

Title	赤外吸収分光を駆使した化合物半導体表面の高感度分析：Deal-Groveモデルの拡張と応用
Sub Title	High-sensitivity analysis of compound semiconductor surfaces using infrared absorption spectroscopy : extension and application of Deal-Grove model
Author	豊島, 遼(Toyoshima, Ryō)
Publisher	福澤基金運営委員会
Publication year	2021
Jtitle	福澤諭吉記念慶應義塾学事振興基金事業報告集 (2020.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>本研究では、赤外吸収分光の一種である高感度赤外反射吸収分光(IRAS)を用いて化合物半導体表面の酸化成長メカニズムの解明を目指した。申請者のこれまでの実験から、化合物半導体であるヒ化ガリウム(GaAs)やリン化インジウム(InP)において、水中と空気中では酸化挙動が大きく異なることが経験的に分かっていた。このような環境や時間によって生じる表面の変化をリアルタイムで測定する「その場測定」を目指して、IRASを用いてナノメートルの空間スケールで起こる酸化物の成長過程を実時間、実環境で分析する手法の確立に取り組んだ。IRASや並行実施した光電子分光、ラマン分光などで得られた分析結果を用いて各種物理量を抽出し、シリコン半導体の酸化成長を説明する代表的モデルであるDeal-Groveモデルをベースとして化合物半導体の酸化成長を検討した。</p> <p>表面に生成したGaやAsの酸化物の信号強度は微弱であるため、従来のIRAS装置では定量的な解析が難しかった。本研究では、液体窒素冷却型の高感度検出器を用いて表面からの信号を従来よりも短時間で測定することを可能にした。これにより表面に水分子が吸着する様子や酸化が進行する過程を追跡に成功した。途中、使用していたIRAS装置が故障するなどのトラブルもあったが、中央試験場のIRAS装置を利用することで、研究を継続することが出来た。</p> <p>その場測定で得られるスペクトルデータは膨大であり、データ処理にも時間がかかる。この点を解消すべく解析用マクロを自作し、効率的に必要な物理量を抽出できる様に工夫を施した。本研究でメインターゲットとしたGaAsやInPは国内メーカーが大きな世界シェアを持っている。今後、本研究で得られた結果について、情報提供やさらには共同研究の可能性を探っていく。</p> <p>In this study, we aimed to elucidate the growth mechanism of oxides formed on compound semiconductors surfaces by using high-sensitivity infrared reflection absorption spectroscopy (IRAS). So far, it has been empirically known that the compound semiconductors, such as gallium-arsenide (GaAs) and indium-phosphide (InP), have significantly different oxidation behaviors depending on background environments, for examples in water and in air. In-situ measurement can elucidate surface changes caused by such environments in real time. IRAS is used to analyze the growth process of oxides that occur on a nanometer spatial scale in real time and in the real environment. The oxide growth mechanism of compound semiconductors was considered based on the Deal-Grove model, which is a typical model that explains the oxide growth of silicon semiconductors. Various physical quantities were extracted by using results obtained by IRAS and other techniques such as photoelectron spectroscopy and Raman spectroscopy.</p> <p>Generally, the signal intensities of Ga and As oxides are weak due to those small amounts on the surface. Thus, it is difficult to gain quantitative information with a conventional IRAS experiments. In this study, we introduced a new liquid nitrogen-cooled high-sensitivity detector, which enable to measure signals from the surface in a shorter time than before. As a result, we succeeded in tracking how water molecules adsorb and how the oxidation progresses on the surfaces.</p> <p>The spectral data obtained by in-situ measurement is enormous, and data processing also takes time. In order to solve this point, we built analysis macro to efficiently extract the required physical quantity.</p> <p>Domestic manufacturers have a large world share of GaAs and InP, which were the main targets in this research. We will provide information on the results obtained in this research and explore the possibility of joint research.</p>
Notes	申請種類：福澤基金研究補助
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO12003001-00002020-0044

研究代表者	所属	理工学部	職名	助教(有期)	補助額	1,500 千円
	氏名	豊島 遼	氏名(英語)	Ryo Toyoshima		
研究課題(日本語)						
赤外吸収分光を駆使した化合物半導体表面の高感度分析:Deal-Grove モデルの拡張と応用						
研究課題(英訳)						
High-sensitivity analysis of compound semiconductor surfaces using infrared absorption spectroscopy: Extension and application of Deal-Grove model						
研究組織						
氏名 Name		所属・学科・職名 Affiliation, department, and position				
豊島遼 (Ryo Toyoshima)		理工学部化学科助教				
1. 研究成果実績の概要						
<p>本研究では、赤外吸収分光の一種である高感度赤外反射吸収分光(IRAS)を用いて化合物半導体表面の酸化物成長メカニズムの解明を目指した。申請者のこれまでの実験から、化合物半導体であるヒ化ガリウム(GaAs)やリン化インジウム(InP)において、水中と空気中では酸化挙動が大きく異なることが経験的に分かっていた。このような環境や時間によって生じる表面の変化をリアルタイムで測定する「その場測定」を目指して、IRAS を用いてナノメートルの空間スケールで起こる酸化物の成長過程を実時間、実環境で分析する手法の確立に取り組んだ。IRAS や並行実施した光電子分光、ラマン分光などで得られた分析結果を用いて各種物理量を抽出し、シリコン半導体の酸化物成長を説明する代表的モデルである Deal-Grove モデルをベースとして化合物半導体の酸化物成長を検討した。</p> <p>表面に生成した Ga や As の酸化物の信号強度は微弱であるため、従来の IRAS 装置では定量的な解析が難しかった。本研究では、液体窒素冷却型の高感度検出器を用いて表面からの信号を従来よりも短時間で測定することを可能にした。これにより表面に水分子が吸着する様子や酸化が進行する過程を追跡に成功した。途中、使用していた IRAS 装置が故障するなどのトラブルもあったが、中央試験場の IRAS 装置を利用することで、研究を継続することが出来た。</p> <p>その場測定で得られるスペクトルデータは膨大であり、データ処理にも時間がかかる。この点を解消するべく解析用マクロを自作し、効率的に必要な物理量を抽出できる様に工夫を施した。</p> <p>本研究でメインターゲットとした GaAs や InP は国内メーカーが大きな世界シェアを持っている。今後、本研究で得られた結果について、情報提供やさらには共同研究の可能性を探っていく。</p>						
2. 研究成果実績の概要(英訳)						
<p>In this study, we aimed to elucidate the growth mechanism of oxides formed on compound semiconductors surfaces by using high-sensitivity infrared reflection absorption spectroscopy (IRAS). So far, it has been empirically known that the compound semiconductors, such as gallium-arsenide (GaAs) and indium-phosphide (InP), have significantly different oxidation behaviors depending on background environments, for examples in water and in air. In-situ measurement can elucidate surface changes caused by such environments in real time. IRAS is used to analyze the growth process of oxides that occur on a nanometer spatial scale in real time and in the real environment. The oxide growth mechanism of compound semiconductors was considered based on the Deal-Grove model, which is a typical model that explains the oxide growth of silicon semiconductors. Various physical quantities were extracted by using results obtained by IRAS and other techniques such as photoelectron spectroscopy and Raman spectroscopy. Generally, the signal intensities of Ga and As oxides are weak due to those small amounts on the surface. Thus, it is difficult to gain quantitative information with a conventional IRAS experiments. In this study, we introduced a new liquid nitrogen-cooled high-sensitivity detector, which enable to measure signals from the surface in a shorter time than before. As a result, we succeeded in tracking how water molecules adsorb and how the oxidation progresses on the surfaces.</p> <p>The spectral data obtained by in-situ measurement is enormous, and data processing also takes time. In order to solve this point, we built analysis macro to efficiently extract the required physical quantity.</p> <p>Domestic manufacturers have a large world share of GaAs and InP, which were the main targets in this research. We will provide information on the results obtained in this research and explore the possibility of joint research.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
Ryo Toyoshima, Shunya Murakami, Shinsuke Eguchi, Kenta Amemiya, Kazuhiko Mase, Hiroshi Kondoh	Initial oxidation of GaAs(100) under near-realistic environments revealed by: In situ AP-XPS	Chemical Communications	2020			