

研究種目：基盤研究（B）  
研究期間：2007～2010  
課題番号：19360065  
研究課題名（和文） ナノ秒／連続発振レーザーによる透過性硬脆材料の精密微細加工とその知能化  
研究課題名（英文） PRECISION MICROPROCESSING OF PERMEABLE HARD BRITTLE MATERIAL BY NANOSECOND- OR CW-LASER AND ITS INTELLECTUALIZATION  
研究代表者  
大村 悦二（OHMURA ETSUJI）  
大阪大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：90144435

研究代表者の専門分野：知的加工，加工数理，レーザー加工

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：レーザー加工，硬脆材料，レーザスクライブ，レーザ内部加工，吸収係数，亀裂

#### 1. 研究計画の概要

透過性のナノ秒パルスまたはCWのレーザービームを材料表面または内部に集光することによって誘電体や半導体などの硬脆材料の精密微細加工を試み、加工メカニズムの解明、加工品質に関わるパラメータの究明と制御について、学術的な立場から検討し、産業界の要望に応えることを目的としている。これを達成するため、以下の点について検討を行う。(1)吸収係数の温度依存性の測定、(2)透過性材料の表面および内部加工と加工品質評価、(3)熱伝導解析と熱弾塑性解析による温度履歴および熱衝撃現象の解析、(4)分子動力学による内部加工現象の解析、(5)破壊力学解析、(6)透過性材料を基板とする実電子デバイスの表面および内部加工と加工品質評価

#### 2. 研究の進捗状況

(1)吸収係数の温度依存性の測定・・・測定方法を確立するとともに、測定精度の検討を進めている。Si について測定結果を論文発表し、SiC について本年度測定予定である。(2)透過性材料の表面および内部加工と加工品質評価・・・CO<sub>2</sub> レーザ、Nd:YAG レーザを用いて表面加工と内部加工を行ってきた。これまで、主にガラス、Si、SiC、サファイアを対象としてきた。加工した試料は、クロスセクションポリシャによって断面試料を作成し、走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡、レーザー顕微鏡などを用いて、断面の観察、品質評価を行っている。また、三点曲げ試験を行って分断強度も測定している。(3)熱伝導解析と熱弾塑性解析による温度履歴および熱衝撃現象の解析・・・吸収係数の温度依存性を考慮した熱伝導解析によって集光点近傍の温度場を解析し、吸収熱量(内部発熱量)の解

析結果を汎用ソフト ANSYS に入力して熱衝撃現象を解析している。ガラス、シリコンについては、実際のレーザスクライビングやレーザダイシング結果との比較検討を行っており、論文発表している。(4)分子動力学による内部加工現象の解析・・・単結晶シリコンを対象としてプログラムを開発し、材料内部で生じる高圧縮場の形成とその移動に伴う高転位密度層の形成について検討している。(5)破壊力学解析・・・CW レーザによる初期亀裂からの亀裂進展現象、パルスレーザーによる熱衝撃に起因する亀裂進展を、破壊力学に基づいて解析しており、論文発表もしている。(6)透過性材料を基板とする実電子デバイスの表面および内部加工と加工品質評価・・・数社企業の協力を得て、CO<sub>2</sub> レーザ、YAG レーザなどを用いて、透過性材料を基板とする実電子デバイスの表面加工や内部加工を行っている。成果は論文で発表しつつある。

#### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由) 現在産業界で重視されているガラスやSiなどのレーザーによる分断加工において、学術論文や国際会議論文を通じて現象解明と品質評価面で貢献してきており、精密工学会高城賞、LEM21 The Best Paper Award、レーザー加工学会誌ベストオーサー賞を受賞するなど、社会的にも評価されている。

#### 4. 今後の研究の推進方策

計画している研究項目はそのまま継続して推進する。これまでどおり産業界との連携も進める。本年度、新たな試みとして、超短パルスレーザーによる内部加工現象、特にレーザーの自己集束、フィラメンテーションによる加工現象の理論的解析も行う予定である。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計14件)

- (1) Keisuke Yahata, Koji Yamamoto and Etsuji Ohmura, Crack Propagation Analysis in Laser Scribing of Glass、査読有、Journal of Laser Micro/Nanoengineering, Vol.5, (2010) 掲載予定
- (2) Koji Yamamoto, Noboru Hasaka, Hideki Morita and Etsuji Ohmura, Thermal Stress Analysis on Laser Cross Scribe of Glass、査読有、Journal of Laser Applications, Vol.22, No.1 (2010), pp.29-36
- (3) 大村悦二、小川健輔、熊谷正芳、中野 誠、福満憲志、森田英毅、ステルスダイシングにおける応力拡大係数を用いた亀裂進展解析、査読有、日本機械学会論文集, A 編, Vol.76, No.764 (2010), pp.446-448
- (4) Koji Yamamoto, Noboru Hasaka, Hideki Morita and Etsuji Ohmura, Influence of thermal expansion coefficient in laser scribing of glass、査読有、Precision Engineering, Vol.34, (2010), pp.70-75
- (5) Koji Yamamoto, Noboru Hasaka, Hideki Morita and Etsuji Ohmura, Influence of glass substrate thickness in laser scribing of glass、査読有、Precision Engineering, Vol.34, (2010), pp.55-61
- (6) Koji Yamamoto, Noboru Hasaka, Hideki Morita and Etsuji Ohmura, Crack Propagation in Glass by Laser Irradiation along Laser Scribed Line、査読有、Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transaction of the ASME, Vol.131, (2009), 051002
- (7) Koji Yamamoto, Noboru Hasaka, Hideki Morita and Etsuji Ohmura, Partial Growth of Crack in Laser Scribing of Glass、査読有、Journal of Laser Applications, Vol.21, No.2 (2009), pp.67-75
- (8) Koji Yamamoto, Noboru Hasaka, Hideki Morita and Etsuji Ohmura, Thermal Stress Analysis on Laser Scribing of Glass、査読有、Journal of Laser Applications, Vol.20, No.4 (2008) pp.193-200
- (9) Koji Yamamoto, Noboru Hasaka, Hideki Morita and Etsuji Ohmura, Three-Dimensional Thermal Stress Analysis on Laser Scribing of Glass、査読有、Precision Engineering, Vol.32, No.4 (2008) pp.301-308
- (10) 山本幸司、羽阪 登、森田英毅、大村悦二、ガラスのレーザスクライブにおける線膨張係数の影響、査読有、レーザ加工学会誌, Vol.15, No.4 (2008) pp.269-275 【レーザ加工学会誌ベストオーサー賞受賞論文】
- (11) 山本幸司、羽阪 登、森田英毅、大村悦二、ガラスのレーザクロススクライブにお

ける熱応力解析、査読有、精密工学会誌, Vol.74, No.9 (2008) pp.937-943 【精密工学会高城賞受賞論文】

(12) Etsuji Ohmura, Masayoshi Kumagai, Makoto Nakano, Koji Kuno, Kenshi Fukumitsu and Hideki Morita, Analysis of Processing Mechanism in Stealth Dicing of Ultra Thin Silicon Wafer、査読有、Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.2, No.4 (2008) pp.540-549

(13) M. Kumagai, N. Uchiyama, E. Ohmura, R. Sugiura, K. Atsumi and K. Fukumitsu, Advanced dicing technology for semiconductor wafer—Stealth Dicing—、査読有、IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol.20, No.3 (2007) pp.259-265

(14) Etsuji Ohmura, Masayoshi Kumagai, Makoto Nakano, Koji Kuno, Kenshi Fukumitsu and Hideki Morita, Analysis of Processing Mechanism in Stealth Dicing of Ultra Thin Silicon Wafer、査読有、Proc. the International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century, 2007, Fukuoka Japan, (2007), pp.861-866 【LEM21 The Best Paper Award 受賞論文】

〔学会発表〕(計2件)

(1) 大村悦二、レーザプロセスによる知的ナノ加工【依頼講演】、日本太陽エネルギー学会関西支部 2009 年度シンポジウム、(2009-12-3)、生駒。

(2) E. Ohmura, Masayoshi Kumagai and Hideki Morita: Innovative Laser Technology for Semiconductor Manufacturing—Stealth Dicing—【招待講演】、The 3rd Pacific International Conference on Application of Lasers and Optics 2008 (PICALO2008)、(2008-4-17)、北京、中国

〔産業財産権〕

○出願状況 (計1件)

名称：レーザ加工方法及びレーザ加工装置

発明者：渥美貴文・池田優二・大村悦二

権利者：アイシン精機㈱

種類：特許

番号：(未公開)

出願年月日：2009-9-15

国内外の別：国内

○取得状況 (計1件)

名称：レーザ加工方法及びレーザ加工装置

発明者：福世文嗣・大村悦二・福満憲志・熊

谷正芳・渥美一弘・内山直己

権利者：浜松ホトニクス㈱

種類：特許

番号：2007-245173

取得年月日：2007-9

国内外の別：国内