

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		時間分解 2 光子光電子放射顕微鏡の開発と有機薄膜における時空間キャリアダイナミクス			
研究テーマ (欧文) AZ		Development of the TR2PPE-PEEM and investigation of the excited charged carrier dynamics in the organic ultrathin films			
研究氏 代 表 名 者	カタカナ CC	姓)ヤマダ	名)タカシ	研究期間 B	2014 ~ 2016 年
	漢字 CB	山田	剛司	報告年度 YR	2015 年
	ローマ字 CZ	Yamada	Takashi	研究機関名	大阪大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		大阪大学大学院 理学研究科 助教			
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>光電子放射顕微鏡(Photo Electron Emission Microscope : PEEM)は放出光電子の空間像をサブマイクロメートルスケールかつリアルタイム(ビデオレート)で得ることができる表面分析装置である。本研究では、(1)波長可変・フェムト秒パルスレーザーを光源とし、2 光子励起過程を利用した時間分解 2 光子光電子放射顕微鏡(TR2PPE-PEEM)を開発し、(2)有機半導体薄膜における励起キャリアの時・空間ダイナミクスを理解することを目指した。</p> <p>(1)に関して、ポンプ・プローブ計測を行うための遅延光路を構築した。光学ステージと導入した CCD カメラを同期制御することにより、フェムト秒スケールでのシャッター機能を有したストロボ写真のように PEEM 像を連続取得できるよう、装置改変を行った。TR2PPE-PEEM の評価はグラファイト清浄表面を用いて行った。PEEM 像強度を光遅延時間に対してプロットした自己相関・半値全幅で 250 フェムト秒程度の値を得ることが出来た。これは既存の 2 光子光電子(2PPE)分光法で得られているパルス幅の値と遜色ない結果であり、当初計画していた装置性能が達成されたと考えている。</p> <p>(2)に関して、グラファイト上に蒸着した有機半導体薄膜について応用展開を試みた。典型的な有機半導体であるルブレンの単分子一層膜においては、基板への緩和が(1)で評価した時間分解能以下の短寿命でおこるため、検出は容易ではない。一方、ルブレン多層膜では長寿命成分が出現していることが時間分解 2PPE で判明している。PEEM 像の時・空間変化を直接検出するため、1 層/2 層膜共存領域を作成し、TR2PPE-PEEM 実験を行った。膜厚の区別は、2 層膜に特徴的な共鳴励起の有無から判断することができた。2 層膜での時間分解 2PPE では、1500 フェムト秒超の寿命が裾成分として観測されている。この成分の検出を TR2PPE-PEEM で試みたものの、予想される結果は現段階では十分な S/N 比で得られていない。今後、厚膜や 2 成分からなる超薄膜、その他の有機半導体をもちいた系に適用し、検討を続けていく予定である。</p>					
キーワード FA	光電子放射顕微鏡	2 光子光電子分光	有機半導体	時間分解分光	

(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>	Unoccupied electronic structure and molecular orientation of rubrene; from evaporated films to single crystals							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Ueba, J. Park, R. Terawaki, Y.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Surface Science					
	ページ <sup>GF</sup>	7~13	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	6	巻号 <sup>GD</sup>	649
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Optical observation of different conformational isomers in rubrene ultra-thin molecular films on epitaxial graphene							
	著者名 <sup>GA</sup>	C. Udhardt, R. Forker, M.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Thin Solid Films					
	ページ <sup>GF</sup>	271~275	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	6	巻号 <sup>GD</sup>	598
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Microspot two-photon photoemission spectroscopy for CuPc film on HOPG							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Yamada, R. Yamamoto, T.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena					
	ページ <sup>GF</sup>	145~148	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	5	巻号 <sup>GD</sup>	204
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>

Photo Emission Electron Microscope (PEEM) was invented in the 1980s as a surface analysis tool in order to investigate the spatial map of photoelectrons emitted by the external photoemission process, in real time and sub-micrometer scale. Typically, a discharged lamp with its photon energy above the workfunction is used as a light source. In this research project, (1) we have developed time-resolved PEEM based on the two-photon excitation technique (TR2PPE-PEEM) and (2) applied TR2PPE-PEEM to investigate the space- and time- resolved dynamics of photo excited carriers in ultrathin organic semiconductor films.

On the project (1), the third harmonic output of a tunable Ti:Sa laser is used as a light source, and the new optical path was constructed to conduct pump-probe experiments. New CCD camera is synchronized with the delay stage settled in the optical path, and all system is computer controlled. Thus, we can take "a series of snapshot" of emitted photoelectrons of the order of femto seconds with sub-micron scale. The full width at the half maximum of autocorrelation of PEEM image intensity from the clean graphite surface was about 250 fs, in agreement with the value obtained by the TR-2PPE experiments in our laboratory. Therefore, we have achieved the ideal time resolution expected in the original plan. On the project (2), we have applied TR2PPE-PEEM to study the ultrathin films of rubrene deposited on the graphite substrate. In the first layer, the decay process of excited electrons is known to be too fast (less than 250fs) to detect due to the strong molecule-substrate interaction. In the second layer, the decay speed is rather slow as compared to that of the first layer. By paying attention to the resonant photoemission occurring in the second layer, we can distinguish the second layer from the first layer. On the second layer, we tried to get the delay time dependent image of 2PPE but have not got enough information at the current status, due to faint signal and worse signal-to-noise ratio. We will continue to try further experiments with thicker films, hybrid systems with two layer components and other materials in the future.