

高知工業高等専門学校紹介と 池上研究室の専攻科生たち



高知工業高等専門学校 電気工学科

教授 いけのうえ ひろし 池上 浩

TEL : 088-864-5695

e-mail : ikenoue@ee.kochi-ct.ac.jp

高知高専 URL : <http://www.kochi-ct.ac.jp/>

池上研究室 URL : <http://www.ee.kochi-ct.ac.jp/?ikenoue/>

私は株式会社東芝に8年間勤務した後、2005年4月に高知工業高等専門学校（高知高専）に赴任して来ました。高知高専は、電気工学科、機械工学科、物質工学科、建設システム工学科の4学科から成る本科と、機械・電気工学専攻、物質工学専攻、建設システム工学専攻の3専攻から成る専攻科で構成されています。本科では、中学校卒業後に入学する1年生から大学2年に相当する5年生までが学んでおり、専攻科では大学の3、4年に当たる2年間をかけて専門的な知識と技術を身につけます。高専では、本科5年生という非常に若い年齢から研究室に配属され卒業研究に取り組み、また専攻科に進学した学生はさらに2年間の計3年間を掛けて研究を行う事が可能です。

私の所属する高知高専の電気工学科では、助教から教授まで12名の教員が所属し、教員各々が独立した研究室を持っています。研究分野は電気、電子、情報の多岐に渡り、また固体物性や宇宙工学等の基礎研究も行われています。本科の研究室配属では、1人の教員当たり3～4名の学生が配属されますが、多種多様な選択肢の中から学生自身が興味ある分野を選択する事が可能です。

本科卒業後、約半数の学生が就職し、残りの半数が大学の三年次へ編入、若しくは高専専攻科へと進学します。専攻科卒業後、大学院への進学を目指す学生は、自身の研究活動を通して大学院の教員や学生と交流を持ち、希望の進学先を十分に考えてから大学院を受験する事も可能です。昨年度、電気工学科出身で専攻科を修了した学生は、大阪大学大学院、名古屋大学大学院、徳島大学大学院、奈良先端科学技術大学院大学へと全員第一希望の大学院に進学する事が出来ました。

高専は、これまで即戦力となる力を身につける事を目標に教育を行い、ほぼ100%の就職率を誇ってきましたが、以上の様に専攻科ができた事で、将来、技術専門職や研究職

を目指す学生にとっても魅力ある学校になりつつあると感じています。

私は、株式会社東芝在職中に、レーザーを用いた半導体デバイスの製造技術開発を行っていました。現在半導体デバイス分野において、レーザーを用いた製造技術はそれほど用いられていませんが、最近では半導体デバイスのチップ分割工程や薄膜トランジスタ（TFT）に形成されている薄膜Siの熱処理工程に利用されています。さらに、ナノ粒子やカーボンナノチューブ等の新機能材料の生成に関する基礎研究も盛んに行われており、今後は重要な製造技術になると予想されます。現在、私は製造装置メーカーと共同研究を行いながら、学生たちと共にレーザーを用いた製造技術開発に関する研究を行っています。

本年度、私の研究室には4名の本科生と3名の専攻科生が所属しています。ここでは、専攻科生3名が取り組んでいる研究内容について紹介したいと思います。

高速低損傷加工を実現する 水中レーザー加工用水流ヘッドの開発

担当学生 機械・電気工学専攻2年 やまざき こうじ 山崎 浩司

流水中に加工対象物を設置しパルスレーザー光を照射して加工を行うと、加工屑付着の低減が可能です。しかしながら、加工速度を向上する為にレーザー繰り返し周波数を大きくすると、加工領域で発生した気泡が流水で除去される前に次のレーザー光が照射され、気泡と水の界面で生じる光学散乱により加工領域周辺で照射損傷が生じます。私達は、加工領域に極めて薄い流水層を形成する事で、気泡による光学散乱を抑制し、加工屑の付着が無く、高速で低損傷なレーザー加工を実現しました。用いたレーザーはQ-switch : Nd YAG 第三高調波であり、繰り返し周波

数30kHz、波長355nm、パルス幅12nsec、試料面上でのビーム径は $\phi 45\mu\text{m}$ でした。レーザーを照射しつつ試料を $100\mu\text{m}/\text{sec} \sim 5000\mu\text{m}/\text{sec}$ で走査し加工溝を形成しました。

加工領域に極めて薄い流水層を形成する水流ヘッドを図1に示します。図1 (a) の様に、純水を供給する水流ノズル上部に N_2 ノズルを設置し、 N_2 を吹きかける事で加工領域に極めて薄い流水層を形成します。レーザー照射により発生した気泡は、瞬時に気相中へ放出され、気泡と水の界面における光学散乱の低減が可能となります。

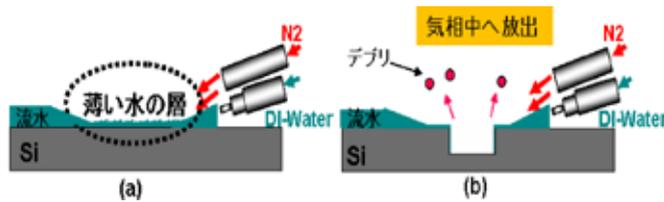


図1 水流ヘッドの構成図

図2は、(a) 大気中及び (b) 極めて薄い流水中で Si 基板にレーザーを照射し、溝加工を行った後の光学顕微鏡像を示しています。試料の走査速度は $5000\mu\text{m}/\text{sec}$ でした。図2 (b) より、極めて薄い流水層を形成する事で加工屑付着がなく、光学散乱による照射損傷の少ない加工が実現できている事が分かります。加工速度 $5000\mu\text{m}/\text{sec}$ での加工深さは $60\mu\text{m}$ であり高速加工が可能でした。加工速度 $100\mu\text{m}/\text{sec}$ においては、加工幅 $45\mu\text{m}$ を保ちつつ、厚さ $500\mu\text{m}$ の Si ウェーハの切断が可能であり、アスペクト比10以上の深溝加工が可能である事が分かりました。

現在私達は、レーザー照射領域に観察用の CW レーザーを加工レーザーと同軸で入射し、観察用レーザーの加工面からの散乱光強度を測定する事で加工状態をその場観察するシステムを構築しています。この装置を用いれば、レーザー加工中の気泡の生成、放出過程が観察できる可能性があり、より低損傷で加工する為の水流ヘッドの開発に役立つと考えています。私は、高専在学中にこのシステムを完成させ、水流ヘッドの改良に役立てたいと考えています。

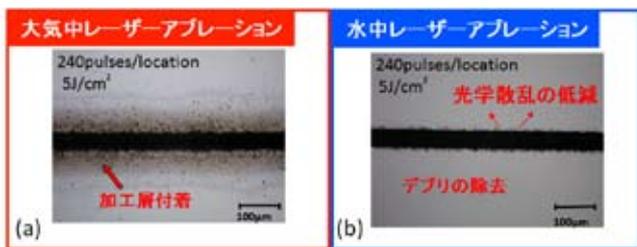


図2 レーザー照射後の光学顕微鏡像

大粒径低温 Poly-Si 薄膜の形成

担当学生 機械・電気工学専攻2年 出来 真斗

ディスプレイの画素スイッチングに用いられる薄膜トランジスタの更なる高性能化には、そのチャンネル材料である低温 Poly-Si 薄膜の表面平坦性を保持したままの大粒径化が重要です。私達は大粒径 Poly-Si の形成技術として水中雰囲気にて a-Si 基板を設置しレーザーアニールを行う「水中レーザーアニール法」を提案しています。水中でレーザー照射を行うと、水中へ熱拡散が生じ膜表面近傍での温度上昇を低減する事が可能となります。この効果によって膜の凝集を起こす事なく、より高エネルギー照射が可能となり Si 結晶成長が促進できると考えました。

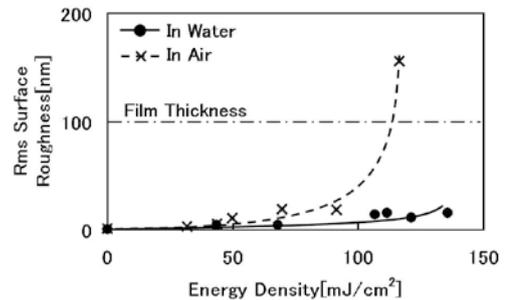


図3 アニール後の Poly-Si 膜の表面凹凸粗さ

図3にレーザーアニール後の Poly-Si 薄膜の表面凹凸粗さを示します。大気中アニールの場合、 $116\text{mJ}/\text{cm}^2$ の照射エネルギーで Si 膜厚を超える表面凹凸が生じているが、同エネルギーで水中レーザーアニールを行った場合、その表面凹凸は約 15nm と膜厚に比べ十分小さく、表面平坦性が保持されている事が分かります。

図4にアニール後の poly-Si 薄膜の結晶粒分布を示します。水中アニールを行った場合の Poly-Si の粒径は $1.05\mu\text{m} \pm 28\%$ であり、大気中の場合と比較して粒径分散を小さく保持しつつ粒径の増大化が可能である事を見出しました。

現在私は、この水中レーザーアニール装置の高速化に取り組んでいます。レーザーアニールを刷る為のレーザーの繰り返し周波数が10Hzと低い場合には、アニール領域で発生した気泡が流水で除去されてから次のレーザーが照射さ

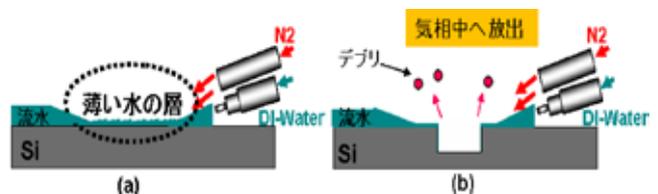


図4 アニール後の Poly-Si 薄膜の結晶粒分布

れる為、気泡による光学散乱は生じず、レーザー照射損傷のないアニールが実現できます。しかしながら、処理速度を向上させる為に繰り返し周波数を向上すると、気泡による光学散乱の影響で照射損傷が生じます。私は、先に説明した極めて薄い流水層を形成する水流ヘッドを改良し、水中レーザーアニールの高速化を実現しようと考えています。

電流検出型原子間力顕微鏡による低温 polySi 薄膜の局所電気特性評価と水素終端効果測定

担当学生 機械・電気工学専攻 1年 谷 真衣

薄膜トランジスタの高性能化には高品質な多結晶 Si 薄膜の形成が重要です。しかしながら、多結晶 Si 薄膜の結晶粒界に多数存在する電氣的欠陥によって、キャリアの走行が妨げられ移動度が低下することが知られています。私達は電流検出型電子間力顕微鏡 (C-AFM) を用いて、レーザーアニールを行い形成した多結晶 Si 薄膜の電流像を測定することで局所電気特性の評価を行いました。

低温 Poly-Si 薄膜の形成は、厚さ100nmの α -Si 薄膜にパルス幅約 4 nsec の Q-Switch Nd:YAG 第3高調波レーザーを照射する事により形成しました。結晶化した後、希フッ酸溶液にて自然酸化膜を除去した後の表面を C-AFM にて測定し局所電気特性の評価を行いました。また、到達真空度 1×10^{-5} Pa の真空雰囲気中に設置した Poly-Si 薄膜上に 1500K まで加熱したタングステンフィラメントを設置し、雰囲気中に 1×10^{-1} Pa の水素を供給して試料に熱解離した原子状水素を暴露することで水素化処理を行い、局所電気特性の変化を測定しました。

図5 (a) 及び (b) にそれぞれ水素化処理前の、試料バイアス (a) $-2V$ 及び (b) $-1V$ の時の低温 poly-Si 薄膜の局所電流像を示します。試料バイアスが $-2V$ の場合ほぼ全面に電流が流れており、試料バイアス $-1V$ では表面が凸の領域のみ電流が流れる事が分かりました。試料バイアス $-1V$ で電流が流れない領域の局所的な電流-電圧特性を測定した結果、半導体的な電気特性を示し、 $-1V$ で電流が流れる領域の電流-電圧特性は金属的な電気特性を示しました。低温 poly-Si 薄膜の表面が凸の領域は結晶粒界である事が知られており、金属的な電気特性は結晶粒界に電氣欠陥が多数存在している事を示していると考えられます。また、これらの電流が流れる領域は水素化処理を行うと消失する事から C-AFM を用いて局所電氣欠陥の測定が可能であることを見出しました。

謝辞

本研究室の研究は、東京エレクトロン株式会社からの装置の寄付及び共同研究、株式会社レーザーソリューションズとの共同研究、株式会社島津製作所の技術協力、科学技

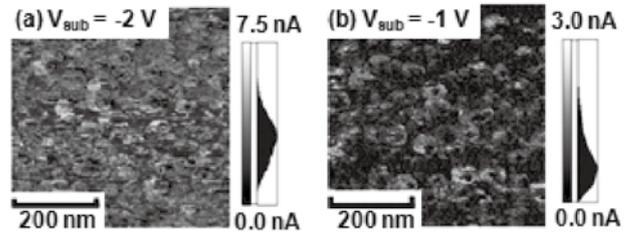


図5 低温 poly-Si 薄膜の C-AFM の電流象
(a) 試料バイアス $V_{sub} = -2V$
(b) 試料バイアス $V_{sub} = -1V$

術振興機構のシーズ育成試験及びシーズ発掘試験の助成など、様々な方々の協力を得て成されました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

専攻科生紹介

機械・電気工学専攻 2年
山崎 浩司 (Koji Yamasaki)
血液型: A
趣味: 映画鑑賞
好きな食べ物: とんかつ
好きな場所: 自分の部屋 池上研究室
好きなこと: バスケット
好きな言葉: 休講
高専で学んだこと: レーザープロセス
好きな選手: デコ (バルサ)
高専のここが好き: 就職率



機械・電気工学専攻 2年
出来 真斗 (Manato Deki)
血液型: A
趣味: 読書
好きな小説家: 村上春樹
好きな場所: アパート、井戸
好きな食べ物: カレー
好きなこと: 玉遊び
好きな登場人物: 五反田君



機械・電気工学専攻 1年
谷 真衣 (Mai Tani)
血液型: A
趣味: 読書・DVD 観賞
好きな食べ物: チョコ
好きな人: 草薙素子
好きな相棒: ハロ
好きな観光地: 京都
マイブーム: ライブ参戦、レトロゲーム

