

Title	育成結晶の初期成長過程の研究と格子欠陥および不純物の育成結晶に及ぼす電氣的・光学的性質の研究
Author(s)	石井, 恂
Citation	大阪大学, 1981, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/32984">https://hdl.handle.net/11094/32984</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</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・(本籍)	石 井 恂
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 5 1 4 6 号
学位授与の日付	昭和 56 年 1 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	育成結晶の初期成長過程の研究と格子欠陥および不純物の育成結晶に及ぼす電氣的・光学的性質の研究
論文審査委員	(主査) 教授 橋本初次郎 (副査) 教授 藤田 茂 教授 三石 明善 教授 犬石 嘉雄 教授 鈴木 達朗 教授 南 茂夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、金属の初期酸化過程ならびに半導体 Si の熱腐蝕過程を透過電子顕微鏡で研究した成果、及び化合物半導体  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  育成結晶に格子欠陥や不純物が及ぼす効果を調べて、育成結晶の品質悪化要因を究明し、その抑制方法を示して、高性能・高品質  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  育成結晶を得た研究の成果をまとめたもので、本論文は 7 章より構成されている。

第 1 章は、本論文全体にわたる序論である。育成結晶に関する研究の重要性を述べ、育成結晶に関する基礎的研究と化合物半導体結晶に関する研究の歴史のあらましを述べ、それらの研究課題を整理し、本研究の意義ならびに位置づけを明らかにしている。

第 2 章では、Cu と  $\alpha$ -しんちゅうの初期酸化生成物および Si の熱腐蝕過程を透過電子顕微鏡で観察した結果について述べている。Cu の初期酸化について、 $\text{Cu}_2\text{O}$  が生成した形態を明らかにし、また、 $\text{Cu}_2\text{O}$  と CuO の中間生成物単結晶ならびに  $\text{Cu}_2\text{O}$  もしくは CuO の超格子構造と思われる板状結晶が成長することを見出している。 $\alpha$ -しんちゅうの酸化について、液滴様の生成物質をともなった ZnO 針状結晶や選択酸化された ZnO 板状結晶が成長すること、ならびに、局所的に  $\alpha$ -しんちゅうが蒸発して窓のように薄い領域が形成されることを明らかにしている。また、Si の熱腐蝕は、融点より低い温度で液滴物質が局部的に生成して移動することによって、それを媒体として Si が蒸発して進むことを見出している。

第 3 章では、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  の結晶成長に使用する材料の処理方法を検討して、高性能・高品質結晶を育成する方法を明らかにしている。その結果、育成結晶の品質を悪くする原因が結晶成長過程において導入される酸素にあると推論している。

第4章では、GaAs結晶のキャリア密度を制御する方法を示している。揮発性不純物のZnをドーピングして育成結晶の正孔密度を制御するとき、その正孔密度がZnの蒸気圧を考慮した実験式で表わされることを示し、実験式の正しいことを検証している。また気相から不純物をドーピングして電子密度がよく制御できることを明らかにしている。

第5章では、薄膜GaAs単結晶の格子欠陥を化学エッチング法で正確に現わすことができるエッチング法を考案しそのエッチング液を用いて基板結晶と育成結晶の転位密度の相関関係を明らかにし、かつ育成結晶の転移密度が基板結晶のそれより少なくなることを実証している。

第6章では、酸素が育成結晶にドーピングされることを定量的に示し、育成結晶に発生する非発光再結合中心が酸素の混入量を少なくすることで抑制されることを明らかにしている。この結果を用いて非発光再結合中心からなる暗点欠陥の生成を低減する方法を考案し、これを半導体レーザー用結晶に応用し、その寿命延長に成功し、その劣化機構に言及している。

第7章は、本論文全体にわたる結論であり、結果を要約している。

## 論文の審査結果の要旨

不純物濃度を制御し、各種格子欠陥を除いた結晶の育成と加工処理技術の向上は最近の半導体工業の目ざましい発展にみられる如く益々その重要性を増している。

本論文は金属の初期酸化物成長過程および半導体Siの熱腐蝕過程に共通過程があることを発見し、更に化合物半導体中の不純物の制御方法、格子欠陥の観察方法とその制御方法を研究し、これにより半導体レーザーの寿命を飛躍的に延長させたことに関するもので、その結果を要約すると次の通りである。

- (1) 銅合金の初期酸化過程と半導体Siの熱腐蝕過程において従来知られなかった超顕微鏡的液滴微粒子が形成され、これが媒体となり酸化物結晶が成長し、又Siが融点以下の温度で蒸発することを明かにしている。
- (2) 化合物半導体 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ の液相からの育成結晶の不良化原因が混入された酸素であることをつきとめ、又GaAs結晶のキャリア密度を気相ドーピング法によって制御する方法を示している。更に、多層構造をもつ薄いGaAs育成結晶の各層中の格子欠陥を正確にあらわすエッチング法を考案している。この方法により育成結晶中の転位密度が基板結晶の転位密度と密接な関係があることを見出している。そして転位密度の少ない結晶が育成できることを示している。更に育成時に雰囲気ガスに酸素を混入することにより、結晶に酸素を定量的にドーピングすることを初めて行い、酸素が一原因となる非発光再結合中心からなる暗点欠陥の生成密度を低減した結晶を育成し、これを用いて半導体レーザーでその寿命を延長することに成功している。

以上の研究成果は半導体工学の進展に貢献する所が大きい。依って本論文は博士論文として価値あるものと認める。