

平成 21 年 10 月 15 日現在

研究種目：若手研究（A）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18686051
 研究課題名（和文） 窒化ガリウム用電極開発を行うための金属/窒化ガリウム界面の電位分布直視技術の開発
 研究課題名（英文） Development of direct observation for potential distribution around metallic electrode/GaN interface to develop metallic electrode for GaN
 研究代表者
 加藤 丈晴（KATO TAKEHARU）
 財団法人ファインセラミックスセンター ナノ構造研究所 主任研究員
 研究者番号：90399600

研究成果の概要（和文）：金属/半導体界面の電位分布を電子線ホログラフィーにより解析するための TEM 試料作製技術を確立した。この技術により作製された TEM 試料の金属/半導体界面に電圧を印加するため、電極位置を正確に制御できるピエゾ駆動の TEM ホルダーを用いた。このホルダーにより局所領域における金属/半導体界面の電流 - 電圧曲線を計測した。さらに、金属電極/半導体界面に順バイアスおよび逆バイアスを印加し、電子線ホログラフィーによる金属近傍の半導体内部における電位分布の変化から、空乏層と電界の変化をとらえることができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,300,00	690,000	2,990,000
2007年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2008年度	2,100,00	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	10,400,000	3,120,000	13,520,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・金属物性

キーワード：電子線ホログラフィー、ショットキー障壁、電位分布、金属/半導体界面、FIB

1. 研究開始当初の背景

これまでの化合物半導体の電極開発は、半導体上に多様な組成の合金層を形成し、様々な熱処理を行うことにより、ショットキー障壁を小さくし、オーミックコンタクトを実現してきた経緯がある。そのため、電極開発には多大な労力と時間が必要であった。また、金属電極のどのような組成及び構造がオーミックコンタクトを可能にしているか否か、不明なまま開発が進む場合も少なくない。TEM による材料の微細構造解析はサブナノオーダーでの空間分解能を有し、組成も同時

に把握することが可能である。さらに、ピエゾ駆動の電圧印加ホルダーを用いれば、局所領域に選択的に電圧を印加し電流 - 電圧特性を計測することが可能である。この計測と同時に、電子線ホログラフィーを用いれば、金属電極近傍の半導体内部における電位分布の解析から、ショットキー障壁及びキャリアの移動度に密接に関係がある空乏層厚さを定量的に評価することが可能である。以上の手法を併用すれば、金属電極の構造と半導体の内部の空乏層厚さの関連を明らかにすることが見込まれる。従って、本

研究が目指す金属界面近傍の半導体内部の電位分布を直視観察することができれば、電極開発に重要な指針を与えることができると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、バンドギャップが大きいことから高周波デバイスとして有望である窒化ガリウム(GaN)デバイスの電極開発を支援するため、金属電極近傍の GaN 内部における電位分布を直視観察する技術を開発することを目的とする。具体的には透過型電子顕微鏡(TEM)を用い、電子線ホログラフィーにより金属/半導体界面領域の電位分布を解析し、半導体内部に形成される空乏層の幅を直接計測する技術を開発する。

3. 研究の方法

半導体上に金属電極を形成する。金属電極/半導体界面領域を薄片化し、透過型電子顕微鏡(TEM)観察用試料に仕上げる。TEM 観察試料には集束イオンビーム(FIB)法を用いる。FIBで薄片化した試料は、薄片化試料表面に Ga イオンビームによるダメージ層が形成されるため、アルゴン(Ar)イオンビームで FIB ダメージ層を除去する。以上のように作製された試料において、電子線ホログラフィー法を用いて、金属電極近傍の半導体内部の電位分布を測定し、半導体内部に形成されたショットキー障壁に関連する空乏層をとらえる。以上のような試料において、TEM 内で電圧を印加し、電流 - 電圧曲線から局所領域における半導体/金属界面の電気特性を評価する。さらに、順バイアス及び逆バイアスを印加し、空乏層の変化を解析する。TEM 内で以上のような電圧印加を行うため、ピエゾ駆動機能を有する電圧印加ホルダーおよび微弱電流を検出可能な電流計測器を用いる。

4. 研究成果

金属/半導体界面の電位分布を電子線ホログラフィーにより解析するための試料作製技術を確立した。具体的には、集束イオンビーム(FIB)法による均一厚さの電子顕微鏡(TEM)試料の作製、Ar イオンビームによる TEM 試料表面に生じる FIB ダメージ層の除去、参照波を確保するための試料形状等である。以上により作製されたサンプルについて、金属/半導体界面に電圧印加するために、ピエゾ駆動により電極位置を正確に制御できる TEM ホルダーを用いた。このホルダーを用いると試料へ電圧を印加した際の電流 - 電圧曲線を計測することが可能である。局所領域における金属/半導体界面の電流 - 電圧曲線を計測した後、順バイアスおよび逆バイアスを印加し、電子線ホログラフィーによる金属近傍の半導体内部における電位分布の変化

から、空乏層と電界の変化をとらえることができた。電位分布については定量的な評価も可能である。さらに、金属/半導体サンプルで、電子顕微鏡の対物レンズを動作させると、サンプル面に対し鉛直方向に磁場が印加される。この磁場をサンプルに印加した状態で、サンプルに電流を流すと、電子線ホログラフィー観察による半導体内部の電位分布変化から、ホール効果を測定することができた。この他、以上のように準備したサンプルでは、金属電極近傍の半導体内部において、加速電圧数 100keV で加速した電子を照射すると電子・ホールペアが発生し、微弱な電流が流れる。そのような微弱電流と照射電子の領域から、半導体内部の電子拡散距離に関するデータを取ることができた。

また、このホルダーでは非常に精度よく電極位置を制御することが可能であるため、集束イオンビームによる局所領域の TEM 試料作製技術と組み合わせることにより、実デバイスの電気的な動作を直視観察できる技術へ応用できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 3 件)

加藤 丈晴、“集束イオンビーム技術による試料作製” 第八回結晶界面工学研究会、生産性国際交流センター、2008 年 9 月 6 日 - 8 日

加藤 丈晴、“TEM 試料の作製技術” JFCC 電子顕微鏡スクール、2009 年 1 月 14 日 - 15 日

加藤 丈晴、“集束イオンビーム(FIB)加工法の現状と問題点” ナノテク産業化基盤技術の有効利用および高度化と融合を目指した研究会 2009、レガロ福岡、2009 年 3 月 13 日

6. 研究組織

(1)研究代表者

加藤 丈晴 (KATO TAKEHARU)

財団法人ファインセラミックスセンター

ナノ構造研究所 主任研究員

研究者番号：90399600