

| | |
|--------------|---|
| Title | Diffusion process in III-V compound semiconductors studied by in-situ transmission electron microscopy and optical spectroscopy |
| Author(s) | 大野, 裕 |
| Citation | |
| Issue Date | |
| Text Version | ETD |
| URL | https://doi.org/10.11501/3144298 |
| DOI | 10.11501/3144298 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

| | |
|---------------|--|
| 氏 名 | おおの ゆたか 大 野 裕 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (理 学) |
| 学 位 記 番 号 | 第 1 4 0 7 2 号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 10 年 6 月 17 日 |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 2 項該当 |
| 学 位 論 文 名 | Diffusion process in III-V compound semiconductors studied by <i>in-situ</i> transmission electron microscopy and optical spectroscopy (その場透過電子顕微鏡法・可視分光法による III-V 族化合物半導体中における点欠陥の拡散過程の研究) |
| 論 文 審 査 委 員 | (主査) 教 授 平 田 光 兒 (副査) 教 授 阿 久 津 泰 弘 教 授 大 山 忠 司 教 授 大 貫 惇 睦 助 教 授 竹 田 精 治 |

論 文 内 容 の 要 旨

III-V 族化合物半導体中の点欠陥の拡散過程をその場透過電子顕微鏡法で調べた。GaP および InP 試料に 200 keV 電子線を照射したのち 700 K 以上の熱処理を加えると、照射で導入された格子間原子の拡散・集合により転位ループが形成されるのを見出だした。類似のループは 300 keV 電子線照射後の 800 K 以上での熱処理で GaAs にも形成された。ループは熱処理の初期の段階で形成され、以後その数密度は変化しなかった。それぞれのループサイズは熱処理時間と共に増加し、やがてある値で飽和した。よって全ループに集合した格子間原子の総数は、ループの成長後はある一定となる。そのループ内全格子間原子数は、1) 照射条件 (照射温度および照射線量) が一定の場合は熱処理温度に依存せず、2) 照射量の自乗に比例して増加する、ことを見出だした。これらの実験結果は、電子線照射下でのみ形成される III 族-V 族の格子間原子対が熱的に拡散・集合したとして良く説明された。解析の結果 Ga-P および In-P 格子間原子対の拡散エネルギーはそれぞれ 0.9 と 1.5 eV と見積もられた。

転位ループの形成は電子線照射後の 700 K 以上の熱処理でのみ観察され、低温でのループ形成の前駆過程、拡散種の形成過程の電子顕微鏡法による直接観察はできなかった。その研究のため、透過型電子顕微鏡内で電子顕微鏡観察と同時に同一場所からのフォトルミネセンスおよびカソードルミネセンス測定のできる装置を製作した。GaP に適用した結果、90 K 電子線照射下で照射に伴う顕著な発光強度の減少が観測された。この減少は 20 K 照射下では観測されなかった。発光強度の減少は 20 K 照射後の 90 K 熱処理でも観測されたが、減少割合は 90 K 照射下での割合より小さかった。これらの結果は、20 K 照射で導入されたフレンケル欠陥は、1) 20 K では熱的に安定(不動)で、2) 90 K 熱処理で拡散により非発光準位を伴う複合欠陥を形成、としてうまく解釈された。90 K 照射下での減少割合の解析結果は電子線照射下での格子間原子対の形成を示唆しており、高温での顕微鏡観察結果と矛盾しない。一方、CuPt 型自然超格子構造を持つ GaInP への 110 K 電子線照射ではフレンケル欠陥に起因する発光強度の減少のみが観測され、複合欠陥の形成は見出だされなかった。強度の減少は 130 keV 以上のエネルギーの電子線照射により生じた。150 keV 以上では減少割合が急増し、また発光ピークエネルギーの移動も観測された。一方、電子顕微鏡観察より 150 keV 以上の電子線照射で超格子構造が壊れて混晶化することが分かった。この結果は、1) 150 keV 以上の電子線照射で Ga, In の両

原子がはじき出され、2) 照射導入の格子間原子が電子線照射下で拡散して空孔と再結合し、3) はじき出し・再結合を介した混晶化に伴い電子状態が変化、と説明された。

論文審査の結果の要旨

大野君の研究は、実用材として今日では重要な半導体である GaP, InP, GaAs などの基本的な欠陥である原子空孔や格子間原子の性質に関するものである。電子線照射の手法でこれらの欠陥を結晶内に導入し、700 K 以上の温度範囲で、点欠陥が集合して集合体を形成してゆく過程を高分解電子顕微鏡法で克明に追跡した。III族、V族の格子間原子は表面では消滅しない。照射時に既にこの2種の格子間原子のペアが形成されていること。さらに上記の温度範囲で格子間原子型転位ループの形成過程を、定量的にレート方程式を使って解析し、格子間原子のペアは GaP と InP についてそれぞれ 0.9 と 1.5 eV の活性化エネルギーで移動すること、さらにこの移動に際し、結晶中に存在する空孔型の欠陥はなんら相互作用を示さないことを見いだした。

シリコンとは異なり、点欠陥に関する情報の乏しい III-V 半導体にとって、実用的な面からも、同君のこの研究で得た情報は極めて貴重なものと考えられ、理学博士として充分の価値のあるものと認められる。