

研究成果報告書

(国立情報学研究所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		ランダムネットワーク構造を用いた光制御素子の開発			
研究テーマ (欧文) AZ		Development of optical devices using random network structures			
研究氏 代 表 名 者	カカナ CC	姓) エダガワ	名) ケイチ	研究期間 B	2008~2009年
	漢字 CB	枝川	圭一	報告年度 Y	2010年度
	ローマ字 CZ	Edagawa	Keiichi	研究機関名	東京大学生産技術研究所
研究代表者 CD 所属機関・職名		枝川圭一・東京大学生産技術研究所・准教授			
概要 EA (600字~800字程度にまとめてください)					
<p>本研究では、我々が発見し、フォトリック・アモルファス・ダイヤモンド (PAD) と名付けたランダムネットワーク構造 (Edagawa et al., Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 013901.) について以下の研究を行った。</p> <p>i) 理論解析 PAD における 3次元フォトリックバンドギャップ (3D-PBG) 形成機構を明らかにする目的で、有限差分時間領域法 (FDTD 法) を用い、ギャップ上端下端の各固有モードの実空間構造を解析した。電場強度が、上端では空気領域、下端では誘電体領域に集中していることがわかった。これは従来のダイヤモンド型フォトリック結晶におけるギャップ上下端の固有モードの特徴と同じである。PAD は周期性をもたないため、ギャップ形成は従来広く信じられている周期格子からの光のブラッグ散乱によるメカニズムでは説明できない。この場合、局所状態のカップリングによる固有振動数の分裂がギャップ形成の原因であると考えられる。また、PAD についてギャップ端に光局在状態が形成することが新たにわかった。これはアモルファスシリコンにおける電子の局在状態形成と類似のものである。</p> <p>ii) マイクロ波帯での PAD の作製と電磁波伝播特性の測定 粉末焼結積層造形法により PAD をマイクロ波帯 (ボンド長: 3mm) で作製し、電磁波伝播特性を測定した。電磁波入射方向、偏光方向によらず、共通の周波数域で電磁波透過率の大きな落ち込みがみられた。これにより PAD における等方的な 3D-PBG 形成を実証することができた。またパスバンドにおいてランダム系特有の拡散的な伝播が観測された。その拡散伝播における平均自由行程の周波数依存性を求めた。ギャップ端でその平均自由行程が局在状態が生成するほど短くなっていることを示した。これは理論解析で示された局在状態の形成と一致する。</p> <p>以上の結果を論文にまとめ、米物理学専門誌 Physical Review B に投稿し、出版された。この論文は Editor が選ぶ注目論文に選出された。また、この成果は「化学工業日報」、「日経産業新聞」、「日刊工業新聞」等に紹介された。</p>					
キーワード FA	フォトリック結晶	アモルファス構造	光バンドギャップ	FDTD 計算	

(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下さい）									
雑誌	論文標題 GB	Photonic band-gap formation, light diffusion, and localization in photonic amorphous diamond structures							
	著者名GA	S. Imagawa et al.	雑誌名GC	Physical Review B					
	ページGF	115116-1~9	発行年GE	2	0	1	0	巻号 GD	82 (11)
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	
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

The following studies have been done for a random network structure that we found and named “photonic amorphous diamond (PAD) (Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 013901.)”

i)Theoretical analyses

For the purpose of clarifying the formation mechanism of a 3D photonic band-gap (3D-PBG) in our PAD, eigenmode profiles at band edges have been analyzed by FDTD calculations. We have found that the electric field is concentrated in air regions at the upper-band edge and that it is concentrated in dielectric regions at the lower-band edge. This feature is common to a conventional diamond photonic crystal. For PAD, the PBG formation mechanism cannot be related to the Bragg scattering of light by a periodic lattice, which has been widely believed to be the mechanism of PBG formation in conventional photonic crystals. The PBG in PAD is considered to be formed as a result of eigenfrequency separation due to coupling between local modes. In addition, localized states have been found to form at band edges in PAD. This is analogous to the formation of localized electronic states in amorphous silicon.

ii)Fabrication of PAD in microwave regime and electromagnetic (EM) -wave propagation measurements

We have fabricated a PAD in microwave regime (bond length: 3mm) by a selective laser sintering method, and have measured EM propagation. We have observed a large drop of EM-wave transmission in a common frequency range irrespective of EM-wave incident direction and polarization direction. This proves the formation of an isotropic 3D-PBG in our PAD. In addition, we have observed a diffusive EM-wave propagation in passbands, and have evaluated the frequency dependence of the mean free path. At the band edges, the mean free path is small enough for the formation of localized states, which is consistent with the localized state formations shown by the theoretical analyses.

We wrote a paper reporting the above results, which has been published in Physical Review B. This paper has been selected as a highlighted paper by the editor. In addition, our results have been reported in several Japanese newspapers.