

Title	ガリウム砒素電界効果トランジスター用気相成長結晶材料開発に関する研究
Author(s)	柴富, 昭洋
Citation	大阪大学, 1983, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33480">https://hdl.handle.net/11094/33480</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)	しば	とみ	あき	ひろ	(
学位の種類	柴	富	昭	洋	
学位記番号	工	学	博	士	
学位授与の日付	第	5	8	9	号
学位授与の要件	昭和58年2月7日				
学位論文題目	学位規則第5条第2項該当				
論文審査委員	<b>ガリウム砒素電界効果トランジスター用気相成長結晶材料開発に関する研究</b>				
	(主査)				
	教授	犬石	嘉雄		
	教授	木下	仁志	教授	山中千代衛
	教授	鈴木	胖	教授	藤井 克彦
	教授	小山	次郎	教授	横山 昌弘
				教授	中井 貞雄
				教授	松尾 幸人

## 論文内容の要旨

本論文は、ガリウム砒素電界効果トランジスター (Ga As FET) に最適なGaAs結晶材料の開発に必要な結晶成長技術と、その評価技術の開発、及びその高周波FETへの応用に関する研究をとりまとめたもので、以下の八章から構成されている。

第1章は総論であり、GaAs結晶及びその結晶を用いたデバイスの歴史的な発展とその背景を概観し、FETに至った経緯について述べている。このFETの高周波化、高出力化、低雑音を達成するためには、その結晶材料をどのように開発したらよいか、本論文の基本思想、必要性、目的、更にこの分野における位置付けを明らかにしている。

第2章では、FET用結晶材料開発上の問題点をとりあげている。主としてGaAs結晶成長法とその評価法及びFETの数値解析について議論し、次の結論を得ている。まず、FET結晶成長法はGa/AsCl<sub>3</sub>気相成長法が最適であることを結論付けている。そして、結晶特性パラメーターとデバイスパラメーターの相関を取ること及び、界面、表面の物性を解明することが最も重要であることを提唱している。

第3章では、FETの特性に最も大きな影響を及ぼす、動作層の最適結晶特性と成長法について論じている。高純度化と高移動度化にはGa/AsCl<sub>3</sub>/N<sub>2</sub>>>H<sub>2</sub>系気相成長法が最適であることを実証している。そして、不純物種の同定及び成長条件との相関を明らかにしている。

第4章では、半絶縁性結晶基板の特性と、動作層及びFET特性への影響について論じている。半絶縁性結晶は4つの深い準位に依存し、Gaの空孔と浅い準位の複合体により形成されるメカニズムを提唱し、これを実証している。

第5章では、結晶層界面の物性に関して、理論的、実験的に述べている。結晶界面評価法として移動度分布法を開発し、界面の散乱メカニズムを解明している。その結果、連続成長法とバッファ層の採用により散乱因子の動作層への影響を低減できることを実証している。

第6章では、gmの周波数分散による評価法を開発して、表面準位形成メカニズムを解明すると同時に表面物性と素子特性との相関をはじめて明確にしている。特に表面準位が及ぼす低周波雑音と入出力特性への影響をはじめて解明している。

第7章では、本研究で開発した結晶を高出力FET、及び低雑音FETに適用している。いずれも当初の目的値を達成し、FETに最適な結晶であることを実証している。同時に本研究の革新性を明らかにしている。

第8章は結論であり、本研究の成果をとりまとめている。

## 論文の審査結果の要旨

最近の半導体素子に対する要請の一つはその高速化、高周波化にある、これを満たす材料としてIII-V族化合物半導体、特に高電子移動度を示すガリウム砒素(GaAs)が早くから注目され、その結晶成長、物性、高周波素子作成に関する研究が内外で活発に行われた結果、ガリウム砒素電界効果高周波トランジスター(FET)が実用化されつつある。

本論文は早くからこの開発に従事した提出者が結晶成長にはじまり、8GHz帯の低雑音高効率のガリウム砒素電界効果トランジスターの実用化に至るまでの研究成果をまとめたもので、多くの新知見と開発に関する指針を得ている。

たとえば

- (i) FET用ガリウム砒素結晶作成のため新しく窒素をキャリアガスとする気相エピタキシャル成長法を提案し、キャリア濃度 $10^{13}/\text{c. c}$ 程度の高純度高移動度単結晶の作成に成功している。
- (ii) 気相エピタキシャル成長の過程でガリウム砒素に混入する不純物の種類とそのエネルギー準位を光ルミネッセンス、磁場下の遠赤外光伝導、DLTSなどの新しい解析手段を用いて解明し、結晶成長条件との関連を明らかにした。
- (iii) Cr、及びFeドーピングによるガリウム砒素半絶縁性結晶基板の新しい評価法を確立すると共に、Cr、Fe等によって導入される不純物準位を決定した。また半絶縁性基板の熱変性の機構を解明した。
- (iv) ガリウム砒素FETで最も重要な表面の影響を解明するため、新しく相互コンダクタンス(gm)の周波数特性及び移動度の場所的分布を用いる方法を確立し、界面での空間電荷散乱の重要性を明らかにすると共に、バッファ層によってこれが低減できることを実証した。また酸化シリコン膜とガリウム砒素界面に形成される析出砒素原子層が $1/f$ 雑音の原因となることを見出し低雑音化への方法を確立した。

(v) 以上の研究成果を応用して 8 GHz, 1.6W の高効率, 低雑音ガリウム砒素 FET の開発に成功した。

以上述べたように本論文はガリウム砒素, 半導体素子の基礎物性に関する多くの新知見を含むと共に, 高周波 F E T 素子開発に関する重要な指針をも与えるものであり, 半導体工学に貢献する所が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。