OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	III－Ⅴ族化合物半導体のエピタキシャル成長とその高性能太陽電池への応用に関する研究
Author(s)	伊藤, 義夫
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35656
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【83】

氏名・(本籍)	伊藤義夫
学位の種類	工学博士
学位記番号	第8045号
学位授与の日付	昭和63年3月17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	Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体のエピタキシャル成長とその高性能太陽電池への応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 浜川 圭弘 (副査) 教授 難波 進　教授 山本 錠彦

論文内容の要旨

本論文は燐化インジウム（InP）及びヒ化ガリウム（GaAs）のエピタキシャル成長とその高性能太陽電池への応用に関する一連の研究成果をまとめたもので本文7章と謝辞とからなっている。

第1章では，Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体太陽電池のこれまでの研究の沿革を概説し，本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では，InPのＬＰＥ成長と，p形のドーパントとして用いたMgの拡散について述べている。高変換高率の太陽電池実現のためには，p層厚の制御が不可欠である。Mgの拡散機構を明らかにするとともに，その膜厚制御法を確立した。すなわち，p－n接合位置がMgの遅い拡散で決まる場合は急峻なp^+－n接合が，また，速い拡散で決まる場合は接合がなだらかなp^+－i－n接合が形成されることを見出し，この性質を積極的に利用して，新しい高効率化技術を確立した。

第3章では，第2章の結果に基づいて作製したp^+－nおよびp^+－i－n接合構造の太陽電池の特性及びそれらの電子線照射効果について述べている。p^+－nとp^+－i－n接合構造太陽電池を比較するとp^+－n接合は優れた耐放射線性を，p^+－i－n接合構造太陽電池は期待通り高い変換高率｛21.5%（AM1.5）｝を示すことを明らかにした。つまりi層の存在は，太陽電池の変換高率には，有効となるものの，i層内の照射欠陥が再結合発生電流を生ずるため，耐放射線性には，不利となる。従って，i－層厚を0.5～1.0μmとすれば高高率かつ耐放射線性に優れた太陽電池が実現できることを明らかにした。

第4章では，InP太陽電池が，SiやGaAsなど他の太陽電池に比較して優れた耐放射線性を示すと共に，優れた耐放射線性の機構を明らかにしている。InPでは放射線により導入され，太陽電池特性の劣化をもたらす欠陥H^4は，室温放置で消滅することを見い出し，これがInP太陽電池の優れた耐放射線

性をもたらしていることを明らかにした。また，H^4の消滅過程についても詳細な検討を行なった。

第５章では，軽量かつ経済化を指向した，多結晶及び薄膜太陽電池についてGaAsを例に取り，数値計算により，粒径及び転位密度と変換高率との関係を明らかにしている。その結果，GaAsのバルク形の太陽電池と同程度の性能をもつ太陽電池を実現するには，多結晶薄膜太陽電池では粒径を1000 μ m以上とすることが，また，単結晶薄膜太陽電池では転位密度を10^6／㎠以下にすることが必要なことを明らかにした。

第６章では，第５章の結果を踏まえ，GaAs単結晶薄膜太陽電池の実験を目指し，Si基板上へのGaAs膜の成長及びその太陽電池特性について述べている。転位密度の低減法として成長を中断し，冷却後熱処理法が有効であることを見いだし，転位密度を２－４ x 10^5／㎠に迄低減できた。その結果，作製したGaAs単結晶薄膜太陽電池では18%の変換高率が実現された。また，GaAs／Si太陽電池の電子線照射による劣化は，GaAs／Si太陽電池と全く同様であることを明らかにした。

第７章では，第２章から第６章までの研究成果を総括し，本研究で得られた結論及び残された課題について述べている。

論文の審査結果の要旨

GaAs（ガリウム砒素）およびInP（インジュウム燐）半導体は，ともに禁止帯幅が1.4eVの領域にあり，理論光電変換高率がシリコン（1.1eV）より優れていることから，太陽電池用材料として注目されてきた。ところが一般的に云って，材料が高価，資源が豊富でないなどの問題から，これまで太陽電池としての技術開発が遅れていた。本研究は，価格よりも効率と耐放射線が最も重要視される宇宙用太陽電池の開発をめざして実施された一連の基礎研究をまとめたものである。

本論文では，まず，液相エピタキシャル成長法によるInP結晶の成長と，その原子価制御についての研究を行い，InP中のアクセプタ不純物であるMgの拡散には，速い拡散と遅い拡散との２種類が存在することを見出し，優れた結晶性を得るための条件を明らかにした。ついで，この２種類の拡散を巧みに利用して，p^+－n接合ならびにp^+－i－n接合ができる設計条件を確立し，p^+－i－n接合太陽電池で22%という高効率太陽電池を開発した。

単結晶GaAs太陽電池は地上太陽光（Air Mass 1）で20%以上，大気圏外の太陽光（Air Mass 0）で18%程度の効率を出す技術が開発されており，つい最近人工衛生に搭載されるまでになった。しかしながら，Si太陽電池と比べて桁違いに高価であることが大きな泣き所である。本研究では，こうした問題の解決をめざして，結晶Si基板に薄いGaAs結晶を成長して変換効率18%の太陽電池を形成する技術を開発した。これには大面積成長の容易な有機金属気相成長（ＭＯＣＶＤ）法を用い，２段階成長法という独特のプロセスを考案し，結晶中の転位密度が10^6／㎠程度まで低められる新技術を確立し，その物理的機構について理論的背景を明らかにした。

さらに，これらの太陽電池の耐放射線効果に関する，組織的な研究を実施し，InP太陽電池がSiや

GaAs太陽電池と比べて格段と優れていることを実証した。そして，その原因について解析を行い，電子線照射によってInP中に導入される結晶欠陥は燐空孔（V_p）と格子間燐原子（P_{in}）とのフレンケル対（H^4中心）に起因するなど，その欠陥形成のメカニズムを解明し，とくに，InPの場合その構造柔軟性によって，これらの欠陥は室温でアンニールされ消滅することを見出した。

以上のように，本研究によって得られた成果は半導体光電変換の物性分野に新しい知見を提供し，また太陽光発電技術の進歩にも貢献するところ大きく，工学博士の学位論文として価値あるものと認める。