



①ローム(株) 非極性m面InGaN量子井戸青色半導体レーザー  
 ②三菱化学(株) GaNベース次世代高効率・高品質照明の基礎技術開発におけるGaN結晶の欠陥評価  
 ③住友金属鉱山(株) GaNと屈折率整合するNb添加ナタニエTiO<sub>2</sub>のエピタキシャル製膜  
 ④サンヨー電子(株) スリット定規からエピタキシャル成長可能とする「ヘリコン」波励起アズマス/リタエピタキシー(HWPS)装置の開発

産学連携のための基礎データ

主な研究テーマ

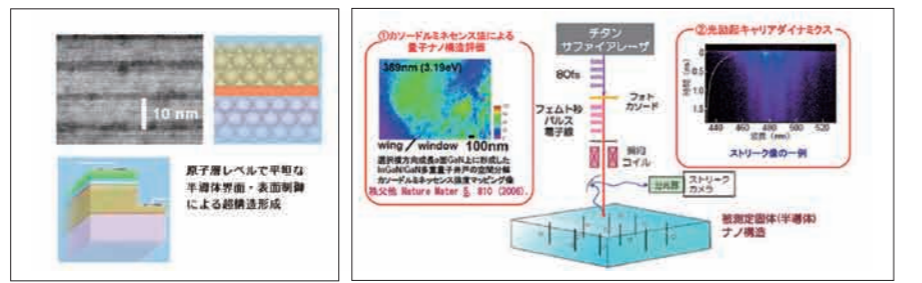
- 半導体量子構造における時間・空間分解スペクトロスコピー
- (Al,In,Ga)N系深紫外線-可視光発光・受光デバイス
- (Mg,Zn)O系酸化物半導体のヘリコン波励起プラズマスパッタエピタキシー
- マイクロキャビティポラリトンに関する基礎研究

最近のトピックス

- 2003年 丸文研究奨励賞 「III族化合物半導体の励起子構造および量子構造発光素子における局在励起子発光過程の解明」
- 2006年 特許第3816759号 製膜方法及び製膜装置 (ヘリコン波励起プラズマスパッタエピタキシー)
- 2008年 応用物理学論文賞「JJAP論文賞」 論文名: Continuous-Wave Operation of m-Plane InGaN Multiple Quantum Well Laser Diodes (ローム(株)との共同研究) ドコモ・モバイル・サイエンス賞 基礎科学部門優秀賞 「非視認通信および表示・照明用III族窒化物半導体の物性研究」
- 2009年 市村学術賞 功績賞 「Inを含む窒化物半導体混晶の光物性研究」
- 2010年 文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門) 「インジウムを含む窒化物半導体混晶の光物性の研究」



ナノ構造体の局所ダイナミクス評価による知見発掘に基づいて高性能化や新機能の出現を提供する産学連携の形



■ワイドバンドギャップ窒化物・酸化物半導体・ナノ構造のエピタキシャル形成とデバイス(左)、フェムト秒〜ピコ秒パルス束電子線を用いたワイドバンドギャップ半導体の時間・空間同時分解スペクトロスコピーによるナノ領域キャリアダイナミクス計測(右)。このような技術も産学連携につながる。

数々の実績と、「世界にまだないもの」を求めるスピリッツが生かされた秩父教授の研究に、多くの企業が注目。企業の一部として定常的に実施するのが困難な高度評価技術による物理的解釈・知見の提供や、新たな装置開発を秩父研究室に依頼するという形で、産学連携が進められています。

2007年、非極性m面に載せたInGaNレーザーの室温連続発振を実現させた研究は、ローム(株)との産学連携によるものでした。2011年には、三菱化学(株)と共同で、「GaNベース次世代高効率・高品質LED照明・器具の開発」を手がけた秩父研究室が光学的手法による「GaN結晶の評価」を担当。時間同時分解フォトルミネッセンスや時間・空間同時分解フォトルミネッセンス法によって、点欠陥の評価を行いました。

そのほか、2011年、住友金属鉱山(株)との「GaN系LEDと屈折率整合するNb添加TiO<sub>2</sub>系透明導電膜のヘリコン波励起プラズマスパッタ(HWPS)法による形成」、2010年、サンヨー電子(株)との「ヘリコン波励起プラズマスパッタエピタキシー装置の共同開発」などの例が挙げられます。

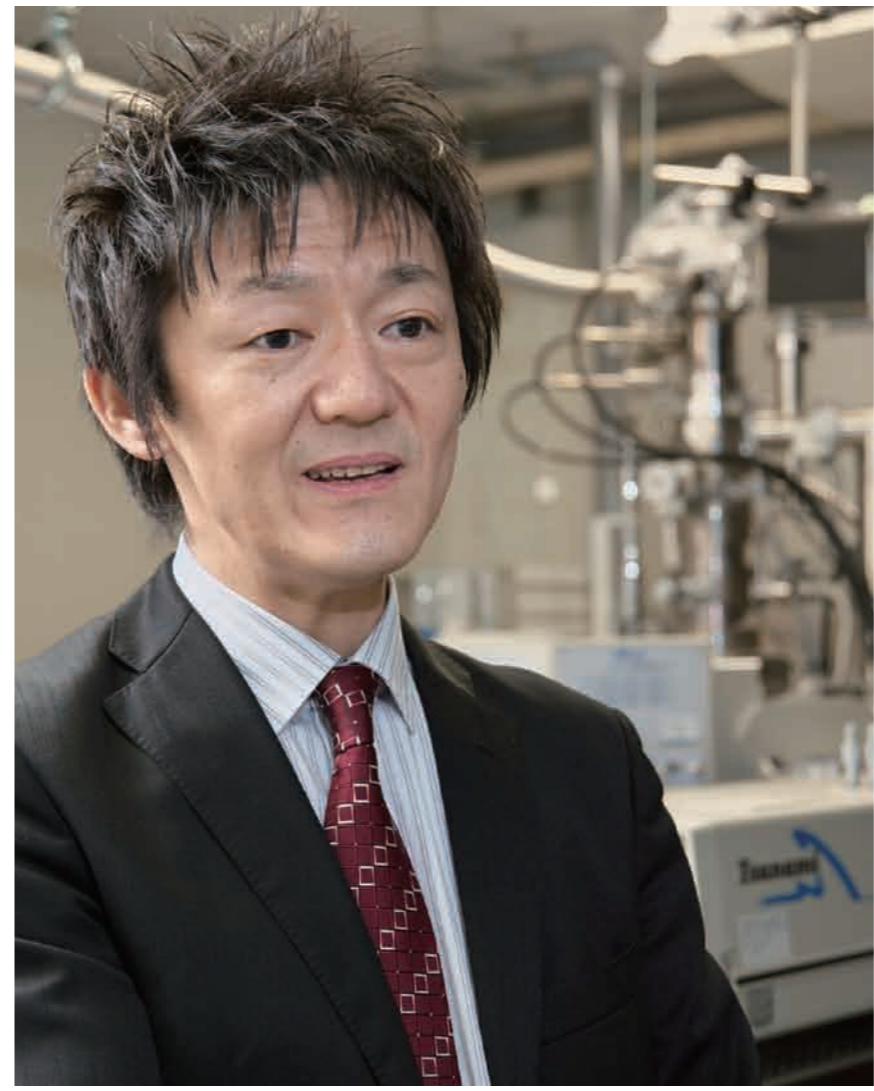
「世界初」の発見や構造、装置を作り出していく 光と電子の機能融合から広がる未来へ



■バンドギャップの広い半導体における局所的な発光の動的観察を可能にする日本に唯一の時間・空間同時分解フォトルミネッセンス(STRCL)装置  
 ■半導体のガスエッチングを行う、反応性イオンエッチング(RIE)装置  
 ■三菱化学(株)「GaNベース次世代高効率・高品質LED照明・器具の開発」で行ったGaN結晶の品質評価(陽電子消滅評価は筑波大学上殿明良教授との共同研究)

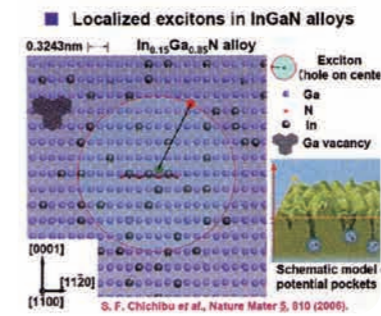
秩父研究室では、「光と電子の機能融合」を目指し、環境負荷の少ないGaNやZnOを基盤とする、発光素子・受光素子に関する研究を行っています。そのなかには、光と励起子の連成波を用いた「コヒーレント光源」や「紫外線や純緑色の半導体レーザー」などがあります。構造や発光過程を理解するために開発した測定装置も独自のものが多く、測定装置の開発一つ一つにも、世界で初めてといわれる技術が用いられているのです。例えば電子顕微鏡を上下に分け、除振台を組み込んだ時間・空間同時分解フォトルミネッセンス(STRCL)装置もその一つです。

電気電子工学分野にも精通する秩父教授の研究は、材料開発、結晶成長、量子構造の形成と評価などの多岐にわたる。常に時代の先を行きたいという考えのもと、日々新たな研究が行われています。近い未来には、白色LED照明が世界中に爆発的に普及し、緑色半導体レーザーを用いた高精彩投影機が携帯電話サイズで登場するでしょう。さらに、ポラリトンレーザーの室温動作にも期待がかかります。



秩父教授は、1993年に実現された「窒化インジウムガリウム(InGa<sub>0.15</sub>N)高輝度青色・緑色発光ダイオード(LED)」の物性評価に名乗りを上げ、その特異な発光メカニズムを世界に先駆けて解明しました。すなわち、高密度の結晶欠陥や分極電場が内在するにもかかわらず高効率で発光する理由が励起子の局在によるものであることを突き止めました。さらに、分極の影響を取り除くことができる結晶面を利用した「InGa<sub>0.15</sub>N半導体レーザー」の室温連続発振に成功。

青色・緑色・紫外線LEDやLDは、高精度表示や、高密度光記録用の光源として実用化され、高効率発光による省エネ推進とCO<sub>2</sub>排出抑制のために活用されること。さらに、紫外線LEDを用いた高演色性の白色LED照明を実現するために、今後ますますInを含む窒化物半導体混晶の重要性が高まると考えられています。



窒化インジウムガリウム(InGa<sub>0.15</sub>N)混晶における励起子局在のモデル図。発光の源となる電子-正孔対(励起子)が、非発光性欠陥につかまるよりも速く「発光性の局在状態」にとらえられ、高効率で発光するモデルを提案。陽電子消滅測定結果と照らし合わせ、In-N-Inのような原子サイズのIn-Nチェーン構造が正孔局在の正体であると示した。

世界の常識を変えた 窒化インジウムガリウム(InGa<sub>0.15</sub>N) LEDとの出会いから光と電子の融合へ

○多元物質科学研究所教授

「窒化インジウムガリウム(InGa<sub>0.15</sub>N)高輝度青色・緑色発光ダイオード(LED)」が、高密度の真通転位が存在する上に、分極電場が内在するにもかかわらず高効率で発光する理由を世界に先駆けて解明した秩父教授。半導体超薄膜やナノ構造のエピタキシャル成長を行うだけでなく、微細領域における励起子効果、量子効果の動的評価を行っており、幅広い研究が多くの産学連携事例につながっています。

秩父重英