

(様式 2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 稲垣 雄介

題 目 ZnSSe 系紫外光波帯用アバランシェ・フォトダイオード(APD)の開発
～ガードリングによる暗電流制御と有機-無機ハイブリッド構造への展開～

学位論文の概要及び要旨

半導体光検出素子(フォトダイオード:PD、アバランシェ・フォトダイオード:APD)は光ファイバー通信や光記憶システム(CD、DVD、Blu-ray)といった近赤外から可視光領域の実用光検出素子として多く用いられているが、現在、X線医療機器(PET)、ミサイル追尾システム、見遠し外ワイヤレス光通信などの新たな用途で、紫外光波帯用PD、APDの必要性が高まっている。しかし、可視用の実用素子であるSiを用いたPD、APDはバンドギャップが1.1eVと近赤外領域にあるため、熱による大きな暗電流や窓層の大きな吸収損失による紫外での感度の低下という問題があることから、Siに代わるワイドバンドギャップ半導体材料での紫外光検出素子の登場が渴望されている。

本研究は分子線エピタキシー(Molecular Beam Epitaxy:MBE)法によって、II-VI族ワイドギャップ化合物半導体ZnSe結晶($E_g=2.7\text{eV}$)をベースとしたAPDを実現し、高感度な紫外光波帯用半導体光検出素子の実用化を目指すものである。

ZnSe系APDはこれまでの研究努力により、p-GaAs基板上的n-i-p(PIN)構造素子において、初期特性では実用素子のSi-APDとほぼ同レベルの性能が実現されていた。しかし、繰り返しAPD動作時に暗電流が悪化する(動作劣化)という問題があった。本論文では、この動作劣化の原因である側面リーク電流の制御方法としてpn接合型ガードリングの作製を行った。その結果、APD動作時の暗電流 $10^{-10}\text{A}/\text{mm}^2$ と2桁低減することに成功し、かつ、安定動作が実現された。

また、ZnSe系APDは紫外光($\lambda < 400\text{nm}$)に対する受光感度の向上という課題があり、PIN構造ではこれまで、行われてきた窓層の薄膜化による吸収損失の低減という手法では限界に達していた。そこで、有機(PEDOT:PSS)-無機(ZnSSe)ハイブリッド構造という新たな構造を採用し、紫外の感度向上に成功したが、暗電流の増加という問題が起こった。そこで、この暗電流の制御方法としてPEDOT:PSSの形成方法にインクジェット法を用いることで暗電流を $10^{-10}\text{A}/\text{mm}^2$ まで低減することに成功した。

さらに、有機-無機ハイブリッド構造素子の信頼性については湿気による暗電流の経時劣化という問題があり、この劣化を抑制するために SiO_2 保護膜の形成、窒素封止を行った。結果、これらを併用することで、長期安定動作を実現した。

以上より、は今後、集積化のために必要不可欠なガードリングの成果、及び有機-無機ハイブリッド構造による高感度かつ安定動作の実現はZnSSe系APDの実用化に大きく近づけた結果といえる。