

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：82118

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18786

研究課題名(和文)有機半導体を使用した広帯域光増幅素子の基礎研究

研究課題名(英文)A study of wide-band optical amplifiers using organic semiconductors

研究代表者

村上 武(Murakami, Takeshi)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・協力研究員

研究者番号：40391742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では有機半導体薄膜トランジスタ(有機TFT)を使用した広帯域光検出増幅素子の基礎研究である。共同研究者である山形大学・熊木様は、有機TFT素子の製造。出来上がったデバイスを研究代表者が各種電気測定装置・分光器・真空測定システム等を使用して測定解析・研究を行った。電気測定装置はデバイスの電流の変化を測定する。分光器はデバイスの波長依存性を測定解析した。真空測定システム(平成30年物品費にて)はデバイスの温度を-100～100℃まで変化させ、デバイスの温度依存性を測定解析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機半導体の基礎特性を調べるために、基礎電気特性・波長依存性・温度特性を測定・解析するシステムを構築できた。それぞれの装置の役目に関しては下記に述べる。電気測定装置はデバイスの電流の変化を測定する装置です。分光器は波長分別する部分と波長光を照射する光源から構成されている装置で波長を200nm～800nmまで変化させデバイスの波長依存性を測定解析した。真空測定システムはデバイスの温度を-100～100℃まで変化させ、デバイスの温度依存性を測定解析した。、波長依存性(450nm)があることがわかった。容器内を真空状態でデバイスに温度変化を加え電気特性をプロバで捕えて測定している。

研究成果の概要(英文)：It is the fundamental researches of the broadband light detection amplification element using the organic semiconductor thin-film transistor (organic TFT) in this study. As for Yamagata University, Kumaki who is a coworker, it is produced organic TFT elements. A lot of study representatives measured using an electrical measurement device, a spectroscopy, a vacuum measuring system and analyzed a completed device and studied it. The electrical measurement device measures the change of the electric current of the device. The spectroscopy measured the wavelength dependence of the device and analyzed it. The vacuum measuring system (for 2018 article costs) changed the temperature of the device to -100 degrees Celsius ~100℃ and I measured the temperature dependence of the device and analyzed it.

研究分野：高エネルギー物理実験

キーワード：有機半導体 検出器 エレクトロニクス 高エネルギー物理実験

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

有機 TFT の材料と製造での特徴は、製造工程が室温～200 度の低温であり、使用可能な材料及び製造技術の種類が豊富である。例えば基板材料として薄型フィルムを利用し、製造技術として印刷技術を使用することが可能である。更に有機分子材料の光吸収性能、電子軌道(移動度)等は、置換基によりデザインすることが出来る。しかしながら光量子検出器として利用する為には、更に時間応答性能の向上、光変換効率及び電荷収集効率の向上をめざす必要がある。大型かつ高精細の光検出装置を製作する場合、光電子増倍管、シリコン半導体検出器及びこれらの複合素子を使用している。

有機半導体薄膜トランジスタ(有機 TFT)自身を高速高感度の光センサーとして使用する試みは初めてで、本研究の成果は新しい量子光検出器開発の基礎となる。更に有機 TFT は光検出媒体としての有機材料、光伝送路とも整合性が良く同一技術で製作出来る。

2. 研究の目的

本研究では、有機半導体薄膜トランジスタ(有機 TFT)を使用した紫外光から赤外光領域までの広帯域光検出増幅素子を製作する為の基礎研究として、より検出が困難な赤外光領域での光電気変換効率とその波長依存性について測定・解析し赤外線検出器・広帯域光検出増幅素子を製作する。これによって複数の有機半導体材料を使用した分光可能な 2 次元ピクセル検出器の実現可能性も検討し、有機半導体材料の応用範囲を明確にし、低物質薄型で湾曲可能な低コスト大面積高精細光検出増幅素子を実現する為の基礎開発と、試作製造することに挑戦する。

3. 研究の方法

有機半導体材料の選択と有機半導体を用いた検出素子の提案。目的を達成するための研究方法として、2つの研究項目で、有機半導体薄膜トランジスタ(有機 TFT)を用いた広帯域光検出増幅器の構造を提案する。

(1)項目、有機 TFT の赤外光に対する応答特性の研究。複数の有機 TFT の光応答に関する波長特性は分光器を用いて、波長 20nm ステップでデバイスに照射し、その電気特性から広帯域光検出増幅器の素子設計の基礎データを収集し、解析する。

(2)項目目、複数材料を使用した広帯域光検出素子構造の研究。異なった材料を使用し複数波長に感度のある素子の製作、分光素子としての最良条件の選択。有機半導体の光吸収効率は一般に 600nm 以下で 50%未満となるだけでなく、分子構造に応じて短波長でも同様の構造を持つものも多い。広い波長帯で高感度を持たせるために、複数の材料の混合では良い結晶が出来ず、信号の減衰も大きくかつ応答時間が遅くなる。そこでチャンネル部分には単一の有機半導体を使いかつチャンネル近くに pn 接合面を設ける。更にその上に別の材料を使用し、同じ構造の素子を積層することで可能となる。

共同研究者である山形大学・有機材料システム研究推進本部(熊木)は、複数材料を使用した有機 TFT 素子の製造を行い、出来上がったデバイス(写真1)を研究代表者が各種電気測定装置・分光器・真空測定システム等を使用して測定解析・研究を行った。それぞれの装置の役目に関しては下記に述べる。

電気測定装置はデバイスの電流の変化を測定する装置。分光器は波長分別する部分と波長光を照射する光源から構成されている装置(当施設の備品)で今回波長を 200nm~800nm まで変化させデバイスの波長依存性を測定解析した。真空測定システム(写真2;平成 30 年物品費にて)では真空槽にした容器内にてデバイスの温度を-100 から 100 まで変化させ、デバイスの温度依存性を測定・解析する。

写真1 有機 TFT 写真

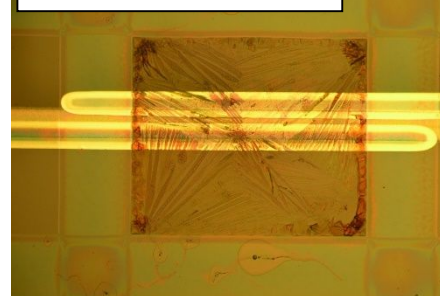
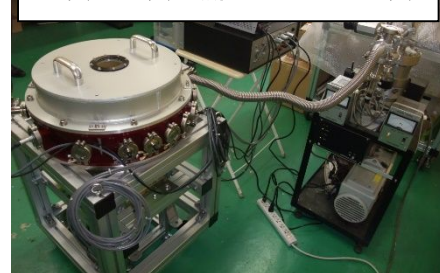


写真2 真空測定システム写真



4. 研究成果

有機半導体の基礎特性を調べる為に、基礎電気特性・波長依存性・温度特性を定量的に測定・解析するシステムを構築し、そのシステムを使用して測定・解析・研究した。その解析結果、ドレイン電流増幅度が波長に依存性があることがわかった(図1)。波長依存性(450nm)が顕著に表れたデータを図1に示す。電流増幅度の定義は光照射したドレイン電流値を光照射しないドレイン電流値で割った値である。

温度特性測定用に製造した真空測定システムでは、容器内を真空状態に保ちデバイスに-100から100まで温度変化を加え電気特性をプロバ-で捕えて温度依存

性を測定・解析・研究した。これでデバイスの微細なところにプロバ-を当てての測定が可能となる。

図2に温度と電流増幅度の関係を示す。縦軸に電流増幅度、横軸にゲート電圧(V)でデバイスに-72で光照射したプロットと100で光照射したプロット結果である。

ゲート電圧のスレッシュ電圧が4V前後変化する温度特性がある。この温度特性を利用して、広帯域光検出器比較システムが可能となる。

また、複数材料を使用した新規ピクセル型検出素子として、有機TFTのトランジスタ特性を利用して信号増幅が行えることが、波長依存性(450nm)でわかった。また有機半導体は材料が多く、設計も可能なことから吸収波長が異なる材料を使用し3次的に製作することで、ピクセルタイプの分光が可能となる。

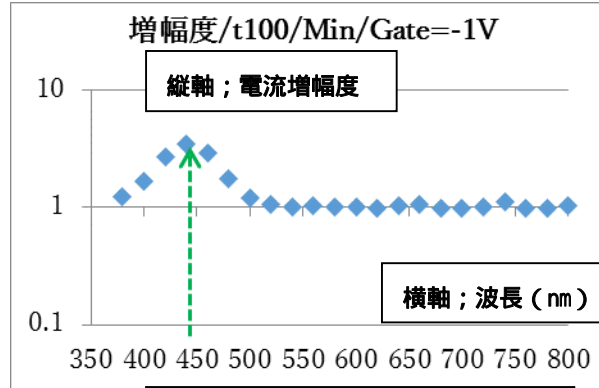


図1 波長と電流増幅度の関係

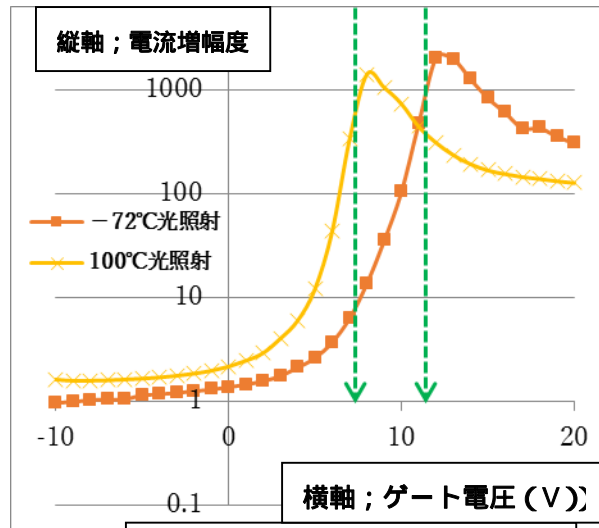


図2 温度と電流増幅度の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	熊木 大介 (kumakai daisuke) (80597146)	山形大学・有機材料システム研究推進本部・准教授 (11501)	
連携研究者	田中 真伸 (tanaka manobu) (00222117)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授 (82118)	