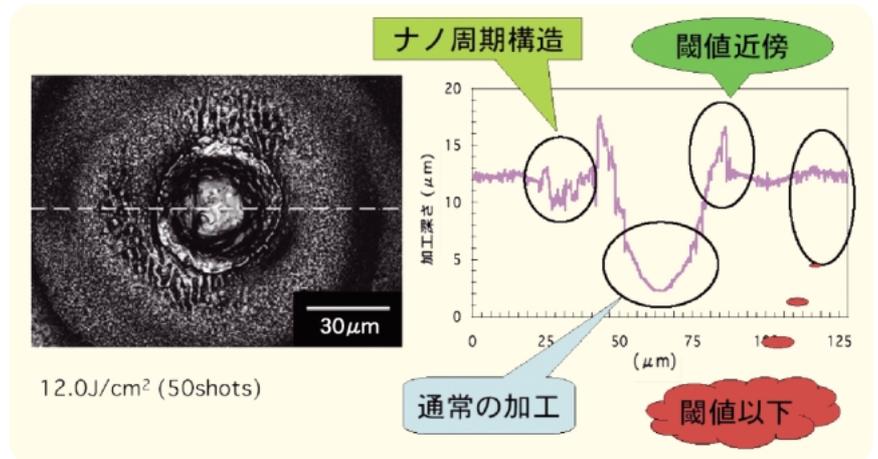


2005, Jun.

No. 207

## CONTENTS

- フェムト秒加工の新領域  
～アブレーションだけが加工じゃない～
- LASER EXPO2005報告
- 活路は「光」に、ILT「レーザー損傷試験」に注目集まる
- 『光と蔭』大学のビッグバーン
- ILT2005 平成16年度研究成果報告会  
～7/19大阪、7/12東京で開催～



【表紙図】フェムト秒加工における4つの領域：加工サンプルは単結晶Si

## フェムト秒加工の新領域

～アブレーションだけが加工じゃない～

レーザー加工計測研究チーム チームリーダー **藤田雅之**

### ◆フェムト秒加工の新領域

フェムト秒レーザー加工の特徴として、加工部周辺の熱影響層が極めて小さいということが注目されてきた。ナノ秒レーザー加工にはない新しい微細加工現象として産業応用への期待が高まっている要因のひとつである。

当研究所では、これまでに金属、セラミックス、半導体のフェムト秒加工データを蓄積してきたが、詳細な解析の結果、加工閾値以下のフルーエンスで照射された加工クレーター周辺においても、興味深い相互作用現象が起きていることが分かってきた。

### ◆特徴的な4つの加工領域

表紙図に半導体(Si)にフェムト秒レーザーパルス(波長800nm、パルス幅100fs)を照射したときの典型的な加工痕を示

す。集光点での強度分布はガウス分布となるように調整した。最も照射強度の高い中央部分は一般にフェムト秒加工と呼ばれている領域である。ここでは、「コントローラブルアブレーション」が成立する(「レーザークロス」No.201、2004年12月)。その周囲には盛り上がり部が見られる。初期の試料表面よりも加工形状が盛り上がりを見せる領域であり、単結晶Siにおいて顕著に観測される。さらにその周囲は加工閾値近傍の照射強度に対応する領域であり、ナノ周期構造の形成が確認される。最外部は加工閾値以下の照射強度に対応し、光学顕微鏡下で表面光沢の変化が観測される。表面光沢の変化は反射率の変化に対応し、それは表面の屈折率変化を意味する。

### ◆コントローラブルアブレーション領域

最も照射強度が高い部分は「非熱的な加工」が実現できる領

次ページへつづく▶

域であり、コントローラブルアブレーションが成立する。穴開けや切断等を利用した微細加工はこの領域で行われるが、フォトンコストが高いため付加価値が高い製品加工でなければ実用化は難しい。ドイツでは、血管の拡張に用いるステントの製造で実用化されている。

◆盛り上がり領域

コントローラブルアブレーションの領域の周囲には、材料の盛り上がりが出現する。特に結晶性の高い材料で顕著に見られることから組織または組成の変化が起きていると考えられる。ここは、アブレーションレートが急激に低下する照射フルーエンスに対応してできる領域でもある。詳細に関しては、材料の組織変化の確認を進めていく必要がある。

金属等の場合には、加工が進む(ショット数を増やす)と盛り上がりが顕著でなくなるということも観測されている。元の材料とは若干アブレーションレートが変化している可能性が高い。

◆ナノ周期構造形成領域

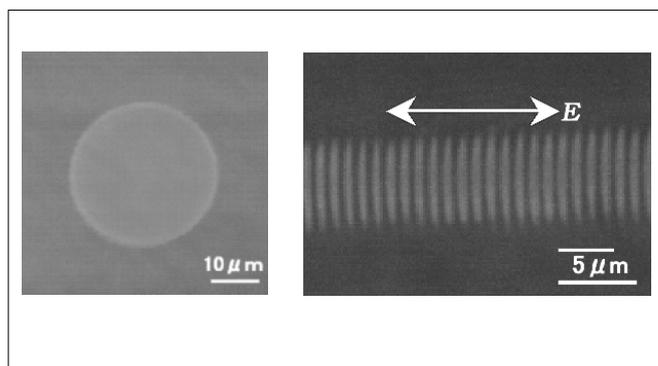
盛り上がり部の周囲には、ナノ周期構造が形成されやすい(「レーザークロス」No.181、2003年4月)。このナノ周期構造は試料表面に機能をもたせる手法として注目を集めている。

その第一として、ナノ周期構造を施した表面の摩擦係数が低下するということが明らかになっている[1]。第二として、ナノ周期構造を施した表面へのDLQ(ダイヤモンド・ライク・コーティング)等の膜密着性が向上することが示された[2]。膜剥離時の亀裂の進展がナノ周期構造により抑制されることが報告されている。

このようなナノ周期構造は照射フルーエンスを調整するだけで大面積に加工を施すことができる。

◆フェムト秒加工の“つぼ”

ナノ周期構造による表面機能形成には実用上のメリットとして、フォトンコストの実効的な低下が挙げられる。一般的に、



【図1(左)】Siの表面改質(レーザー顕微鏡写真)

【図2(右)】物性変化を伴うナノ周期構造の形成(単結晶Si)

金属の穴開けや切断などにフェムト秒レーザーを用いると、 $1\text{J}/\text{cm}^2$ 以上のフルーエンスが必要となる。一方、ナノ周期構造は加工閾値近傍で形成されるため $0.1\text{J}/\text{cm}^2$ 程度のフルーエンスで十分加工が可能となる。その必要とされるフルーエンスの比は10:1である。この差は大きい。同じエネルギー(フォトンコスト)で10倍の面積を処理できるのである。

おそらく、この領域でのフェムト秒加工が先行して実用化されると期待できる。

◆表面物性変化領域

最も照射フルーエンスが低い領域では、試料の大きな形状変化を伴わずに物性の変化が起きている可能性が高い。図1に半導体Siの単結晶試料を低フルーエンスで照射したときのレーザー顕微鏡写真を示す。照射フルーエンスは $0.22\text{J}/\text{cm}^2$ で8ショット後の試料表面である。円状の部分は周囲に比べて光の反射率が高く、酸化あるいはアモルファス化しているものと考えられる。物性変化に伴い、アブレーション閾値も変化しており、同一条件で照射を続けるとアブレーションが発生する。

図2に、ピークフルーエンス $0.20\text{J}/\text{cm}^2$ を照射し試料を $800\mu\text{m}/\text{s}$ で掃引したときの半導体Si単結晶表面のレーザー顕微鏡写真を示す。ナノ周期構造と同様のパターンで物性変化が起きている。白く見える部分がアモルファス化していると考えられ、初期表面よりも約2nm盛り上がっていることがAFM(原子間力顕微鏡)により確認できた。溝方向はレーザー光の電界に垂直に形成されている。

◆フェムト秒加工の新大陸へ

フェムト秒レーザー照射による試料の変化を照射フルーエンスごとに4つの領域に分けて紹介した。非熱的フェムト秒加工として注目を集めている領域だけではなく低強度照射部分においても試料に何らかの変化が見られる。特に、ナノ周期構造形成は表面に機能を付与することが明らかとなっており、フォトンコストも低く抑えられるために実用化に最も近い応用が進展するものと期待される。また、アモルファス化が起きていると考えられる領域では、さらに詳細な解析を進めることにより新たな応用が見つかるかもしれない。この領域での試料の過渡的な反応を調べることにより、超高速光スイッチングへの展開が期待できる。

本報告内容の一部は、京都大学化学研究所・橋田先生、大阪大学接合科学研究所・節原先生との共同研究の成果であり、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 特開2004-360011号広報
- [2] 沢田博司他、「表面周期構造によるDLC膜の密着強度向上」、トライボロジー会議予稿集、鳥取、2004-11、99(2004)。

# LASER EXPO2005報告

## 活路は“光”に、ILT“レーザー損傷試験”に注目集まる

### ◆LASER EXPO2005に参加者4,700人

去る4/20~22日、パシフィコ横浜にてLASER EXPO2005がオプトロニクス社の主催で開催された。LASER EXPO2005は、今年から会期が3日間となり来場者数は延べ4,700人と昨年よりも36%増と大盛況であった。レーザー関連業者/団体の展示会と並行して特別セミナーも実施された。出展社数は83社(昨年比10%増)、セミナー数54コマであった。新年度・新学期を迎えたときのタイムリーな展示会・セミナーとあって毎年参加者数が増加している。

### ◆特別セミナーも活況を呈する

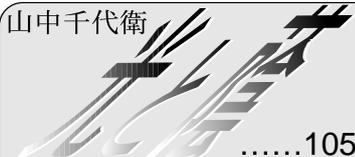
特別セミナーではレーザーの基礎から最先端レーザー応用まで幅広い分野にわたってプログラムが組まれていた。18の

テーマに対して各3件の講演が行われ、総講演数54に対して受講者数は延べ664名であった。受講者数に基づく講演テーマのベスト5は、“LEDとその応用”、“レーザーの基礎・安全”、“高出力・高品質加工用レーザー”、“フェムト秒加工”、“ハイパワーレーザー”と最新のトレンドと合わせて基本的な知識・光源に関する受講が多かった。

### ◆光技術開発への期待

当研究所は、(社)レーザー学会と大阪大学レーザーエネルギー学研究中心と並んで展示会場にブースを開設し、現在の研究活動やこれまでの研究成果についての紹介を行った。多くの企業、研究機関の方に興味を持っていただくことができた。

山中千代衛



## 大学のビッグバーン

世の中滔々としていわゆるグローバル化の流れが進んでいる。かつての古きよき時代の制度構造は、適、不適の判別もなく見るも無惨に粉碎されつつある。

このように書き出すといかにも今日はやりの構造改革に立ちはだかる守旧派抵抗組のように思われるかも知れないが、今日の大学の様変わりを外部から見て、かつて大学の内部で活動してきた人間の一人として大丈夫かなと真実心配になるのである。

一昔前までは大学は学問、文化の研究と教育の自由の砦として十分な自主裁量権が認められ、文部省もこの大学の姿勢をよきものとして尊重してきた。大学の教官は自らの良識に従って自由に行動することが許される数少ない職業であり、これは国立大学における教育公務員特例法によって世間に認められた独特の資格であった。

まさに学問に対し個人の能力を十二分に発揮させ、独創に基づく自由な貢献を期待したものである。その根底にあるものは学問、文化、科学に憧れるロマンに基づくものと言えるのである。

戦後アメリカ流の功利主義的教育制度が流入し、大学はこのような理想の座から大衆教育の場に衣替えした。当然の結果として大学の乱立と学生の争奪がはげしくなり効率が重視され、もろに世間の風が吹き込むただの教習場に大学は変容した。研究はベンチャー志向が中心となっている。

国の戦略を論じるとき、世界では一般に政・官・軍・産・学という分野のバランスが求められるが、わが国では特に学界の存在感が低く、もちろん軍はなく、長期的な国の展望を論議するのに不可欠な全方位的な考察がとり入れられないままである。

21世紀の日本を担保するため何が必要かと言えば人材である。そのために文化の薫り高い大学の復活こそ何をいっても大切な課題だ。大学のビッグバーンで飛び散らぬよう教育を再構築しなければならない。

森嶋通夫もロンドンで「50年先の国の有様は今日の幼児の教育できまる」と言い残して死んだ。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

今回特に注目を集めたのは、今年度から本格的に活動を開始する「レーザー技術開発室」での「レーザー損傷試験」であった。これまで国外に頼っていた光学素子のダメージ評価を国内で、しかも核融合ドライバー開発で培われた技術を基にして行うとあって、問い合わせが相次いだ。

長年、出展してきて感じることは、景気の変わり目に研究所における萌芽的研究テーマに注目が集まることである。これは、展示している「レーザークロス」があつという間に無くなるという経験から感じることである。景気が下向き気味のとき、景気が上向きかけたとき、産業界は次の活路を「光」に求めているのではなからうかと思う次第である。

(レーザー加工計測研究チーム 藤田雅之)



【写真】LASER EXPO2005会場内レーザー技術総合研究所ブース



## INFORMATION

# ILT2005 平成16年度研究成果報告会 ～7/19大阪、7/12東京で開催～

### 【大阪会場】

とき 7月19日(火)10:30～16:40  
ところ 大阪科学技術センター8階 中ホール  
大阪市西区鞆本町1-8-4 TEL06-6443-5324

#### プログラム

10:00～ 所長挨拶 山中千代衛  
10:10～ 特別講演  
「テラヘルツテクノロジーが拓く新産業基盤」  
大阪大学レーザーエネルギー学研究中心  
教授 斗内政吉氏  
11:20～ 「当研究所の研究概要とトピックス」  
常務理事 中塚正大  
11:50～ - 昼食休憩 -  
13:00～ フェルト抄加工の新領域を目指す  
～アブレーションを超えた手法～  
主任研究員 藤田雅之  
13:30～ 高性能半導体チップ製作のキーテクノロジー  
～EUV光源開発～  
研究員 山浦道照  
14:00～ シミュレーションが拓く  
レーザーアブレーションの魅力  
副主任研究員 古河裕之  
14:30～ ポスター発表  
15:10～ 産業界へレーザー技術を橋渡し  
～レーザー技術開発室～  
副主任研究員 本越伸二  
15:40～ 太陽励起レーザーの将来展望  
～高効率再生可能エネルギーの実現を目指して～  
主席研究員 今崎一夫  
16:10～16:40 研究員との意見交換・技術相談

### 【東京会場】

とき 7月12日(火)13:30～17:00  
ところ 虎ノ門パストラル 新館6階 アジュール  
東京都港区虎ノ門4-1-1 TEL03-3432-7261

#### プログラム

13:30～ 所長挨拶 山中千代衛  
13:40～ 「当研究所の研究概要とトピックス」  
常務理事 中塚正大  
14:10～ 極小X線源開発と低侵襲生体応用の展望  
～新放射線治療を目指して～  
主席研究員 今崎一夫  
14:40～ 産業応用に結びつく  
最新レーザー超音波センシングとその展望  
副主任研究員 島田義則  
15:10～ 休憩  
15:30～ フェルト抄加工の新領域を目指す  
～アブレーションを超えた手法～  
主任研究員 藤田雅之  
16:00～ 高精度シミュレーションが解明した  
EUV光源のすべて  
研究員 砂原 淳  
16:30～ 光合成メカニズムとその応用研究  
研究員 谷口 誠治

定員 大阪会場：約80名 東京会場：約70名  
(定員になり次第締め切らせていただきます)

参加費 無料  
参加申し込み会社名、所属役職、氏名、住所、電話番号、FAX、E-mail、参加希望会場をご記入の上、下記までお申し込みください。(FAX、E-mail可)

お問い合わせ、お申し込み先▶

(財)レーザー技術総合研究所 総務部  
TEL06-6443-6311 FAX06-6443-6313 E-mail jimukyoku@ilt.or.jp