OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	赤外線検知材料としての水銀・カドミウム・テルル結晶の研究
Author(s)	瀧川, 宏
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33689
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

氏名・(本籍)	瀧川　宏（たきがわ　ひろし）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第6354号
学位授与の日付	昭和59年3月16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	赤外線検知材料としての水銀・カドミウム・テルル結晶の研究
論文審査委員	(主査) 教授 成田信一郎 教授 中村　伝　教授 藤田 英一　教授 山田 安定 教授 久米 昭一

論文内容の要旨

高感度で特性の均一な $Hg_{1-x}Cd_x$ Te 赤外線検知素子アレイを作成するため，赤外線検知素子の性能と HgCd Te 結晶特性との関係を明らかにし，この関係からの要求品質を充たす結晶の成長法について研究を行った。

一、結晶特性と素子性能の関係を調べるために必要な組成の均一な結晶を変型ゾーンメルト法で作成し，結晶性・組成の均一性，電気的特性を評価した。その結果，結晶粒界の発生と組成の不均一性は，固液界面（結晶成長面）で凹面であることに由来していることが明らかになった。また，電気的特性はアクセプター型不純物として振舞うメタルサイトの空格子点の濃度によって左右されるため，水銀蒸気中での熱処理条件を調らべ，この濃度を$10^{13}cm^{-3}$に下げた。

一、上記の結晶を用いてMIS（Metal－Insulator－Semiconductor）ダイオードとPC（Photo－conductive）検知素子を試作・評価し，これらの検知素子と結晶特性との関係を明らかにした。

MIS ダイオードアレイには，0.1° 以上の小傾角粒界を含まぬ $Hg_{0.7}Cd_{0.3}Te$ 結晶が必要である。0.1°以上の小傾角粒界は MISダイオードの蓄積時間，最大表面ポテンシャルを低減させる。また，ネット不純物濃度，組成の不均一性は，それぞれ $N_D-N_A \leqq 10^{15}cm^{-3}$, $\Delta x \leqq 0.005$ であることが必要である。

PC アレイには，大傾角粒界を含まぬ $Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te$ 結晶が必要である。大傾角粒界はフリッカー雑音を増加させる。ネット不純物濃度，組成の不均一性は，それぞれ $0<N_D-N_A\leqq 10^{15}cm^{-3}$, $\Delta x \leqq 0.003$ であることが要求される。$N_A > N_D$ の結晶は，電気的特性が不均一であり，過剰キャリアがショックレー・リード・センターを介在した再結合過程によって制限される等の理由からＰＣ用には

適さない。

一、上記の要求を充たす結晶を作成するため，変型ゾーンメルト法の成長条件について研究した。

ネット不純物濃度を制御するため，ドナー型不純物としてＩｎを結晶内に均一に添加する方法を明らかにした。Ｉｎは浅い準位を形成し，キャリアの移動度は低下するが，添加していないｎ型結晶と同じく過剰キャリアはオージェ再結合過程によって制限されている。

固液界面を平担化するため，変型ゾーンメルト法における熱流を数値計算と実験データから解析した。この結果に基づき，上面が凸面のカーボンロッドをヒートシンクとして用いる新しい成長法を提案し，合わせて成長炉内の温度分布を最適化した。その結果，固液界面は平担になり，大傾角粒界・組成の不均一性が減少した。しかし，小傾角粒界は残った。

この新方法で作成した結晶を用いて試作したＰＣアレイは優れた特性の均一性を示し，この結晶はＰＣアレイ用として最適なことが分った。

二、ＭＩＳ ダイオードアレイ用結晶として適した小傾角粒界を含まない結晶を作成するため，開管式液相エピタキシャル成長法の研究を行った。最大の問題となった凹みや突起などの表面欠陥の原因が成長用溶液（メルト）への過剰な水銀の溶け込みであることを明らかにし，このメルトをＣｄとＴｅだけから成るインゴットから作る新しい方法を提案した。この方法によって組成の均一な鏡面エピタキシャル結晶が得られた。

この結晶を用いて試作したＭＩＳ ダイオードアレイは優れた特性を示し，この結晶はＭＩＳ用として適した結晶品質を持つことが明らかになった。

論文の審査結果の要旨

水銀カドミウムテルル（Hg_{1-x} Cdx Te）は近赤外にすぐれた光電感度をもつ三元合金であり，5 μm 波長附近と11 μm附近に感度をもつ2種類の合金が研究され，実用に供されてきたが，これまでは感度，寿命，アレイを作った時の均一性等の点でいまだしの感があった。この研究は合金単結晶の製造にさかのぼって結晶の完全性，均一性から徹底的に問題をとらえて，恐らくは世界でもっともすぐれた赤外検知器を作りあげた。その過程と条件を明らかにしたのがこの研究である。

2種類の検知器が研究され，一つはＭＩＳ（Metal－Insulator－Semiconductor）ダイオードであり，他は光伝導検知器である。ＭＩＳデバイスにおいては小角粒界が0.1° 以上のものは避けねばならないこと，また光伝導検知器では大角粒界のある結晶は不適当であることが明らかにされた。またドナー，アクセプタの濃度差（$N_D - N_A$）は $1 \times 10^{15} cm^{-3}$ 以下でｎ型試料でなければならぬことが分った。またネットの不純物濃度をコントロールするためのアニーリングのプロセスやドーピングの技術が明確にされた。

結晶は修正ゾーンメルチング法で作られたが，粒界密度と合金成分比不均一は結晶成長時の固体・液体界面が下に向って凸のとき増加することを明らかにし，結晶製作中の炉とアンプルの間の熱流が解析

された。また新たにカーボンロッドをアンプル中に入れてヒートシンクすることが提案され，結晶成長中の固液表面をフラットに保つことに成功した。このようにして出来た結晶を用いた光伝導検知器は非常によいアレイ均一性をもつすぐれたものとなった。

一方，MIS ダイオードは液相エピタキシアル法によって，小角粒界のない結晶を作ることが研究され，エピタキシアル表面の欠陥の原因が究明された。このようにして表面の欠陥が抑えられ，これによるMIS ダイオードアレイはすぐれた特性をもつことが明らかにされた。

以上本研究は結晶成長にさかのぼって徹底的に結晶粒界の原因とそれのデバイスに及ぼす影響を研究し，すぐれた赤外検知器を作る方法をみつけ出した。これは今後この方面の発展に大きく貢献するものであり，工学博士の学位を授与する価値あるものと認める。