

Title	窒化ガリウム薄膜のナノスケール光物性評価
Author(s)	松井, 良太
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48502
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	まついりょうた 松井良太
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21164 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	Nano-scale optical evaluation of crystalline properties of gallium nitride thin film (窒化ガリウム薄膜のナノスケール光物性評価)
論文審査委員	(主査) 教授 河田 聡 (副査) 教授 井上 康志 京都工芸繊維大学大学院工芸科研究学科教授 播磨 弘 教授 萩行 正憲 教授 増原 宏

論文内容の要旨

本論文は、近接場光学を用いたラマン分光分析によって窒化ガリウム (GaN) 薄膜のナノスケールの結晶特性を評価することを提案し、実現したことについて述べたものである。論文は、序論、本論 6 章、および総括から構成されている。

第 1 章では、III-V 族系窒化物半導体 (GaN、AlN、InN) とラマン分光分析について述べた。III-V 族系窒化物半導体について概説し、その様々な結晶特性を明らかにするためにラマン分光分析が有用であることを述べた。

第 2 章では、ナノスケールでラマン分光分析を行うための金属ナノ探針増強について述べた。先端をナノスケールに先鋭化した金属探針を用いて、探針先端のナノ領域に光電場を局在化かつ増強させ、ナノ領域からのラマン散乱光を増強して検出する方法について説明した。

第 3 章では、本研究で試料として用いた GaN 薄膜に対する基礎評価について述べた。薄膜の膜厚を変えたときの表面モフォロジー変化を原子間力顕微鏡によって評価し、ステップフロー成長の段階に達していた GaN 薄膜を本研究での試料として選択した。これを顕微ラマン分光によって評価したところ、顕微ラマン分光の空間分解能においては、試料の結晶特性は空間的にほぼ均一であった。

第 4 章では、金属ナノ探針増強を用いてラマン分光分析を行う測定系を実際に試作したことについて述べ、それによって得た GaN 薄膜のラマンスペクトルの解析を行った。その結果、探針の軸方向の偏光方向に活性なフォノンモードに由来するラマンピークが 2.8×10^4 程度に増強されることを観察した。さらに、探針を薄膜上で走査したところ、ナノスケールの欠陥や結晶方位の乱れによるスペクトルの変化を見出した。また、結晶成長初期段階にある多結晶状態の窒化ガリウム薄膜の近接場ラマン観察を行ったところ、ナノスケールの結晶構造を反映したスペクトルが観測され、多結晶状態の窒化ガリウムを評価できることが示唆された。

第 5 章では、III-V 族系窒化物半導体のラマンモードのひとつ、LOPC モードの励起波長依存性について述べた。金属ナノ探針増強の最適化のために励起波長を変化させた場合に、LOPC モードが変化するかどうか調べることを目的とした。

第6章では、III-V族窒化物半導体による電子デバイスを金属ナノ探針増強ラマン分光で評価することに先駆けて、電子デバイスとして有望な AlGaIn/GaN 系の HEMT 基板に対し表面増強ラマン散乱 (SERS) による評価を試みた。総括では、本論文で得られた結果をまとめ、本論文の結論および今後の展望について述べた。

論文審査の結果の要旨

窒化ガリウム (GaN) はワイドバンドギャップ構造を有する化合物半導体で、その電子的特性は結晶構造により決定される。ラマン散乱分光法により結晶の振動モードを分析することで、結晶特性を解析することができる。本論文は、近接場光学を用いたラマン分光分析によって GaN 薄膜におけるナノスケールの結晶特性を評価することを提案し、実験的検証を行っている。その成果をまとめると以下の通りである。

(1)金属探針を用いた近接場光学顕微鏡によって GaN 薄膜のラマン分光分析を行う測定系を試作している。金属探針による光電場の増強・局在化を効率的に誘起するために、(i) 高 N.A. の対物レンズで励起光を導入し、(ii) サファイアの複屈折性を利用して探針の軸に平行な偏光成分を選択的に探針に作用させている。こうしてナノスケールの GaN 結晶からのラマン散乱光を効率的に検出する測定系を試作している。

(2)(1)の測定系によって GaN 薄膜の評価を行った結果、金属探針の軸方向に平行な偏光成分が効率的に増強されることから、当該偏光成分に活性化フォノンモードに由来するラマンピークが 2.8×10^4 程度に増強されることを観察している。さらに、探針を薄膜上で走査することにより、ナノスケールの欠陥や結晶方位の乱れからのラマン散乱光を検出することに成功している。

(3)結晶成長初期段階の GaN 薄膜に対して本研究手法の結晶構造解析を行い、結晶性の低い試料に対しても本手法によるナノスケールの評価が有効であることを実証している。探針の走査位置によっては欠陥由来のスペクトルが消失し、高い結晶性を示すラマン散乱スペクトルの検出を示唆する結果を得ている。

以上のように、本論文は近接場光学を用いることで GaN 薄膜におけるナノスケールの物性変化を評価できることを実証したものである。本論文による手法は、特にナノスケールの空間分解能を持つ非破壊測定法である点から、GaN を用いたデバイスの特性の *in situ* 解析へとつながるものである。本研究成果は、応用物理学、特に半導体デバイス研究及び近接場光学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。