

Title	高尖頭値パルスエネルギービームによる微小穴あけ加工に関する研究
Author(s)	平本, 誠剛
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38304
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 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 ^{ひら}平 ^{もと}本 ^{せい}誠 ^{ごう}剛

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 4 9 7 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 4 年 12 月 28 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当

学 位 論 文 名 高 尖 頭 値 パルス エネルギー ビーム による 微小 穴 あけ 加工 に関する 研究

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 丸 尾 大

教 授 西 口 公 之 教 授 仲 田 周 次 教 授 松 縄 朗

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は高エネルギービームの高尖頭値・短パルス化による材料の熱影響層の低減効果に着眼し、高尖頭値短パルスエネルギービーム装置の開発を行い、それによる加工現象の解析から最適加工条件を確立するとともに、セラミックスや樹脂複合材料の微小穴あけ加工への適用性について検討し、電子部品材料の微小穴加工への具体例をあげて、その工業的有用性を実証した一連の研究結果をまとめたもので、8章から構成されている。

第1章では高エネルギービームによる穴あけ加工の研究状況と本研究の目的について述べている。

第2章ではパルスビームの高尖頭値化を図るうえでの課題を取り上げ、加工現象、被加工物の蓄熱効果等から穴あけ加工を想定したときの加工パラメータのしきい値に対する予備的検討を行っている。

第3章では新たに開発した高尖頭値短パルス CO₂ レーザ発振器の概要を述べ、高尖頭値化のために放電制限部を設けたセラミックス電極による高エネルギー密度放電現象、レーザ発振特性について述べ、TEM₀₀モードビームが得られることを示している。

第4章ではシャープエッジ法による高尖頭値パルス CO₂ レーザおよび電子ビームの集束位置でのビームプロファイル計測方法と計測結果を示している。

第5章では、高尖頭値短パルス CO₂ レーザによる穴あけ加工現象の特徴、レーザビームと材料との相互作用およびビームの繰り返し照射による被加工材の蓄熱効果が加工穴形状に及ぼす影響などについて明らかにするとともに、熱伝導シミュレーションにより、高尖頭値・短パルス化が熱影響層の低減に及ぼす影響を明らかにしている。

第6章ではパルス電子ビーム穴あけ加工現象の解析を行い、加工穴内に充満する蒸発ガスによる電子ビームの散乱現象が加工穴形状に及ぼす影響について検討している。さらに、加工パラメータの割れ、飛散物の付着、残留溶融層等に及ぼす影響について検討している。

第7章では高尖頭値パルスエネルギービームによる穴あけ加工法を半導体製造用セラミック部品の微小穴あけ加工、および高密度多層配線板のビアホール加工のための穴あけ加工のプロセス、被加工部の品質評価、コスト評価等を行い、レーザ加工、電子ビーム加工のそれぞれの特徴を述べ、選択の指針を与えたうえで、いずれも穴あけ加工に十

分適合できることを検証している。

第8章では本研究で明らかにした諸事項の要点をまとめて結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高エネルギービームの高尖頭値・短パルス照射によって材料の熱影響層が低減することに着目し、新たに開発した高尖頭値短パルスエネルギービーム装置により加工現象を解明して、セラミックスや樹脂複合材料等の電子部品材料の高精度・高能率微小穴あけ加工を達成する目的で行った一連の研究をまとめたもので、主要な成果はつぎのとおりである。

- (1) パルスビームの高尖頭値化を図る上で加工原理、被加工物の蓄熱効果等から穴あけ加工を想定したときの加工パラメーターの予備的検討を行い、例えばCO₂レーザーの場合、ピーク出力7kW、パルス幅100 μ s、繰り返し周波数300Hzの開発目標を設定している。これによって既存のCO₂レーザー装置にない動作領域の必要性を指摘している。
- (2) 放電制限部を設けたセラミックス電極を考案し、これによって高電力密度パルス放電を実現し、高尖頭値短パルスCO₂レーザー発振器を新たに開発している。これによってTEM₀₀モード、ピーク出力5kW以上、パルス幅30~100 μ sの高尖頭値・矩形波短パルスCO₂レーザー光が得られることを示している。
- (3) 高尖頭値短パルスCO₂レーザーによる穴あけ加工現象の解析を行い、レーザービームと材料の相互作用およびビームの繰り返し照射による被加工材の蓄熱効果が加工穴形状に及ぼす影響について明らかにしている。
- (4) CO₂レーザー、電子ビームいずれもビーム照射によって被加工材料物質の蒸気およびプラズマを作り、これが照射ビームの吸収および散乱をもたらす、加工穴形状が変化することを実験的に明らかにしている。
- (5) 熱伝導解析による加工穴形状のシミュレーションを行い、短パルス化は加工穴内壁の熱変質層低減に、高ピーク化は加工穴底部の熱変質層低減に効果があることを論証し、セラミックスの加工穴内壁に生じるマイクロクラックの抑制などによって実験的に検証している。
- (6) 高尖頭値パルスエネルギービームによる穴あけ加工法を半導体セラミック基板の微小穴あけ加工（0.22mm径）等に適用し、穴径、ピッチともに $\pm 10\mu$ mレベルの精度が得られ、従来の機械加工に比べ、品質、コストが大幅に改善されることを示し、工業的有用性を実証している。

以上のように、本論文は高尖頭値・短パルスエネルギービームによる微小穴あけ加工法の提案と加工現象の実験的解明を通じて、難加工材の穴あけ加工の進歩に貢献し、工業的有用性を確認したもので、生産加工工学および生産技術の発展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。