

課題番号 : F-19-GA-0082  
利用形態 : 技術代行  
利用課題名(日本語) : ZnSe系ハイブリッドAPDの開発  
Program Title (English) : Development of ZnSe-based hybrid APD  
利用者名(日本語) : 阿部友紀  
Username (English) : T. Abe  
所属名(日本語) : 鳥取大学 工学部 電気情報系学科  
Affiliation (English) : Electrical Engineering and Computer Science, Faculty of Engineering,  
Tottori University  
キーワード/Keyword : 紫外線検出器、リソグラフィ・露光・描画装置、ハイブリッドAPD

## 1. 概要(Summary)

ZnSeを用いた有機-無機ハイブリッド Avalanche Photodiode(APD)の集積化プロセスを開発するため、山口大学にてマスク設計を行った後、香川大学にてフォトマスクを作製した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

マスクレス露光装置(大日本科研社製, MX-1204)

### 【実験方法】

本研究では、無機層にZnSe系半導体、窓層に有機導電材料である Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-Poly(styrenesulfonate)(PEDOT:PSS)を用いることで、有機層と無機層のハイブリッド構造となっている。ZnSe系半導体層は分子線エピタキシー法により作製した。続いて、山口大学にて設計し、香川大学にて作製したフォトマスクを使用して、フォトリソグラフィによる PEDOT:PSS および電極の形成を行った。

次に、山口大学にてマスク設計し、香川大学にてフォトマスクを作製して、フォトリソグラフィにより絶縁膜と薄膜電極を設置した APD 素子を作製した。まず、SU-8 絶縁膜をフォトリソグラフィにより APD 基板上に形成した。その上に電極用フォトレジストをパターンニングし、Au/Ti 薄膜を電子ビーム(EB)蒸着により蒸着した。フォトレジストをリフトオフすることで薄膜電極を形成した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

フォトリソグラフィを用いて作製した素子について、逆方向 I-V 特性、外部量子効率、増倍率の特性を解析し、イ

ンクジェット法での作製素子と比較した。フォトリソグラフィ素子はインクジェット素子と同様に、ブレイクダウン直前のリーク電流が  $10^{-10}$  A/mm<sup>2</sup> 以下の良好な I-V 特性が確認された。

外部量子効率スペクトルを測定したところ、フォトリソグラフィ素子では 300~440nm の波長帯において 50%以上の量子効率を達成され、最大量子効率は波長 340nm における 70%であった。

また、APD 動作時の光電流測定から増倍率を求めたところ、これまでインクジェット素子で得られていた最大増倍率が 90 倍であったのに対し、フォトリソグラフィ素子で 3100 倍となった。

次に、作製した APD 素子の電流-電圧特性を測定したところ、電圧値 28V において急峻なブレイクダウンが確認された。これにより、絶縁膜および薄膜電極の形成によって APD 動作が損なわれないことが示された。

## 4. その他・特記事項(Others)

山口大学(支援番号:F-19-YA-0036)、香川大学(F-19-GA-0082)と協力して支援頂いた。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

Y. Ichikawa, K. Tanaka, K. Nakagawa *et al.*, "High gain ultraviolet avalanche photodiodes using ZnSe-based organic-inorganic hybrid structure", J. Electronic Materials (2020)

## 6. 関連特許(Patent)

なし。