

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 多層薄膜構造集積型 a-S i 太陽電池のレーザパターンニングに関する研究   |
| Author(s)    | 木山, 精一  |
| Citation     | 大阪大学, 1991, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/37562">https://hdl.handle.net/11094/37562</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) | き                                   | やま      | せい  | いち                |
|         | 木                                   | 山       | 精   | 一                 |
| 学位の種類   | 工                                   | 学       | 博   | 士                 |
| 学位記番号   | 第                                   | 9 4 5 9 |     | 号                 |
| 学位授与の日付 | 平成                                  | 3 年     | 1 月 | 14 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  | 多層薄膜構造集積型 a-Si 太陽電池のレーザパターニングに関する研究 |         |     |                   |
| 論文審査委員  | (主査)<br>教授                          | 森       | 勇蔵  |                   |
|         | (副査)<br>教授                          | 井川      | 直哉  | 教授 川邊 秀昭 教授 梅野 正隆 |
|         | 教授                                  | 片岡      | 俊彦  |                   |

## 論文内容の要旨

本論文は、多層薄膜構造のレーザ加工を理論に立脚した技術として発展させること、およびその実用化として多層薄膜構造集積型アモルファスシリコン(a-Si)太陽電池の高効率化、低コスト化に不可欠な新しい高能率パターン形成技術としてレーザパターニング技術を開発することを目的として行った研究をまとめたもので、次の7章から成っている。

第1章は序論であり、サブミクロン膜厚の多層薄膜のレーザ選択加工技術の意義及び重要性を論じた後、多層薄膜のレーザ加工を利用したa-Si太陽電池のレーザパターニング技術の開発の必要性を説き、本研究の目的について述べている。

第2章では、電力用a-Si太陽電池に関して、太陽電池出力特性を電氣的等価回路から算出する方法について述べるとともに、抵抗による電力損失を減じることが可能な集積型構造が出力向上に有利であることを明らかにしている。また、最適パターン設計結果より集積型a-Si太陽電池の形成法として微細パターン形成が可能なレーザパターニング法を提唱し、高効率化と低コスト化に有利であることを示している。

第3章では、多層薄膜構造へのレーザ照射時の理論的考察として、多層薄膜の光干渉効果、熱伝導係数、比熱の温度依存性、相変化に伴う潜熱及び光反射率の変化を考慮した三次元座標系における熱伝導方程式を有限差分法を用いて解き、固液界面の形状及び時間的・空間的な温度分布解析を実現している。計算結果と実験結果はよく一致しており、本解析が多層薄膜構造のレーザ加工現象を把握するための有力な手段であることを示している。また、a-Si多層薄膜材料のレーザ加工を具体例として、レーザパワー密度、

波長、照射時間等とレーザ加工特性の相関を理論的・実験的に考察している。さらに、a-Si多層薄膜レーザ加工の時間分解観察とa-Si膜中の水素濃度測定により、a-Si膜の加工機構が膜中水素の噴出作用であることを明らかにしている。

第4章では、従来困難とされていた熱的レーザ加工法による薄膜ごとの選択的な除去加工を理論的・実験的解析より検討し、Qスイッチ付きYAGレーザを用いてa-Si太陽電池の各層を順時選択的にパターンニングする形成法を見出している。この結果をもとに、YAGレーザによる集積型a-Si太陽電池の新しいパターン形成法として、マスクレスでレーザビームの走査によりパターン形成を行うレーザパターンニング技術の開発を実現している。

第5章では、YAGレーザなどの熱加工を用いたパターンニングに対してより低損傷な選択エッチングを実現することを目的に、ArFエキシマレーザと反応ガスを用いた光励起エッチングによるAl金属電極のパターンニングを検討している。その結果、Alの自然酸化膜をBCl<sub>3</sub>ガス中で比較的高エネルギーのArFエキシマレーザ(波長193nm)を照射することにより除去できることを見出し、低エネルギービームとの組み合わせでマスクレスのAlの選択パターンニングが可能なLPPE(Laser Pre-etched Photochemical Etching)法を新たに開発している。さらに、集積型a-Si太陽電池のパターンニングへの応用が可能であることを明らかにしている。

第6章では、レーザパターンニング技術を電力用集積型a-Si太陽電池へ実用化するために、最適パターン設計による10cm角集積型a-Si太陽電池モジュールを作製し、従来のマスク法と比較して出力特性が20%向上することを示している。また、レーザパターンニング法により電力システム用の大面積太陽電池モジュールや太陽電池瓦の形成を初めて可能にしている。さらに、10%の向上が可能な電力用a-Si太陽電池としてTHC(Through Hole Contact)集積型a-Si太陽電池を新たに提唱し、レーザパターンニング技術を発展的に用いることによりTHC構造の形成が可能であることを明らかにしている。

第7章では、各章において得られた結論を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

電子デバイスの高機能化に伴い、構成材料の薄膜化、多層化が進み、それらの多層薄膜構造に対する新しい加工法の開発が必要となってきている。本論文は、複雑な多層薄膜構造の各層を選択的に除去する新しいレーザ加工技術の開発を行うとともに、多層薄膜構造集積型a-Si太陽電池のレーザパターンニング法として実用化することを目的として行われた研究をまとめたものである。その成果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 電力用a-Si太陽電池に関して、電気的等価回路に基づく出力特性の理論的な解析方法を導出し、電力損失の要因を明らかにしている。これより、抵抗による電力損失減少の点で集積型構造が有利であること、及び有効面積増大の点で微細加工の可能なレーザパターンニング法が太陽電池の高効率化と低コスト化に最適であることを明らかにしている。

- (2) 多層薄膜構造にレーザを照射した場合の溶融・蒸発現象の理論的考察として、光多重干渉、物性値の温度依存性、相変化等を考慮した現実に近いモデルの三次元温度分布解析を有限差分法を用いて可能にしている。さらに、a-Si/TCO(Transparent Conductive Oxide)/ガラスからなる多層薄膜構造のレーザ加工実験と比較検討を行い、本温度分布解析がレーザ加工現象を把握するための有用な手段であることを確認している。
- (3) 従来では困難とされていた熱的レーザ加工法による薄膜ごとの選択的な除去加工の検討を行い、集積型 a-Si 太陽電池の新しいパターン形成方法として、Qスイッチ付き YAG レーザビームの走査によりマスクレスでパターン形成を行うレーザパターンニング技術を開発している。
- (4) 化学反応を主とする低温の光励起エッチングが多層薄膜の選択加工に適していることを加工機構の解明により明らかにし、ArFエキシマレーザと反応ガスを用いた光励起エッチングにより a-Si 膜上の Al 金属電極のパターンニングが可能であることを明らかにしている。
- (5) レーザパターンニング法を電力用 10 cm 角集積型 a-Si 太陽電池へ実用化することにより、従来の手法と比較して 20% 高い出力を得ることが可能であることを明らかにしている。また、レーザパターンニング法により新たに電力システム用の大面積太陽電池モジュールと太陽電池瓦の形成が可能であることを明らかにしている。さらに、出力向上が可能な新しい太陽電池構造を持つ THC (Through-Hole Contact) 集積型 a-Si 太陽電池を提唱し、レーザパターンニング技術を発展的に用いることが可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は多層薄膜構造のレーザ加工を理論に立脚した技術として確立することを目的とした基礎的研究と、多層薄膜構造集積型 a-Si 太陽電池の新しい形成法として、レーザパターンニング技術を開発することを目的とした応用研究の両面から構成されており、これまで困難とされていたレーザによる薄膜ごとの選択加工を実現するとともに、電力用 a-Si 太陽電池の実用化に大きく貢献している。さらに、レーザ加工を利用した多層薄膜の加工技術に対する多くの知見を与えており、精密加工学、特に、特殊加工学に寄与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。