

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560881

研究課題名(和文)フレキシブルレーザ照射システムによる電子セラミックス薄膜の誘電率向上に関する研究

研究課題名(英文)Flexible beam profile laser system and its application for improvement of dielectric constant of electric ceramics thin layer

研究代表者

阿部 信行 (ABE, NOBUYUKI)

大阪大学・接合科学研究所・特任教授

研究者番号：90127176

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：電子セラミックス薄膜の誘電率特性を実装基板に熱影響を及ぼさずに向上させるための基礎的研究を目的とし、シンプルな光ファイバー結合型高輝度半導体レーザモジュールを複数個結合させることにより、600W級のフレキシブルビームシステムを設計・試作した。これを用いて形成した幅300 μm 、長さ2600 μm のフラットトップビームを、AD(エアロゾルデポジション)法で200 μm 厚の銅基板上に成膜した5 μm 厚のチタン酸バリウム薄膜に照射し、300mm/sの高速走査でレーザアニーリングを行うことで、基板に熱影響を与えることなく30分間の電気炉加熱に匹敵する誘電率に向上させることに成功した。

研究成果の概要(英文)：Purpose of this research is to develop a new annealing technology to increase dielectric constant of electro-ceramics without heat affection on base material. A flexible beam system using fiber coupled diode lasers was developed and the beam parameters are found for improvement on dielectric constant of electro-ceramics thin layer. A 600W class flexible beam system was developed by combining 25W pig tail type diode laser units having a flat-top beam of 0.3mm x 2.6mm. Dielectric constant of 5micron-thick BaTiO₃ layer formed by AD (Aerosol Deposition) method was increased to the same level of 30minites electric furnace treatment by high speed scanning of 300mm/s, with less heat damage of base material of 0.2mm-thick Cu plate.

研究分野：溶接工学

キーワード：高速度表面熱処理 半導体レーザ アニーリング 薄膜

1. 研究開始当初の背景

(1) チタン酸バリウム(BaTiO_3)は強誘電体の代表的物質であり、コンデンサー材料、圧電材料、電気光学結晶などとして広く産業界で利用されている。MEMS 技術によるマイクロアクチュエータや光・高周波デバイスなどにおいては、数 μm 程度の厚みが要求されており、このような皮膜の形成技術が必要となっている。 BaTiO_3 膜の形成技術として、スパッタリング法や CVD 法などが挙げられるが、これらの手法では $1 \mu\text{m}$ 以上の皮膜の形成は困難である。 $1 \mu\text{m}$ 以上の皮膜の形成方法としてエアロゾルビームによる皮膜形成法 (AD 法) がある。この手法ではサブミクロンサイズのセラミックス微粒子とガスを攪拌、混合させエアロゾル化し、基板に高速で衝突させることにより、緻密なナノ結晶組織のセラミックス薄膜を形成することができる。エアロゾルビーム照射による皮膜形成法は、成膜時に熱を加えない室温プロセスであるため、原料粉末の特性を維持したまま皮膜を形成することが可能である。

(2) エアロゾルビーム照射によって形成した BaTiO_3 膜は誘電率が低いため、アニーリングを行う必要がある。電気炉を用いたアニーリングでは、皮膜と同時に基板材料が加熱されてしまうため、熱に弱い材料に対して適用することが困難である。このため、 BaTiO_3 膜のみを加熱することが可能となる微細アニーリング技術が必要となる。これまでの研究により、 $230 \times 1800 \mu\text{m}$ のビーム径を有するダイレクトダイオードレーザを用いることで、微細アニーリングが可能であることが示されている¹⁾。しかしながら、このレーザはパワー密度の精密な制御が難しく、誘電率を大きく向上することができなかった。

2. 研究の目的

(1) 電子セラミックス薄膜の誘電率特性を実装基板に熱影響を及ぼさずに向上させるための基礎的研究

(2) ビーム形状を自由に換えられるフレキシブルビームシステムの設計・試作を行い、それを利用した電子セラミックス薄膜の機能向上のためのビーム照射条件を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) シンプルな光ファイバー結合型高輝度半導体レーザモジュールを複数個結合させることにより、ビームプロファイルを自由に変更できるフレキシブルビームシステムを

設計・試作する。

(2) フラットトップビームを形成し、AD (エアロゾルデポジション) 法で銅基板上に成膜したチタン酸バリウム薄膜に照射し、レーザアニーリングを行うことで、基板に熱影響を与えることなく誘電率を向上させる。

4. 研究成果

(1) 25W のシンプルな光ファイバー結合型高輝度半導体レーザモジュールを複数個結合させることにより、ビームプロファイルを自由に変更できる 600W 級のフレキシブルビームシステムを設計・試作した。図 1 に試作したフラットトップラインビーム半導体レーザ装置を示す。

半導体レーザ装置

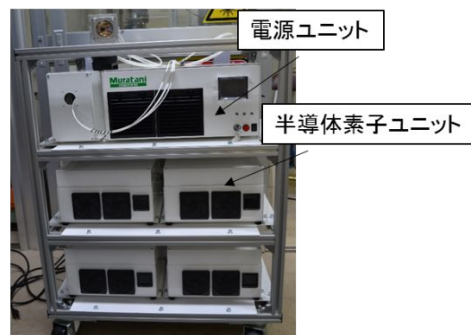


図 1 試作したフラットトップラインビーム半導体レーザ装置

出力特性を図 2 に示す。電流 - 出力特性はきわめて良好な比例直線となり、電流 12A で設計の 600W を達成した。

電流-出力特性

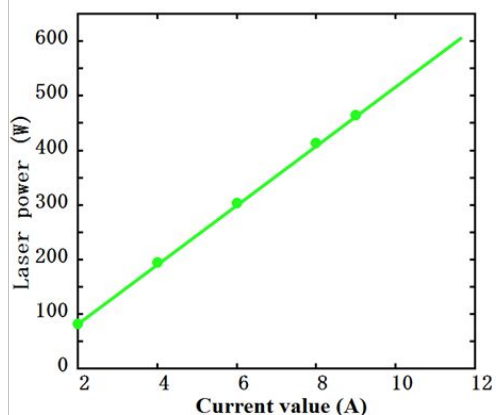


図 2 電流出力特性

(2) レーザアニーリングに適したビームプロファイルを検討するために、フラットトップのラインビームの加熱特性のシミュレーションを行った。図3に示すようにフラットトップラインビームは基板に対する影響の少ない加熱特性を示すことが明らかとなった。

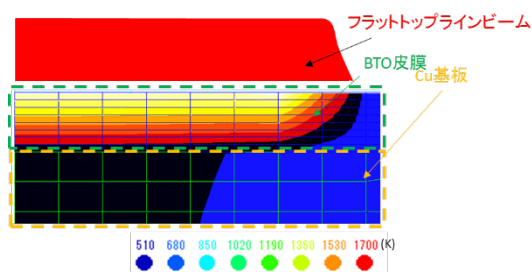


図3 フラットトップビームの加熱シミュレーション

(3) この結果から 25 本のレーザビームを横一列に整列させ、幅 300 μm 、長さ 2600 μm のフラットトップビームを形成することとした。図4にビームプロファイルを示す。

焦点位置におけるビームプロファイル

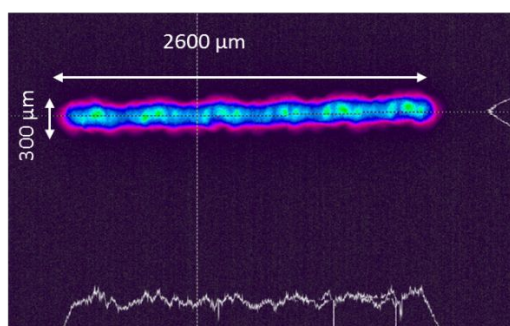


図4 焦点位置におけるビームプロファイル

(4) このレーザビームを AD (エアロゾルデポジション) 法で 200 μm 厚の銅基板上に成膜した 5 μm 厚のチタン酸バリウム薄膜に照射した結果を図5に示す。300mm/s の高速走査でレーザアニーリングを行っても、基板に熱影響を与えることなく 30 分間の電気炉加熱に匹敵する誘電率に向上させることに成功した。

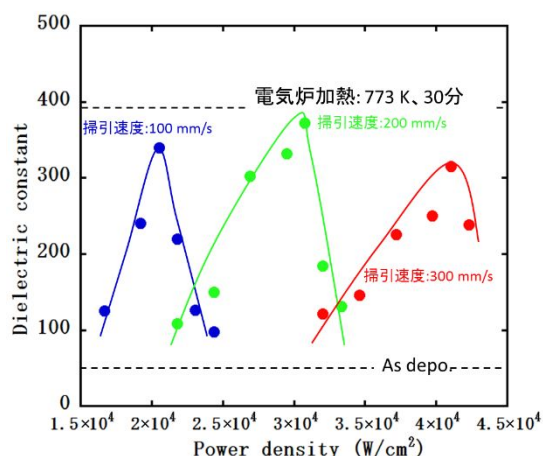


図5 BTO 薄膜へのレーザアニーリング効果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

谷川大地、阿部信行、塚本雅裕、林良彦、山崎裕之、辰巳佳宏、米山三樹男、レーザクラディングにおけるビームプロファイルが皮膜特性に及ぼす影響、レーザ加工学会誌、査読有、21 巻 2 号、2014、41-53.

〔学会発表〕(計3件)

谷川大地、阿部信行、塚本雅裕、舟田義則、森正和：半導体レーザーによる微細アニーリング、レーザー学会学術講演会第34回年次大会、2014年1月20日、北九州国際会議場

谷川大地、阿部信行、塚本雅裕、林良彦、山崎裕之、辰巳佳宏、米山三樹男、ビームパラメータが皮膜特性に及ぼす影響、溶接学会平成26年度春季全国大会、2014年4月24日、東京ビッグサイト

谷川大地、阿部信行、塚本雅裕、林良彦、山崎裕之、辰巳佳宏、米山三樹男、粉末粒径が成膜条件に及ぼす影響、溶接学会平成26年度秋季全国大会、2014年9月10日、黒部市宇奈月国際会館

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部 信行 (ABE, Nobuyuki)

大阪大学・接合科学研究所・准教授

研究者番号：9 0 1 2 7 1 7 6

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：