

論文要旨

論文題目

Al/CdTeショットキーダイオードに関する研究：結晶表面制御技術の開発と電荷蓄積モデルによる放射線検出特性の解析
(Study on Al/CdTe Schottky diodes: development of CdTe surface control technique and analysis of radiation detection based on charge accumulation model)

CdTeは、SiやGeに代わる新しい半導体検出器のセンサー材料として注目されており、実用化に向けて検出器としての作製プロセス技術の向上が求められている。本研究では、CdTe検出器の特性向上を目的として、CdTeへのショットキー電極形成の技術について研究を行い、その特性評価を行った。

CdTeに対するショットキー電極材料としてAlを用い、蒸着時のCdTe基板温度を変えて電気特性を調べると、140°C以上で逆方向電流が減少することがわかった。これは、CdTe表面にTeリッチ層が存在しており、これが基板温度の上昇によって除去されるためであることがわかった。基板の加熱は結晶欠陥を引き起こす可能性があるため、熱を伴わずにTeリッチ層を除去する方法として、Heガスを用いたプラズマ表面処理を提案した。CdTeに対してプラズマ表面処理を行った結果、1分間以上の処理でTeリッチ層を除去できることがわかり、表面の荒れもほとんど見られないことがわかった。プラズマ表面処理後にAl電極を形成すると、処理を行わない場合よりも逆方向電流が減少することがわかり、基板加熱を行った場合よりも逆方向電流の減少の度合いが大きいことがわかった。さらにガードリング電極構造を採用することで逆方向電流はさらに減少し、放射線検出スペクトルにおいて59.5 keVでの半値幅が1.5 keVという高いエネルギー分解能を得ることができた。プラズマ表面処理は、CdTeへのショットキー電極形成前のプロセスとして効果的であることが明らかになった。

ショットキー接合を形成したCdTe検出器のポラリゼーション現象の原因となる深いアクセプタ準位について、電荷蓄積モデルを用いて分析を行った。ショットキー障壁低下量は時間と温度に依存しており、深いアクセプタ準位に正孔がdetrappedされる過程を反映していることがわかった。従来の電荷蓄積モデルに修正を加えることによって、ショットキー障壁低下量の測定結果から深いアクセプタ準位を定量的に評価することができた。求められた深いアクセプタ準位の深さは0.69 eV、密度は $4.56 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ であった。これらのパラメータ値を用いてCdTe検出器中の空乏層幅が減少を始める時間を計算した結果は、実際の放射線検出スペクトルにおいてピーク位置がシフトし始める時間と良く一致し、これらのパラメータ値の妥当性が確認できた。本手法はDLTSなどの分析手法と比べると簡単に行えることから、化合物半導体の深いアクセプタ準位の評価方法として役立つと考えられる。

本論文は8つの章で構成されている。第1章で研究の背景と目的、第2章、第3章で半導体検出器の原理と実験方法を述べ、第4章～第7章で実験の結果および考察、第8章で結論を述べている。

氏名 當山 広幸

(様式第5-2)

平成19年 2月 19日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 渡久地 實

副査 氏名 前 濱 剛廣

副査 氏名 金 子 英治

副査 氏名 比 嘉 晃



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	生産エネルギー工学専攻 當山 広幸 学籍番号 048608G	
指導教員	渡久地 實	
成績評価	学位論文 合格	最終試験 合格
論文題目	Al/CdTeショットキーダイオードに関する研究：結晶表面制御技術の開発と電荷蓄積モデルによる放射線検出特性の解析	
審査要旨（2000字以内）		
本論文は、近年、室温動作可能な高分解能放射線検出器デバイスとして注目されているCdTeショットキーダイオードについて、その開発、特に、CdTe結晶表面制御技術およびショットキー電極形成に関する技術について新しい知見を述べている。さらにこれらの成果に基づいて化合物半導体に広く適用可能な深いアクセプター準位に関する諸物性定数を測定、評価できる簡便な手法を提案し、応用的な成果のみならず、半導体物理分野へ適用可能な新しい知見についても述べている。		

(次頁へ続く)

CdTeショットキーダイオードのショットキー電極材料として仕事関数の比較的低いAlおよびTiを新たに提案し、これらの電極材料を蒸着する際の表面界面制御技術の開発を行い、従来用いられてきたInショットキー電極との性能の比較検討がなされている。

ショットキー電極としてAlをCdTe結晶(111)表面に蒸着するときの基板温度は180~200°Cの時がもっとも良好な整流特性が得られ、その表面組成は化学量論比となっていることをXPS測定によって示した。さらにそのときのAl/CdTeの界面組成には相互拡散はほとんどみられないことを確認している。

プラズマによるCdTe結晶表面の処理効果について詳細な実験的検討が加えられ、Heプラズマ処理によって化学量論比を有する表面を得ることが可能であり、この処理法が熱的処理による表面処理に比較し結晶欠陥の生起する恐れの少ない方法であることを論じている。プラズマ表面処理によってCdTe基板温度を上げることなく、リーク電流の小さいショットキー接合が形成でき、温度処理された素子に比べて逆方向電流を低減できることを示している。この方法で作製されたダイオードの放射線検出特性はノイズが少なく、59.5 keVのピークに対して1.7 keVの半値幅という高いエネルギー分解能を達成している。

放射線検出器としてのショットキーダイオードには高い逆バイアス電圧を印加する必要があるが、そのときCdTe結晶表面を流れる表面リーク電流は無視できない。この電流の影響を軽減するためにガードリング電極を形成しダイオードの整流特性の改善を行っている。リーク電流の軽減と共に金属・半導体界面におけるショットキー障壁の高さが従来に比べ正確に評価されたことが述べられている。Al, Tiについて、整流特性の詳細な評価により、障壁高さは勿論のこと、リチャードソン定数、理想係数、障壁高さに関する電圧係数等の諸定数が求められた。

CdTeショットキーダイオードは放射線検出器として高いエネルギー分解能をもつが、バイアス電圧印加後、時間の経過と共に検出特性が劣化していくことが知られている。従来、この劣化現象は半導体バルク中での電荷蓄積モデルで説明されてきたが、本研究で理論の修正モデルが提案され、より定量的に特性の変化をシミュレーションすることが可能となった。さらに、劣化の原因となっている深いアクセプター準位についてその高さ、密度、デトラッピング時間等がより正確に算出された。提案された手法はDLTS等の分析手法と比べ簡便であり、化合物半導体の深いアクセプター準位の評価法として有用である。

Al/CdTeショットキーダイオードに関する上記の成果は博士論文の内容として十分な成果であり、論文審査の結果合格とする。公聴会における種々の質疑についても博士としての十分な答弁がなされたことにより最終試験も合格とする。