

## 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		超短光渦パルスによるトポロジカルチャージコヒーレンスの探索			
研究テーマ (欧文) AZ		Studies of topological charge coherence by using ultrafast optical vortex pulses			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)	名)	研究期間 B	2007 ~ 2008 年
	漢字 CB	戸 田	泰 則	報告年度 YR	2009 年
	ローマ字 CZ	TODA	YAUSNORI	研究機関名	北海道大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		北海道大学 大学院工学研究科・准教授 戸田泰則			
<p>概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。)</p> <p>リング状に閉じた物質や曲面を有する電子系において、そのトポロジーを反映した興味深い物性や機能の発現が期待されている。このような電子物性をプロセスやピン止めを伴わない光励起で観測できれば、その時空間特性や制御性により飛躍的な展開を期待できる。本研究ではコヒーレント光励起によるトポロジカル物性探索をいくつかの特徴的な電子系において実現した。以下にその概要をまとめる。</p> <p>1): 擬1次元電子系における閉ループ効果</p> <p>一次元金属に特有のパイエルス不安定性は、低温において金属－絶縁体相転移を発現する。我々は以前、一次元に閉じた構造をもつリング結晶で相転移ゆらぎ効果の顕在化を見出し、その起源を顕微鏡空間分解、偏光渦パルス励起の二つの手法を用いて詳細に調査した。実験結果から閉ループコヒーレンスが顕著となる中心付近でゆらぎの増大が認められ、隣接鎖間の相互作用が秩序形成に対するフラストレーションとしてはたらくことを指摘した。</p> <p>2): フラーレンポリマーのキャリアダイナミクス異常</p> <p>フラーレン薄膜に電子線を照射することにより得られるフラーレンポリマーに関して、低温域に特徴的なキャリアダイナミクス変化を見出した。温度を下げることで遅いキャリア緩和成分が出現し、電子線照射前の試料との比較から、電子線重合によるポリマー鎖の特徴的な物性を反映していることを突き止めた。他方で緩和時間にはコヒーレントギャップの特徴である発散が見られず、ポリマー鎖間の相互作用、鎖内のガウス曲面による三次元秩序形成等の新規物性の存在が示唆された。</p> <p>3): 励起子におけるトポロジカルチャージのコヒーレント移動</p> <p>振動子強度が強く、空間コヒーレンス観測に適した半導体励起子系に対して、光渦パルス励起による軌道角運動量(トポロジカルチャージ、TC)のコヒーレント移動を実現した。空間位相変調による光渦パルス対を窒化ガリウム半導体に照射し、その非線形応答の時空間特性から TC が保存されることを確認した。また TC の無限次元性を利用した TC 制御を試み、その応用の基盤技術確立に成功した。</p>					
キーワード FA	コヒーレント分光	光渦	トポロジカルチャージ	トポロジカル物質	

(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 <sup>GB</sup>	低次元トポロジカル物質の光励起電子応答								
	著者名 <sup>GA</sup>	島竹克大、戸田泰則	雑誌名 <sup>GC</sup>	応用物理						
	ページ <sup>GF</sup>	672～675	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	0	8	巻号 <sup>GD</sup>	77巻、6号	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Femtosecond carrier dynamics in electron-beam-irradiated C <sub>60</sub>								
	著者名 <sup>GA</sup>	Y.Toda, S.Ryuzaki and J.Onoe	雑誌名 <sup>GC</sup>	Applied Physics Letters						
	ページ <sup>GF</sup>	094102-1～3	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	0	8	巻号 <sup>GD</sup>	92(9)	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Spatial Properties of exciton-exciton interactions in GaN observed by four-wave-mixing spectroscopy								
	著者名 <sup>GA</sup>	Y.Toda, <i>et.al.</i>	雑誌名 <sup>GC</sup>	Physica Status Solidi (c)						
	ページ <sup>GF</sup>	S684～686	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	0	9	巻号 <sup>GD</sup>	6(S2)	
図書	著者名 <sup>HA</sup>									
	書名 <sup>HC</sup>									
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>		
図書	著者名 <sup>HA</sup>									
	書名 <sup>HC</sup>									
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>		

#### 欧文概要<sup>EZ</sup>

Novel properties can be expected in the electric systems with characteristic topology, such as electrons in ring crystals and crystals with irregular curvatures. Of various spectroscopic measurements, optical spectroscopy offers several advantages such as non-destructive nature, little or no sample preparation, and its controllability in terms of spatio-temporal parameters. In this work, as summarized in the following list, we demonstrated studies of topological properties in several electronic systems by using coherent spectroscopy with ultrafast laser pulses.

##### 1) Effects of closed-loop topology on quasi-one-dimensional (1D) electrons

In the previous works, we found an enhancement of 3D phase fluctuation in the ring crystals. On the basis of this experimental fact, we investigated the properties in detail by using both spatially-resolved spectroscopy and transient spectroscopy with polarization vortices. The results suggest closed-loop electron coherence along the closed-loop 1D chain that induces an anisotropic frustration on the 3D phase ordering.

##### 2) Anomalous carrier dynamics observed in electron-beam induced fullerene polymer

The EB irradiation of C<sub>60</sub> films results in a peanut-shaped polymer, which exhibits a metallic conductivity at room temperature under atmospheric conditions. The results of photo-induced carrier dynamics show a similarity to that observed in the 1D materials, allowing to identify the carrier dynamics via the preformed gap at the low temperature. On the other hand, the moderate temperature dependence of the relaxation time suggests an enhancement of critical fluctuations possibly due to the topological natures of peanut-shaped polymer.

##### 3) Coherent transfer of topological charges to excitons

Coherent transfer of the optical angular momentum (OAM) to excitons in GaN was realized by using optical vortex (OV) pulses. The spatio-temporal evolutions of the four-wave-mixing signals clearly indicate the dephasing of OAM of excitons. The controls of OAM with infinite dimensional degree of freedom were also demonstrated by controlling the OAM of excitation pulses.