電子トラップ	相分離		

(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}	Enhanced magnetization by modulated Mn delta doping in GaAs							
	著者名 ^{GA}	K. Onomitsu et. al	雑誌名 ^{GC}	Journal of Crystal Growth					
	ページ ^{GF}	634 ~ 637	発行年 ^{GE}	2	0	0	7	巻号 ^{GD}	301- 302
雑誌	論文標題 ^{GB}	Magnetization of free standing GaMnAs							
	著者名 ^{GA}	K. Onomitsu et. al	雑誌名 ^{GC}	Journal of Crystal Growth					
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}	2	0	0	7	巻号 ^{GD}	in press
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}

Nitrogen in III-V compound semiconductors acts as an isoelectronic trap. It is well known that nitrogen (N) atoms substitute for arsenic (As) atoms in GaAs and form isoelectronic traps due to the difference in electro negativity between these elements. It is also known that N atom pairs bind excitons more tightly than isolated N atoms, and as the distance between the N atoms of a pair decreases, the binding energy increases. Therefore, excitons bound to N atom pairs in GaAs produce many photoluminescence (PL) lines at low temperatures because their spacing is discrete in crystal lattices. The PL lines are observed only at very low temperatures even though exciton binding energies are high (90 meV for the nearest-neighbor atom pair). Although the excitation process of excitons with different binding energies is not well understood, tunneling-assisted excitonic transfer has been suggested. During continuous excitation, excitons transfer from a lower to a higher binding energy state, thus forming a continuous flow of excitons.

In this study, we present the field-effect characteristics of excitons bound to N atom pairs in order to clear the mechanism of their radiative recombination process. The exciton localization caused by the applied magnetic field may disturb the transfer process, resulting in the significant modulation of the PL line intensity. From excitation spectra measurements and time resolved PL measurements, it can be consider that excitons are selective transferred from free exciton state and bound exciton state in GaAs to N atom pairs states.