

Title	窒化物半導体結晶の作製と評価に関する研究
Author(s)	岡本, 光央
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184394
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	岡本光央
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16227 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	窒化物半導体結晶の作製と評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 佐々木孝友
	(副査) 教授 松浦 虔士 教授 熊谷 貞俊 教授 辻 毅一郎 教授 伊藤 利道 教授 平尾 孝 教授 山中 龍彦 教授 中塚 正大 教授 斗内 政吉 助教授 杉野 隆

論文内容の要旨

本論文は、レーザーアブレーション法による電気伝導性窒化アルミニウム (AlN) 薄膜の作製と、Na添加によるバルク窒化物結晶 (窒化ガリウム (GaN)、窒化硼素 (BN)、窒化アルミニウム (AlN)) の作製についての研究結果を記しており、以下の7章より構成されている。

第1章は序論であり、Ⅲ-V族窒化物材料それぞれにおける現在の問題点を言及することによって、低抵抗AlNの必要性、さらにⅢ-V族窒化物作製に共通の問題であるバルク窒化物結晶の必要性を示し、本研究の目的を説明している。

第2章では、AlNの物理・化学的性質について言及した後、作製に用いるレーザーアブレーション法の原理・特徴について述べている。また、AlNをレーザーアブレーション法で作製する意義について示し、成膜装置と成膜条件についても言及している。

第3章では、成膜条件が作製されたAlN薄膜にどのような影響を及ぼすかを調べ、高品質なAlN薄膜の作製を試みている。その結果得られた最適な条件で作製したAlN薄膜は、結晶性、光学特性などの観点から、高い品質を有していることを示している。

第4章では、2ビームレーザーアブレーション法によってドーピングを行い、低抵抗AlN薄膜作製を試みている。炭素、酸素、マグネシウム、シリコン不純物をドーピングした結果、炭素と酸素を同時にドーピングすることにより低抵抗化できることを示している。

第5章では、非常に困難であると言われているバルクGaN結晶の作製を、Naを添加するという最近報告された新しい方法によって行っている。核発生場所制御と育成圧力制御により、結晶の大型化への可能性を示している。

第6章では、バルクGaN結晶作製方法として報告されたNa添加による方法を、BNおよびAlNの作製に適用している。その結果、微結晶状の結晶の作製に成功し、NaがBNおよびAlN作製にも有効である可能性を示している。

第7章では、研究全体の総括を行い結論としている。

論文審査の結果の要旨

近年、窒化硼素 (BN)、窒化アルミニウム (AlN)、窒化ガリウム (GaN) および、窒化インジウム (InN) からなるⅢ-V族窒化物半導体は、その優れた特性により、次世代電子デバイスを実現させるための半導体材料として非常に注目されている。特に、BN、AlN、GaN のバンドギャップはそれぞれ、6.4eV、6.2eV、3.4eV と大きな値を持ち、ワイドバンドギャップ材料としての様々な応用が考えられている。しかし実際には、導電性 AlN が得られていないことや、バルク窒化物結晶が得にくいといった問題をかかえている。

本論文は、窒化物半導体におけるこれらの問題の解決を目的とし、導電性 AlN 薄膜の作製とバルク窒化物結晶の作製を行った研究成果をまとめている。新しい知見を以下に要約する。

- (1)レーザーアブレーション法により、様々な条件で AlN 薄膜を作製し、作製条件がどのような影響を及ぼすかを明らかにしている。また、最適な条件で AlN 薄膜を作製することにより、AlN (0002) 回折ピークの X 線回折ロッキングカーブ半値幅が 0.078° (281秒) と高い結晶性を持った AlN 薄膜の作製に成功している。
- (2)導電性 AlN 薄膜の作製は今まで困難とされていたが、炭素と酸素を同時にドーピングすることによって、 $10^{13}\Omega\text{cm}$ から $10^5\Omega\text{cm}$ まで AlN 薄膜を低抵抗化することに成功している。さらに、その電気伝導性を考察し、ホッピング伝導の存在や結晶性変化、結合様式による影響を示唆している。
- (3)Na 添加によるバルク GaN 単結晶育成において、成長基板として AlN 薄膜および GaN 薄膜を導入することにより核発生場所の制御を、窒素圧力を制御することにより過飽和度の制御を行っている。その結果、3 mm 程度の立体的な GaN 単結晶の作製に成功している。
- (4)Na を用いた方法で、 800°C 、25気圧において微結晶 (粒径約 $1\mu\text{m}$) の h-BN 作製に成功している。
- (5)Na を用いた方法で、 800°C 、100気圧において微結晶 (粒径約 $100\mu\text{m}$) の AlN 作製に成功している。

以上のように、本論文の研究では窒化物結晶作製における多くの重要な知見を得ている。今まで、AlN に電気が流れないことが電子素子応用を大きく妨げていたが、炭素と酸素を同時にドーピングするという方法により、AlN を低抵抗化することに成功している。また、バルク結晶作製が困難であるということが窒化物半導体に共通の問題であるが、Na を用いたバルク窒化物結晶作製を行い、核発生制御と過飽和度制御を行うことにより、大型 GaN 結晶が作製できる可能性を示している。さらには、他の窒化物においても Na 添加法が有効であることを明らかにしている。これらの結果は窒化物半導体の今後の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。