

つくばでの研究生生活 ——レーザー精密プロセスチーム紹介——

産業技術総合研究所 光反応制御研究センター
レーザー精密プロセスチーム

奈良崎 愛子

My Research Activity in Tsukuba —Introduction of Laser-Induced Materials Processing Team—

Aiko Narazaki

*Laser-Induced Materials Processing Team, Photoreaction Control Research Center,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)*

Abstract

つくばでの著者の研究生生活を、著者が現在所属する産業技術総合研究所レーザー精密プロセスチームの紹介を中心にお話させていただく。当チームが独自に開発した手法でありガラスとの関わりも深い「レーザー誘起背面湿式エッチング法による石英ガラスの微細加工」について、その原理と特徴を簡単に紹介する。

1. 京都からつくばへ

つくばの春は寒く、そして美しい。2000年3月学位取得後間もなく、京都からつくばに研究拠点を移した著者の感想だった。関西の中では寒さが厳しい京都から来たとはいえ、関東圏でもその北部に位置するつくばの春先はまだ寒かった。しかし間もなくすると、幅広の整備された道路脇に立ち並ぶ桜が開き、その道を車で駆け抜けるのはなかなか爽快なことを知った。

そんなつくばでの最初の春を迎えてはや3年、現在、独立行政法人 産業技術総合研究所（以下、産総研と省略）のつくばセンターに勤

務している。研究所に入所した当時は、工業技術院 物質工学工業技術研究所であったが、2001年4月の組織改革を経て現在に至っている。京都で過ごした学生時代にはガラス・セラミックスの研究室に学び、「物質と電場の相互作用」に興味を持って、ポーリングしたガラスの二次非線形光学効果を研究テーマとしていた。しかし、学位取得を一つの区切りに、今までと異なる分野に身をおくことに魅力を感じ、「物質と電磁場（特に、レーザー光）の相互作用」に興味を移し、運良くも、レーザープロセスを研究テーマとするチームに職を得た。チームの正式名称は、光反応制御研究センターレーザー精密プロセスチームである。

本誌では、「つくばでの研究生生活」と題して、つくばではまだ新参者と自負する著者にとって少し気恥ずかしいが、多数の研究機関の下に

新しい人材も数多く集う、そんな新参者の多いこの街にはふさわしいかと鼓舞しつつ、レーザー精密プロセスチームとその研究テーマの話を中心に、著者のつくばでの研究生活を紹介させて頂こう。

2. レーザー精密プロセスチーム

「21世紀の先進産業で要請される新物質・新材料の創製と新材料加工プロセスの開発を目標として、レーザーの特徴を活用した物理的・化学的手法による物質・材料プロセスを研究しています。」この一文で我々チームのホームページ (http://unit.aist.go.jp/pcrc/laserpro/index_j.htm) 紹介は始まる。具体的には、紫外・真空紫外光源としてエキシマレーザーやフッ素レーザーを活用しながら、

- レーザー誘起背面湿式エッチング法による石英ガラスの微細加工
- 透明光学材料の真空紫外レーザー照射損傷評価
- レーザーアブレーションによる β -鉄シリサイド半導体の低温合成
- 低温反応場でのレーザー光化学反応による活性反応中間体生成と窒化炭素膜作製

といった、これからの市場が期待される材料へのレーザープロセスの適用を睨んだ研究テーマに積極的に取り組んでいる。

人員面では、若きチームリーダーを中心に常勤研究員4名と非常勤研究員2名の計6名で構成され、非常勤研究員のうち一名は中国人である。このように、産総研内の多くの研究チームには海外からの短期・長期研究員が在籍し研究活動を更に活性化しており、日本国内では国際色豊かと言えるつくばの研究環境を、私自身は研究交流の場として素晴らしいと考えている。とはいえ、つくばにきた当初は、チーム研究員5名のうち3名が海外からの研究者という中、英語でのコミュニケーションには辞書片手に苦労したが、“当たって砕ける”が心情に

なり、英会話恐怖症は無くなったように思う。

これもつくばでの「研究生活の成果」だろうか？

次は「研究の成果」として、レーザー精密プロセスチームが独自に開発した手法であり且つガラスとも関わりの深いということで、「レーザー誘起背面湿式エッチング法による石英ガラスの微細加工」について簡単に紹介しよう。

3. LIBWE 法による石英ガラスの微細加工

レーザー誘起背面湿式エッチング法 (Laser-Induced Backside Wet Etching, LIBWE) は、当チームでの実験途上での偶然の発見から見出された独創的な手法である¹⁾。LIBWE 法の実験配置を図1に示す。レーザー波長に大きな吸収を有する液体層を石英ガラスに接触させた状態で、接触面の背面方向からナノ秒エキシマレーザー光を照射し、液体層とガラスの界面でレーザーアブレーションを起こしてエッチングを行う手法である。この手法の特徴としては、

- (i) 大気中での一段階加工で、前後処理が簡便
- (ii) マスクパターンを用いることで、任意のパターン形状の大面积一括加工が可能
- (iii) 加工部位の周囲にクラックなどのダメージが発生しない
- (iv) 加工表面の平坦度が高く、深さ方向はナノメートルレベルの精度で加工可能

といった点が挙げられる。(ii)については、エキシマレーザーのビーム径が約2 cm×1 cmと大きく、さらにビームホモジナイザーを通すことにより、均一なレーザーフルエンスを有する高品位な大面积ビームを簡単に得ることができる結果、マスク露光技術によって、図2に示すような石英ガラス上の約1 mm×1 mmの大面积一括加工が可能となっている。また、(iii)ならびに(iv)の優れた加工特性がLIBWE法により達成される主な要因の一つは、加工に必要とされるレーザー強度にある。本手法を用いて石英ガ

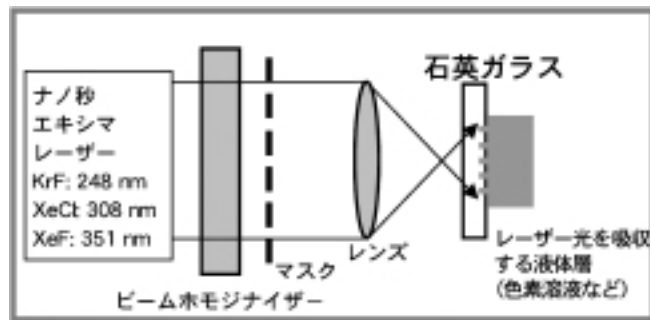


図1 LIBWE法の実験配置図

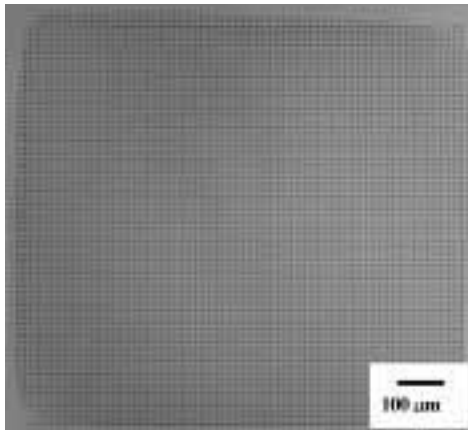


図2 LIBWE法による石英ガラスの大面积一括加工

ラス表面を加工するためのレーザーフルエンス閾値は、 $0.19 \text{ J cm}^{-2} \text{ pulse}^{-1}$ であった。一方、ナノ秒レーザーによる石英ガラスの直接加工の場合には、LIBWE法と比べて、約50倍以上のレーザー強度が必要とされる。即ち、LIBWE法では極めて低いレーザー強度で効率的に加工を行なうことが可能なため、オリジナルの石英ガラス表面の平坦性を保持した状態でダメージの無い微細加工面を得ることが出来るのである。また、そのような穏やかな条件の下での加工であるため、1パルス当りのエッチング深さをナノメートルレベルに抑え、パルス数を重ねることで加工部位深さを容易に制御することが可能である。

微細加工の水平方向分解能についても、縮小

光学系の改良ならびに液体層組成の最適化を行うことで、 $10 \mu\text{m}$ (図2) から $5 \mu\text{m}$ (図3左)、そして最近では $1 \mu\text{m}$ サイズ (図3右) のグリッド及びライン・パターンを $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ の広範囲に一括加工することに成功している。

4. レーザープロセッシングによる β -鉄シリサイドの低温合成

ガラスの話からは脱線することになるが、著者が最近取り組んでいる研究テーマとして、「レーザープロセッシングによる β -鉄シリサイド ($\beta\text{-FeSi}_2$) 半導体の低温合成」についても、少しお話をさせて頂こう。

β -鉄シリサイド半導体 (バンドギャップ $0.8 \sim 0.9 \text{ eV}$) は、1997年に $1.5 \mu\text{m}$ 光通信帯でのエレクトロルミネッセンスが報告されて以来、近赤外発光・受光材料として注目を集めている。また、FeとSiという無毒性で地殻資源の豊富な元素から構成される環境低負荷型半導体であることも、種々の気相合成法によるその薄膜作製の研究開発に拍車をかけていると言える。しかし、その合成法は未だ確立されておらず、特に、高い成膜温度 ($\sim 400^\circ\text{C}$ 以上) と高温・長時間のアニール処理 ($\sim 800^\circ\text{C}$ 程度で10時間以上) を一般に必要とするといった、多段階の高温プロセスを必要とすることが実用化の上で問題となっている。そこで著者は、鉄シリサイドの近赤外から紫外波長域における極

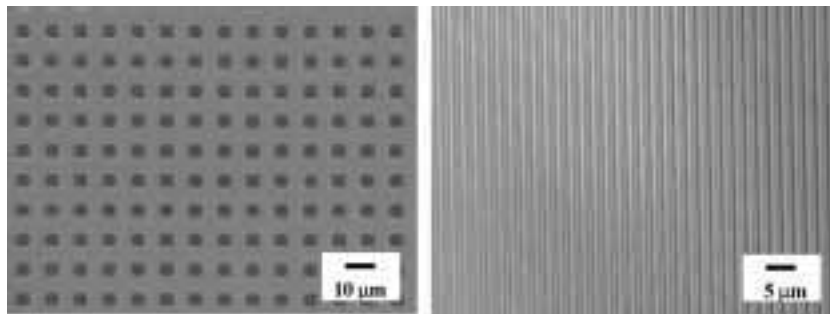


図3 石英ガラス上の微細加工

めて大きな光吸収係数を利用して、レーザープロセスを駆使することにより β -鉄シリサイドを低温合成することを目指し、現在奮闘中である。尚、本研究テーマについては、文部科学省の科学技術振興調整費若手任期付研究員支援プログラムから助成を頂いていることを、著者の謝意として付記させて頂く。

また、当チームで手がけている他のテーマについても、前述のホームページ上で紹介されているので、ご覧いただければ幸いです。

5. おわりに

つくばに移った当初、官民を問わず研究機関の多さには驚いた。当研究所の敷地内でさえ外観のよく似た研究棟がいくつも立ち並び、少し車を走らせると、他の国立や民間の研究所を近くに訪ねることができる。つくばは確かに数多

くの研究者が集う「学園都市」であり、この学園都市を築かれてきた先輩研究者のご助力のもと、「つくばでの研究生生活」はなかなか快適に著者は感じている。

今、午前3時、自宅で原稿を書き終えようとしている。この一文を読んで、著者を学生時代から知る方は、京都での著者の研究生生活を思い起こし笑みをもらされているかもしれない。そして、そんな著者の研究生生活を良くご存知の京都大学藤田晃司先生に、この執筆の機会を与えて下さったことを感謝するとともに、つくばで研究活動を共にしているレーザー精密プロセスチームの各位に、この場を借りて感謝の意を表する。

参考文献

- 1) X. Ding et al., Appl. Phys. A, 75 (2002) 641.