

## 審査結果の要旨

論文題目「Study on Effect of Substrate Biasing on Crystalline Growth and Insulator-Metal Transition Properties of Vanadium Dioxide Films on Sapphire Substrates」

(基板バイアス印加法によるサファイア基板上への二酸化バナジウム薄膜の結晶成長と絶縁体-金属転移特性に関する研究)

学位申請者 NURUL HANIS BINTI AZHAN

本論文は、反応性スパッタ法による単結晶サファイア基板上への二酸化バナジウム (Vanadium dioxide: VO<sub>2</sub>) 薄膜の作製において、高周波基板バイアス印加の結晶成長および絶縁体-金属転移 (Insulator-Metal Transition: IMT) に与える効果について調べたものである。VO<sub>2</sub> 結晶は 68°C において IMT を生じ、それにともない抵抗率および赤外光の透過率が急峻に変化する特性を有することから、薄膜コーティングによる電気・光学素子への応用が期待されている。しかし、応用を促進するためには転移温度を室温付近まで低下させる必要性があり、転移温度制御の方法が盛んに研究されている。転移温度制御法として不純物ドーピング法と基板との格子整合を利用する二つの方法が主に提案されているが、転移特性の鈍化および臨界膜厚以上では転移温度制御が効かないという大きな欠点がある。したがって、幅広い VO<sub>2</sub> 膜厚に対して抵抗変化の転移幅を維持しながら転移温度制御ができる方法が求められていた。

本論文は 5 章で構成されており、以下に各章の概要とその成果を示す。

第 1 章では、本研究の対象とした VO<sub>2</sub> の結晶構造及び構造相転移にともなう IMT について説明するとともに、IMT が生じる転移温度制御に関する研究の現状と問題点を述べ、本研究の目的を明らかにしている。本研究で適用する基板バイアス印加法について期待される効果と達成目標を明示しており、申請者が研究課題について十分に理解していることが確認できた。

第 2 章では、マグネトロンスパッタ成膜によるサファイア(001)面上への VO<sub>2</sub> 薄膜堆積における高周波基板バイアス印加法について記述した後、比較的高い酸素分圧下で 0 ~ 40 W の範囲で基板バイアス電力を変化させた結果について述べている。基板バイアス印加によって VO<sub>2</sub> 結晶成長が促進されること、およびバイアス電力増加にともない転移温度が低下し、40 W では室温に近い約 36°C の転移温度が達成された成果を示している。これらの成果は VO<sub>2</sub> 薄膜の IMT に基づく工学的応用に対し大きな意義を有するものと考えられる。

第 3 章では、VO<sub>2</sub> 薄膜の転移温度が基板バイアス電力に応じて系統的に変化する要因について、X 線回折およびラマン分光測定の結果に基づいて検討している。基板バイアス電力の増加による入射イオンエネルギー増加が VO<sub>2</sub> 薄膜の圧縮性ストレスを誘起し、面内格子長の短縮によって転移温度の低温化が生じることを明らかにしている。更に、30 W を超えるバイアス電力では高エネルギーイオン入射に起因する酸素欠陥生成が低温からの構造相転移を助長することを示している。これらの知見は、VO<sub>2</sub> 薄膜の転移特性制御にとって重要な成果と認められる。

第 4 章では、特定の基板バイアス印加時に約 3 桁の抵抗変化を有する IMT が達成され、このとき従来報告例のない数  $\mu\text{m}$  以上の大きな VO<sub>2</sub> 結晶粒が成長する現象を見出した成果について述べている。酸素分圧が高い成膜において低融点の酸素過剰相が成長初期に存在し、バイアス印加によるイオン入射のアシストによって再結晶化が実現されると考察している。このよ

うな結晶成長は、基板バイアス印加による VO<sub>2</sub> 薄膜堆積によって初めて実現された成果である。

第5章は結論であり、ここでは2～4章で得られた知見を整理して、本研究の成果および工学的意義を総括するとともに、研究を更に発展させるための課題を示している。

以上、5章からなる本論文は、汎用性に優れる反応性スパッタ成膜法による VO<sub>2</sub> 薄膜堆積において基板バイアス印加法を適用することで、高エネルギーイオン入射による結晶成長の促進と転移温度制御が可能であることを示したものである。本論文で示された研究成果は、幅広い VO<sub>2</sub> 膜厚に対して抵抗変化の転移幅を維持しながら転移温度を制御できる新規な方法を提示したものであり、VO<sub>2</sub> 薄膜の工学的応用に大きく貢献するものである。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 NURUL HANIS BINTI AZHAN は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

#### 論文審査委員

主査	工学博士	松村 義人	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	小林 清輝	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	遊部 雅生	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	沖村 邦雄	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	岩森 暁	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)