

・その他

1. 周辺技術動向、パテントマップ、技術マップ

(1) 周辺技術動向

研究テーマ： 高出力・短パルス Yb:YAG レーザの開発					
研究成果の要点	高出力、高効率動作と高ビーム品質、超短パルス発生の優位性を持つ Yb:YAG レーザ材料の性能を最大限に引き出せる LD エッジ励起マイクロチップ方式を提案、レーザを試作し優位性を実証した。				
既存技術	加工を目的とする高出力固体レーザ材料としては 1)Nd:YAG が普及しており、励起方式としては 2)ロッド型の側面励起方式が一般に適用されている。また Yb:YAG を用いた LD 励起レーザとしてはドイツにおいて 3)薄型ディスクレーザが開発されている。フェムト秒域の超短パルスレーザ材料としては 4)Ti:サファイアが普及しており、短パルス発生法としては 5)カーレンズモード同期法や 6)SESAM (半導体可飽和吸収体) を共振器内に挿入する方法が知られている。				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>既存技術の問題点</th> <th>既存技術に対する本技術の優位性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>1) Nd:YAG では励起時の発熱量が大きくエネルギー効率が低く、また大がかりな冷却システムが必要で装置化大型化する。</p> <p>2) ロッド型側面励起方式ではロッド内部ほど温度が高いために熱レンズや熱複屈折が発生し、レーザ出力が不安定になったりビームの輝度が低下したりした。</p> <p>3) ドイツの Yb:YAG 薄型ディスクレーザでは LD からの励起光をディスクの厚み方向から入射させるために吸収効率が低く、励起光を何度も往復させるためにレーザヘッド内に大掛かりな光学系を備える必要があった。</p> <p>4) Ti:サファイアは通常 Nd:YAG レーザの第二高調波で励起するために、エネルギー効率が低く、励起光源も含め装置が大型化する。</p> <p>5) カーレンズモード同期法では温度などの外乱により出力が不安定であった。</p> <p>6) SESAM を用いた方法では吸収による半導体基板のダメージのために短パルスレーザ発振器の高出力化が困難であった。</p> </td> <td> <p>1) Yb:YAG は Nd:YAG に比べ励起時の発熱量が 1/3 と小さく高効率で、レーザ装置全体も小型化できる。</p> <p>2) エッジ励起マイクロチップ方式では温度が一樣であるために熱レンズや熱複屈折の発生がなく、レーザ出力が安定し、高いビーム輝度が得られる。</p> <p>3) エッジ励起により励起光を往復させることなく Yb:YAG 内に吸収させることができるために、励起のために光学系が簡便で小型化でき、信頼性や装置の価格の面でも有利である。</p> <p>4) Yb:YAG は LD で直接励起が可能で、フェムト秒域の超短パルス光を高効率に発生でき、装置も小型化できる。</p> <p>5) SESAM を併用することで安定したフェムト秒域の超短パルスを発生させることが出来る。</p> <p>6) 非線形光学結晶を用いた吸収のないカイツーカスケード法により、ピコ秒域で発振器の出力動作が可能になる。</p> </td> </tr> </tbody> </table>	既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性	<p>1) Nd:YAG では励起時の発熱量が大きくエネルギー効率が低く、また大がかりな冷却システムが必要で装置化大型化する。</p> <p>2) ロッド型側面励起方式ではロッド内部ほど温度が高いために熱レンズや熱複屈折が発生し、レーザ出力が不安定になったりビームの輝度が低下したりした。</p> <p>3) ドイツの Yb:YAG 薄型ディスクレーザでは LD からの励起光をディスクの厚み方向から入射させるために吸収効率が低く、励起光を何度も往復させるためにレーザヘッド内に大掛かりな光学系を備える必要があった。</p> <p>4) Ti:サファイアは通常 Nd:YAG レーザの第二高調波で励起するために、エネルギー効率が低く、励起光源も含め装置が大型化する。</p> <p>5) カーレンズモード同期法では温度などの外乱により出力が不安定であった。</p> <p>6) SESAM を用いた方法では吸収による半導体基板のダメージのために短パルスレーザ発振器の高出力化が困難であった。</p>	<p>1) Yb:YAG は Nd:YAG に比べ励起時の発熱量が 1/3 と小さく高効率で、レーザ装置全体も小型化できる。</p> <p>2) エッジ励起マイクロチップ方式では温度が一樣であるために熱レンズや熱複屈折の発生がなく、レーザ出力が安定し、高いビーム輝度が得られる。</p> <p>3) エッジ励起により励起光を往復させることなく Yb:YAG 内に吸収させることができるために、励起のために光学系が簡便で小型化でき、信頼性や装置の価格の面でも有利である。</p> <p>4) Yb:YAG は LD で直接励起が可能で、フェムト秒域の超短パルス光を高効率に発生でき、装置も小型化できる。</p> <p>5) SESAM を併用することで安定したフェムト秒域の超短パルスを発生させることが出来る。</p> <p>6) 非線形光学結晶を用いた吸収のないカイツーカスケード法により、ピコ秒域で発振器の出力動作が可能になる。</p>
既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性				
<p>1) Nd:YAG では励起時の発熱量が大きくエネルギー効率が低く、また大がかりな冷却システムが必要で装置化大型化する。</p> <p>2) ロッド型側面励起方式ではロッド内部ほど温度が高いために熱レンズや熱複屈折が発生し、レーザ出力が不安定になったりビームの輝度が低下したりした。</p> <p>3) ドイツの Yb:YAG 薄型ディスクレーザでは LD からの励起光をディスクの厚み方向から入射させるために吸収効率が低く、励起光を何度も往復させるためにレーザヘッド内に大掛かりな光学系を備える必要があった。</p> <p>4) Ti:サファイアは通常 Nd:YAG レーザの第二高調波で励起するために、エネルギー効率が低く、励起光源も含め装置が大型化する。</p> <p>5) カーレンズモード同期法では温度などの外乱により出力が不安定であった。</p> <p>6) SESAM を用いた方法では吸収による半導体基板のダメージのために短パルスレーザ発振器の高出力化が困難であった。</p>	<p>1) Yb:YAG は Nd:YAG に比べ励起時の発熱量が 1/3 と小さく高効率で、レーザ装置全体も小型化できる。</p> <p>2) エッジ励起マイクロチップ方式では温度が一樣であるために熱レンズや熱複屈折の発生がなく、レーザ出力が安定し、高いビーム輝度が得られる。</p> <p>3) エッジ励起により励起光を往復させることなく Yb:YAG 内に吸収させることができるために、励起のために光学系が簡便で小型化でき、信頼性や装置の価格の面でも有利である。</p> <p>4) Yb:YAG は LD で直接励起が可能で、フェムト秒域の超短パルス光を高効率に発生でき、装置も小型化できる。</p> <p>5) SESAM を併用することで安定したフェムト秒域の超短パルスを発生させることが出来る。</p> <p>6) 非線形光学結晶を用いた吸収のないカイツーカスケード法により、ピコ秒域で発振器の出力動作が可能になる。</p>				
競合技術の状況と比較	<p>試作した 300W 級の加工用 CW Yb:YAG レーザ装置で得られた性能は以下のようであった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既存 (市販) の Nd:YAG レーザ装置に比べ、レーザヘッドのサイズ (体積) は 1/5 以下に小型化。 ・ビーム輝度も約一桁向上し、M^2 値 < 20 が得られた。 ・励起集光モジュールは 19cm 四方の面積で厚みも 7cm と非常に小型化することが出来た。 <p>また Yb:YAG を用いた LD 励起超短パルス発振器を試作し SESAM を併用することで 500fs を切るパルスの発生を確認することが出来た。さらに非線形光学結晶 LBO を用いたカイツーカスケード法により平均出力 1W のピコ秒パルスの発生にも成功した。</p>				

研究テーマ： Yb:YAG レーザの波長変換法の開発	
研究成果の要点	大阪大学で開発した GdYCOB 結晶を使用し、赤外レーザー光の第 3 高調波発生 (355nm) を発生させ、数百 mW の紫外レーザーを製品化した。また、ペン型の小型紫外レーザーを試作し、製品化を進めている。
既存技術	高繰り返しパルス動作の擬似 CW 赤外レーザーには LiB ₃ O ₅ を用いた紫外レーザーの開発が盛んに行われており、平均出力 10W クラスのレーザーが製品化している。
既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性
<p>1) 既存の波長変換結晶は大型な高出力レーザーの開発には適しているが、潮解性を有するため防湿セルや高温ヒーターが必要となり、小型装置の開発が困難である。</p> <p>2) 波長変換結晶のウォークオフ効果によりビーム品質が低下するため、紫外光のビーム整形が必要となっている。</p> <p>3) 中国が結晶の特許を保有するため国内製造ができず、高品質結晶の安定供給に課題がある。</p>	<p>1) 355nm 付近の紫外光を発生できる結晶の中で、潮解性を持たない数少ない波長変換結晶である。</p> <p>2) 紫外光発生に関して非臨界位相整合という特殊な波長変換ができるため、出力ビームの品質が優れている。</p> <p>3) 融液からの引き上げ法により短期間で大型結晶を育成できる。</p>
競合技術の状況と比較	<p>LBO を用いたレーザー開発は世界中で研究されており、数多くのレーザーが製品化している。そのため、既存タイプの高出力レーザー開発においては、光損傷の問題を有する GdYCOB では競合技術に勝ることが困難である。</p> <p>一方、GdYCOB は潮解性を持たず、角度許容幅が極めて広いという特長があるために、紫外光発生の前段階の波長変換結晶である KTiOPO₄ (KTP) とオプティカルコンタクトさせたモノリシック波長変換素子の実現できる。さらに、ビーム整形光学系や、防湿セル、高温ヒーターが不要であるため、世界で初めてのペン型紫外レーザーを開発することができた。これらは、既存結晶の組み合わせではほぼ達成不可能な技術であるため、本研究だけの独自成果と言える。</p>

研究テーマ： 多機能フotonマシニングセンタの開発					
研究成果の要点	<p>3機種のフotonマシニングセンタを開発</p> <p>①金属光造形複合加工試作機 → 金型やバイオマテリアルの製作に利用</p> <p>②短パルスレーザ・アブレーション加工試験装置 → フラットパネルの透明電極など電子材料加工に利用</p> <p>③超短パルスレーザ援用光ナノ加工・改質実験装置 → 微細周期構造の生成により機械部品の摩擦低減や電極・触媒の高効率化に利用</p>				
既存技術	<p>①金属造形物の製作では光造形がある。また金型製作においては切削、放電加工を使用している。</p> <p>②フラットパネルの透明電極加工ではケミカルウェットエッチング方式を使用している。</p> <p>③表面に微細な凹凸を形成する方法としてはレーザや電子ビームによる除去加工が想定できる。</p>				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:50%;">既存技術の問題点</th> <th style="width:50%;">既存技術に対する本技術の優位性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>①光造形においては面精度が悪く、そのままでは金型などに利用できない。また切削・放電加工においても複雑形状の金型製作では分割設計が必要であり、長納期・高コストという問題がある。</p> <p>②リソグラフィによる加工では大量の薬品使用による環境負荷とシステムの大規模化やフォトマスクを用いるため高コストという問題がある。</p> <p>③レーザによる除去加工ではミクロンオーダーの加工となりナノオーダーの微細な凹凸形成は難しい。また電子ビームによる除去加工では製作時間が長いことが問題である。</p> </td> <td> <p>①光造形途中に高速切削による表面仕上げを行うことで面精度±10μmと精度の良い造形物の製作が可能。またワンマシン・ワンプロセスで製作が可能のため短納期・低コストが実現できる</p> <p>②レーザによる直描加工であるため、薬品を使用する必要がなく環境負荷の低減が可能。またフォトマスク不要・ワンマシンでの加工が可能であるため製作コストを低減できる。</p> <p>③装置において偏光制御機能を設けているため偏光方向を変化させ微細周期構造の形状を変えることができる。</p> </td> </tr> </tbody> </table>		既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性	<p>①光造形においては面精度が悪く、そのままでは金型などに利用できない。また切削・放電加工においても複雑形状の金型製作では分割設計が必要であり、長納期・高コストという問題がある。</p> <p>②リソグラフィによる加工では大量の薬品使用による環境負荷とシステムの大規模化やフォトマスクを用いるため高コストという問題がある。</p> <p>③レーザによる除去加工ではミクロンオーダーの加工となりナノオーダーの微細な凹凸形成は難しい。また電子ビームによる除去加工では製作時間が長いことが問題である。</p>	<p>①光造形途中に高速切削による表面仕上げを行うことで面精度±10μmと精度の良い造形物の製作が可能。またワンマシン・ワンプロセスで製作が可能のため短納期・低コストが実現できる</p> <p>②レーザによる直描加工であるため、薬品を使用する必要がなく環境負荷の低減が可能。またフォトマスク不要・ワンマシンでの加工が可能であるため製作コストを低減できる。</p> <p>③装置において偏光制御機能を設けているため偏光方向を変化させ微細周期構造の形状を変えることができる。</p>
既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性				
<p>①光造形においては面精度が悪く、そのままでは金型などに利用できない。また切削・放電加工においても複雑形状の金型製作では分割設計が必要であり、長納期・高コストという問題がある。</p> <p>②リソグラフィによる加工では大量の薬品使用による環境負荷とシステムの大規模化やフォトマスクを用いるため高コストという問題がある。</p> <p>③レーザによる除去加工ではミクロンオーダーの加工となりナノオーダーの微細な凹凸形成は難しい。また電子ビームによる除去加工では製作時間が長いことが問題である。</p>	<p>①光造形途中に高速切削による表面仕上げを行うことで面精度±10μmと精度の良い造形物の製作が可能。またワンマシン・ワンプロセスで製作が可能のため短納期・低コストが実現できる</p> <p>②レーザによる直描加工であるため、薬品を使用する必要がなく環境負荷の低減が可能。またフォトマスク不要・ワンマシンでの加工が可能であるため製作コストを低減できる。</p> <p>③装置において偏光制御機能を設けているため偏光方向を変化させ微細周期構造の形状を変えることができる。</p>				
競合技術の状況と比較	<p>①金属の光造形ではドイツのEOS社やアメリカの3Dシステムズ社があるが、いずれも造形物の面精度は±0.1mm程度である。光造形で製作後に、ショットブラストなどの後工程で面精度を向上させるが深溝や深穴における面精度の向上は不可能である。</p> <p>②レーザ直描による透明電極加工装置としてはシグマサイバーテック社のCTET-LDがある。しかしレーザにはナノ秒パルスレーザを使用しているため、熱溶融による加工品質の低下が予想される。また位置精度は±14μm（計算値）となっている。これに対し開発した短パルスレーザ・アブレーション加工試験装置ではピコ秒パルスレーザを採用し熱の影響を低減しており、また位置精度も±10μmであり上記CTET-LDより高精度の加工が可能である。</p> <p>③微細周期構造を形成する装置として競合するものはまだなく、本装置が世界初の装置である。現在使用しているレーザ発振器のパルス幅が5psであるため、生成できる微細な凹凸の周期は1μm程度であるが、今後パルス幅の短いレーザを搭載し、より微細な凹凸構造の形成ができるように改善を図る。</p>				

研究テーマ： レーザアブレーション機構と最適加工条件の解明					
研究成果の要点	レーザー照射によって生じる材料表面の加工状態は、同時に発生するレーザープラズマの特性と密接な関係を持つ。本研究では光学的方法と電磁気学的方法を組み合わせ、レーザー加工のリアルタイムモニタリング法を開発した。				
既存技術	これまでのレーザー加工モニタリング法としては、マイクロホンを用いた光音響法や、レーザー干渉法がある。しかし、一般的に使用できるリアルタイムレーザー加工モニタリング法はまだない。				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:50%;">既存技術の問題点</th> <th style="width:50%;">既存技術に対する本技術の優位性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> 1) 光音響法では、エネルギーフルエンスが低い領域と高い領域では信号の飽和傾向があり、アブレーション量と信号の直線関係が存在する領域が狭い 2) レーザ干渉法を用いた、アブレーション量測定は、フェムト秒レーザー加工のような特殊な場合のみ利用でき、一般のナノ秒レーザーで行うレーザー加工のモニタリングには使用できない。 3) 光学的方法を用いるアブレーション量計測法では、室内光や、使用するレーザーが可視域や紫外域にある場合、レーザー光自体がプラズマ発光計測を妨害する。 </td> <td> 1) 加工試料表面上方に正・負の電極を配置し、適当な電圧を印加するのみでレーザープラズマの電子を誘導電流として計測でき、室内光やレーザー光の妨害を全く受けない 2) アブレーション量と誘導電流信号の間に広い範囲で直線関係があり、加工のモニタリングに適している 3) レーザの集光に関するタイトフォーカス状態を誘導電流信号強度のピークから判断できる 4) レーザビームが試料を貫通すると同時に、誘導電流信号が変化するため、レーザー穴あけのモニタリングにも使用できる </td> </tr> </tbody> </table>		既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性	1) 光音響法では、エネルギーフルエンスが低い領域と高い領域では信号の飽和傾向があり、アブレーション量と信号の直線関係が存在する領域が狭い 2) レーザ干渉法を用いた、アブレーション量測定は、フェムト秒レーザー加工のような特殊な場合のみ利用でき、一般のナノ秒レーザーで行うレーザー加工のモニタリングには使用できない。 3) 光学的方法を用いるアブレーション量計測法では、室内光や、使用するレーザーが可視域や紫外域にある場合、レーザー光自体がプラズマ発光計測を妨害する。	1) 加工試料表面上方に正・負の電極を配置し、適当な電圧を印加するのみでレーザープラズマの電子を誘導電流として計測でき、室内光やレーザー光の妨害を全く受けない 2) アブレーション量と誘導電流信号の間に広い範囲で直線関係があり、加工のモニタリングに適している 3) レーザの集光に関するタイトフォーカス状態を誘導電流信号強度のピークから判断できる 4) レーザビームが試料を貫通すると同時に、誘導電流信号が変化するため、レーザー穴あけのモニタリングにも使用できる
既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性				
1) 光音響法では、エネルギーフルエンスが低い領域と高い領域では信号の飽和傾向があり、アブレーション量と信号の直線関係が存在する領域が狭い 2) レーザ干渉法を用いた、アブレーション量測定は、フェムト秒レーザー加工のような特殊な場合のみ利用でき、一般のナノ秒レーザーで行うレーザー加工のモニタリングには使用できない。 3) 光学的方法を用いるアブレーション量計測法では、室内光や、使用するレーザーが可視域や紫外域にある場合、レーザー光自体がプラズマ発光計測を妨害する。	1) 加工試料表面上方に正・負の電極を配置し、適当な電圧を印加するのみでレーザープラズマの電子を誘導電流として計測でき、室内光やレーザー光の妨害を全く受けない 2) アブレーション量と誘導電流信号の間に広い範囲で直線関係があり、加工のモニタリングに適している 3) レーザの集光に関するタイトフォーカス状態を誘導電流信号強度のピークから判断できる 4) レーザビームが試料を貫通すると同時に、誘導電流信号が変化するため、レーザー穴あけのモニタリングにも使用できる				
競合技術の状況と比較	<ul style="list-style-type: none"> • 音響法の場合、エネルギーフルエンスが $1\text{J}/\text{cm}^2$ 以下になると信号が飽和し、また $10\text{J}/\text{cm}^2$ 以上では逆に減衰する。しかし今回開発した誘導電流法は広いエネルギーフルエンスの範囲で直線的である。 • 誘導電流法を用いると、焦点距離 100mm のレンズでタイトフォーカスから $+、-1\text{mm}$ のズレに対して、誘導電流信号強度の変化は約 30% 発生する。これに対して、プラズマ発光強度を用いる従来法ではわずか 5% の変化のみである。レーザー集光度のモニタリングに本法は有効に利用できる。 • 光干渉法を用いる、レーザー加工モニタリング法では、フェムト秒レーザーによる光波長オーダーの nm 領域の表面剥離を計測することは可能であるが、一般のナノ秒パルスで生じるマイクロメートルオーダーの表面加工を計測することはできない。したがって誘導電流計測法が広い応用範囲があると言える。 				

研究テーマ： -1 超鏡面精密洗浄技術および機能性薄膜の開発	
研究成果の要点	超鏡面精密磁気媒体用シリコン基板の表面洗浄を、レーザ洗浄処理機能を薄膜形成装置に一体化することでシリコン基板の再汚染を防止できるコンパクトな構造を備えた薄膜形成装置の開発とその応用
既存技術	シリコン基板に薄膜を形成するためにCVD、スパッタリングといった薄膜成長法を行う前にシリコン基板表面を清浄な状態にするための洗浄処理が行われる。洗浄処理としては、薬液により表面を洗浄して付着した微粒子や金属を除去したり、表面に形成された自然酸化膜を溶解して除去するウェット洗浄処理や薬液を用いずにハロゲンガスやフッ素ガスで洗浄したりレーザ照射を行うドライ洗浄処理が行われている。
既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性
上述した基板表面のウェット洗浄処理については、シリコン基板の大型化に伴い薬液の使用量が増加してきており、そのため廃液処理対策にコストがかかるようになっており、ドライ洗浄処理の比重が高まってきている。しかしながら、ドライ洗浄処理についてもプラズマやイオンの制御が難しく十分な洗浄効果を得ることができていない。また、レーザ洗浄処理では、洗浄後の再汚染を防止するための対策が必要となることから、コスト負担が大きくなるおそれがある。	本研究に係る薄膜形成装置は、真空チャンバ内に洗浄領域を設定してその領域でレーザ照射手段によりシリコン基板表面の洗浄を行い、洗浄により清浄化されたシリコン基板をそのまま薄膜形成領域に配置してスパッタリング手段により薄膜形成することができるので、シリコン基板の清浄化された表面が再汚染されることなく薄膜形成することが可能となる。したがって、不純物の影響を受けることなくシリコン基板表面に良好な状態の薄膜を成長させることができる。
競合技術の状況と比較	<p>レーザ照射のみにより洗浄処理を行うので、薬液やガスを使用する場合のような廃液処理といった後処理が不要であり、洗浄処理によりシリコン基板表面から除去される自然酸化膜等の不純物は、真空チャンバ内の排気とともに外部に排出されて以後の薄膜形成処理に影響を及ぼすこともない。</p> <p>シリコン基板表面で不純物が存在する部分は表面から数nm程度の深さに存在するとされており、レーザ照射により表面から数十nm程度の深さまで除去することでシリコン基板表面に不純物のない清浄な状態の面を露出させることができる。したがって、レーザ照射のみで十分な洗浄効果を得ることができる。</p> <p>レーザ洗浄前及び洗浄後の単結晶シリコン基板の表面をそれぞれ原子間力顕微鏡（AFM）により測定した。洗浄処理後の基板表面は、レーザ照射により40～50nm程度の深さまで除去されており、不純物が除去され十分清浄な表面となった。また、洗浄処理前の表面は、二乗平均粗さ（RMS）が平均8.5nm程度であるが、洗浄処理後の表面は、平均2.5nm程度に減少しており、より平滑な表面とすることもできた。</p>

研究テーマ： -2 レーザ表面加工・改質技術の開発					
研究成果の要点	フェムト秒レーザーにより、DLC等の硬質薄膜に周期的微細構造（ナノ構造）を加工し、その形状・サイズを制御する技術およびDLC薄膜をガラス状炭素（GC）に改質する方法を開発した。				
既存技術	短パルスレーザーにより、ナノ構造よりは大きい、リップルという周期的微細構造が加工されることが知られている。また、GCの薄膜は報告されていない。				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:50%;">既存技術の問題点</th> <th style="width:50%;">既存技術に対する本技術の優位性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> 1) リップルの周期的微細構造は、レーザーの波長程度で間隔が大きく限界がある。 2) 直線状の微細構造しか報告されておらず、形状の制御性が低い。 3) GCに関しては、バルク材としては市販されているが、薄膜化したものは報告されていない。 </td> <td> 1) ナノ構造の周期的微細構造の間隔は波長の1/10～1/5と小さく、紫外フェムト秒レーザーを用いることにより数10nmの間隔での加工が可能である。 2) 円偏光を用いることにより、ドット状の微細構造の加工が可能である。 3) フェムト秒レーザーにより、DLCの表面を局部的に導電性や耐熱性に優れたGCに改質することができる。 </td> </tr> </tbody> </table>		既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性	1) リップルの周期的微細構造は、レーザーの波長程度で間隔が大きく限界がある。 2) 直線状の微細構造しか報告されておらず、形状の制御性が低い。 3) GCに関しては、バルク材としては市販されているが、薄膜化したものは報告されていない。	1) ナノ構造の周期的微細構造の間隔は波長の1/10～1/5と小さく、紫外フェムト秒レーザーを用いることにより数10nmの間隔での加工が可能である。 2) 円偏光を用いることにより、ドット状の微細構造の加工が可能である。 3) フェムト秒レーザーにより、DLCの表面を局部的に導電性や耐熱性に優れたGCに改質することができる。
既存技術の問題点	既存技術に対する本技術の優位性				
1) リップルの周期的微細構造は、レーザーの波長程度で間隔が大きく限界がある。 2) 直線状の微細構造しか報告されておらず、形状の制御性が低い。 3) GCに関しては、バルク材としては市販されているが、薄膜化したものは報告されていない。	1) ナノ構造の周期的微細構造の間隔は波長の1/10～1/5と小さく、紫外フェムト秒レーザーを用いることにより数10nmの間隔での加工が可能である。 2) 円偏光を用いることにより、ドット状の微細構造の加工が可能である。 3) フェムト秒レーザーにより、DLCの表面を局部的に導電性や耐熱性に優れたGCに改質することができる。				
競合技術の状況と比較	<p>リップルの性能は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・微細構造の間隔はレーザーの波長と同程度 ・微細構造の形状は直線状のみ <p>一方で、今回開発したナノ構造は</p> <ul style="list-style-type: none"> ・微細構造の間隔は波長の1/10～1/5と小さい ・紫外フェムト秒レーザーにより数10nmの間隔での加工が可能 ・円偏光を用いることにより、ドット状の微細構造の加工が可能 ・材料に与える加工時の熱影響が小さい <p>と、各性能面で上回っており、特にナノテク分野への応用が期待される。またDLC薄膜に対しては、表面がナノ構造化されると同時に、表面が導電性や耐熱性に優れたGCに改質することができ、DLCの応用範囲を拡大することができる。</p>				

研究テーマ： 表面改質装置および超寿命 HID ランプの開発

<p>研究成果の要点</p>	<p>高圧放電ランプの内壁面に、レーザアブレーションによる炭化物、窒化物などの膜形成を行い、保護膜とする。</p>
<p>既存技術</p>	<p>ウエット法による酸化膜が保護膜として一部用いられているが、炭化物、窒化物の成膜は、ウエット法では出来ない。管球内面へのレーザアブレーション法による成膜は新技術である。</p>

<p>既存技術の問題点</p>	<p>既存技術に対する本技術の優位性</p>
<p>3～4点挙げ、簡潔に記載下さい。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ウエット法であるために、焼成する必要があることから、酸化膜が主体である。 2. 膜形成に高温焼成プロセスが必要である。 3. 窒化物膜はアンモニアと塩素を用いた方法があるが、水素が管球石英に吸収され、寿命中に悪影響を及ぼす。 4. プラズマ法、CVD法では副産物が形成され悪影響を及ぼす場合が多い。 	<p>3～4点挙げ、簡潔に記載下さい。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 既に完成した膜素材をアブレーションで成膜するので、副産物がない。 2) 膜形成後焼成プロセスを必要としない。 3) CVD法のような反応生成物による水素などの不要ガス発生がない。 4) 有害物などのないクリーンな作業環境である。

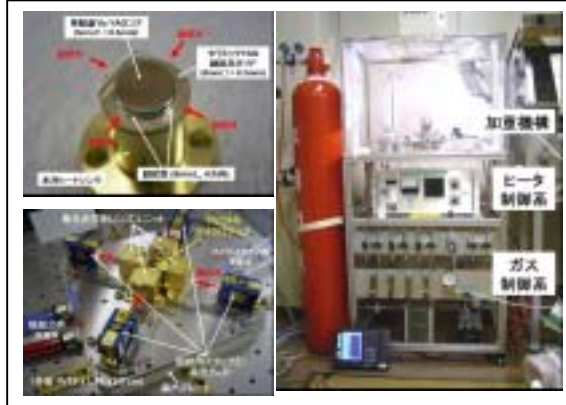
<p>競合技術の状況と比較</p>	<p>具体的な数値、データ等を示し、具体的に記載下さい。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ウエット法では焼成時間に数十分必要であるが、レーザ法では数分以下である。 2) 従来のウエット法では出来なかった炭化物、窒化物膜の形成が可能である 3) CVD法で発生する有害な塩素ガスや塩化水素等の発生が無く、成膜装置に有害物処理装置を付加する必要がない。
-------------------	---

研究テーマ： レーザ誘起光化学反応を用いた選択薄膜成長技術の開発	
研究成果の要点	InN 系薄膜の ArF エキシマレーザ誘起 MOCVD 技術を開発し、室温～700℃の広温度範囲での薄膜形成技術を確立した。
既存技術	InN 系薄膜の形成技術として熱分解 MOCVD 技術、プラズマ MOCVD 技術がある。
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 既存技術の問題点 既存技術に対する本技術の優位性 </div>	
<p><u>熱分解 MOCVD 技術</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. NH₃は 450℃以下では熱分解しないため、450℃以下での成膜は不可能である。 2. NH₃の熱分解効率が低いため大量の NH₃原料を必要とする (例えば、5～10 ℓ/分)。 3. 大量の NH₃を使用するため、大容量の排ガス処理装置が必要である。 4. NH₃の分解効率が低いため成膜速度が小さい (例えば、0.2 μm/h)。 <p><u>プラズマ MOCVD 技術</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 成長膜へのプラズマダメージがある。 2. 有機金属原料までもが分解されるため膜中へのC、H等の不純物汚染が著しい 	<ol style="list-style-type: none"> 1. NH₃の光分解により、室温からの成膜が可能である。これが新規の光触媒材料 InNO_xの発見につながった。 2. NH₃の分解効率が高いため少量の NH₃原料で済む (例えば、100 cc/分)。 3. NH₃原料の使用量が少なく、分解効率も高いため、排ガス処理装置が小規模でよい。 4. NH₃の分解効率が高いため成膜速度が大きい (例えば、0.5 μm/h)。 5. 成長膜へのダメージが一切ない。 6. NH₃の光分解のみが起こることから、膜中への不純物汚染が少ない。
競合技術の状況と比較	<ul style="list-style-type: none"> • InN 系薄膜のレーザ誘起 MOCVD 技術については、Macquarie 大学(オーストラリア)のグループによる検討例が 1 例のみあるが、In ドロップしか得られず研究を中止し、プラズマ MOCVD 技術の研究に移行した。 • InN 系薄膜のプラズマ MOCVD では室温からの成膜が可能であるが、成長膜へのプラズマダメージの問題があるとともに、有機金属原料までもがプラズマ分解されるため膜中へのC等の不純物汚染が著しいという問題がある。従って、この技術も本技術と競合するまでには発展していない。

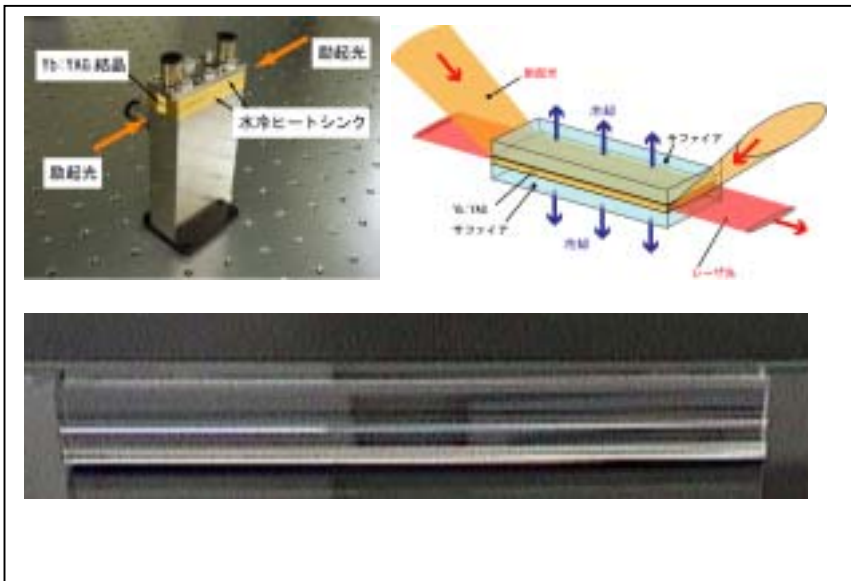
(2) パテントマップ

①高出力・短パルス Yb:YAG レーザの開発

1. 光学素子
特願 2002-25040
PCT/JP02/08114
2. レーザー装置
特願 2002-313598
特願 2003-154092
特願 2004-087361
PCT/JP2005/005176
3. 固体レーザー装置
特願 2003-375057
特願 2004-087363
特願 2005-327292
PCT/JP2005/005178
4. 固体レーザー装置の光ガイドの光入射窓
特願 2004-087362
PCT/JP2005/005177

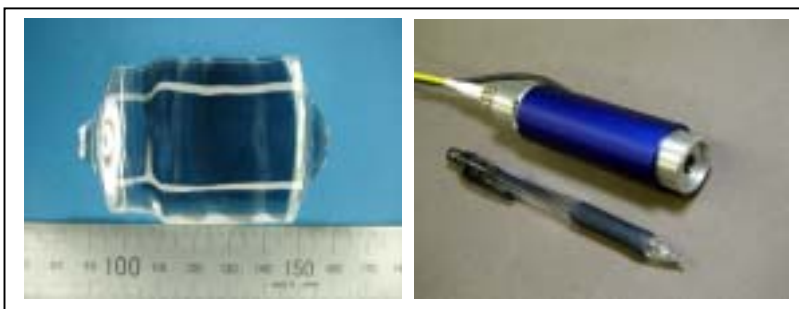


5. レーザー結晶用ダイボンド装置
特願 2004-221243
PCT/JP2005/011303
6. 寄生発振を防止したレーザー装置
〔出願手続中〕
7. レーザー装置の励起光集光レンズ
〔出願手続中〕
8. 非線形光学素子を備えたレーザー装置
〔出願手続中〕
9. AR面冷却レーザー装置
〔出願手続中〕
10. 超短パルスレーザー装置
〔出願手続中〕



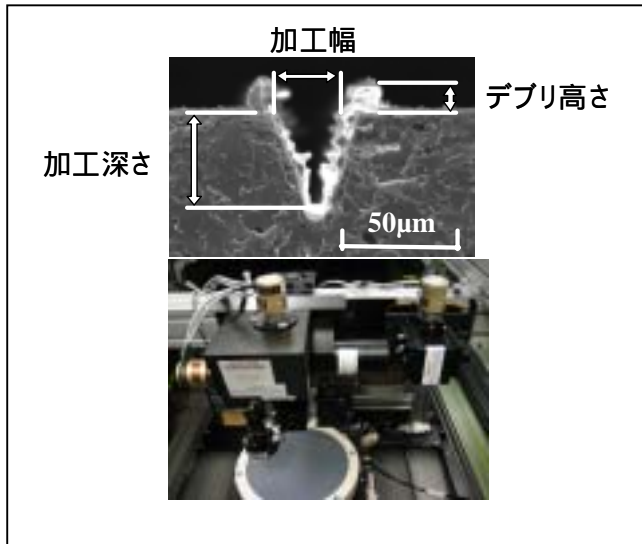
11. 端面励起微細ロッド型レーザー利得モジュール
特願 2003-60738
12. 固体レーザー装置
特願 2003-85604
1件(出願手続中)
13. レーザー装置(熱レンズ効果補償レーザー装置)
〔出願手続中〕
14. レーザー装置(薄型スラブレーザにおける寄生発振抑制装置)
〔出願手続中〕
15. 薄型スラブレーザの熱歪み補償装置
〔出願手続中〕
16. レーザー共振器内の光学情報の計測装置
〔出願手続中〕
17. レーザー装置
〔出願手続中〕

②Yb:YAG レーザの波長変換法の開発



1. 非線形光学結晶とその製造方法
特願 2001-19173
2. 波長変換方法と温度安定型波長変換素子
特願 2002-16193
3. 希土類・カルシウム・オキシボレート系結晶とその製造方法
特願 2004-093899
4. UV レーザ発生装置
特願 2005-289932

③多機能フォトンマシニングセンタの開発

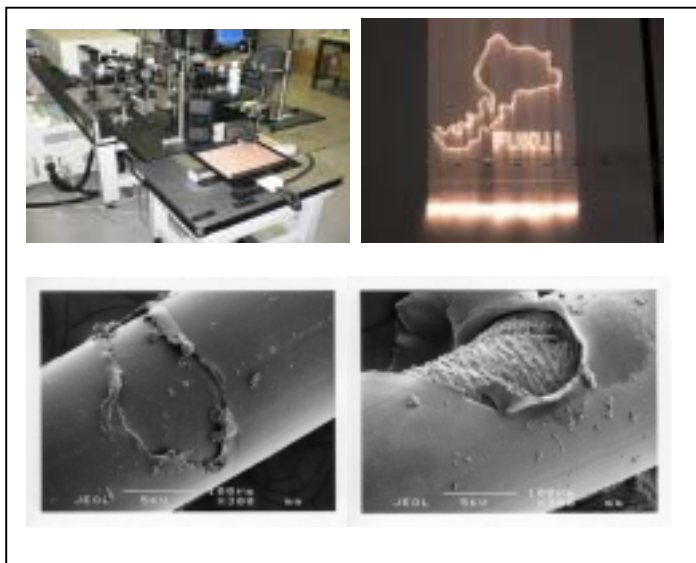


1. 透明導電薄膜のドライエッチング方法
特願 2002-292000
2. 超短パルスレーザーによる微細加工方法およびその装置
〔出願手続中〕
3. 超短パルスレーザーによるスクライブ溝形成方法
〔出願手続中〕

④レーザーアブレーション機構と最適加工条件の解明

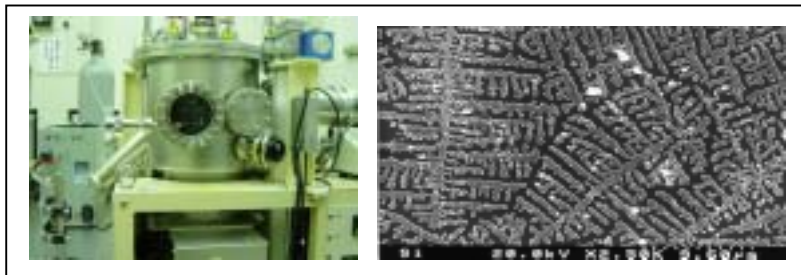


1. レーザ加工モニタリングシステム
特願 2004-046900



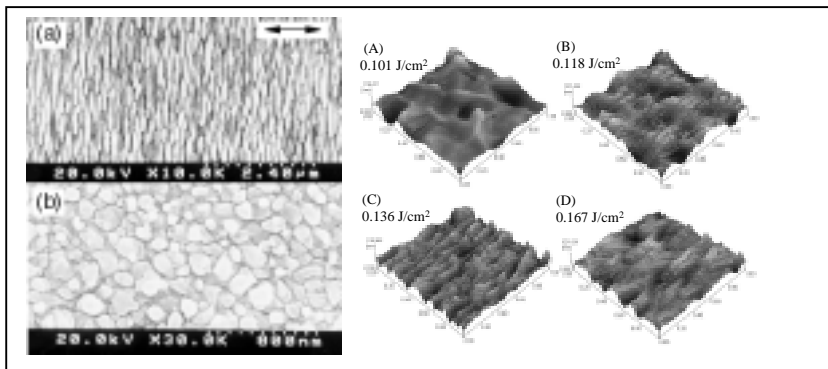
1. 光ファイバ及びそれを備えた布帛並びにその加工方法及び装置
特願 2004-220167

⑤-1 超鏡面精密洗浄技術および機能性薄膜の開発



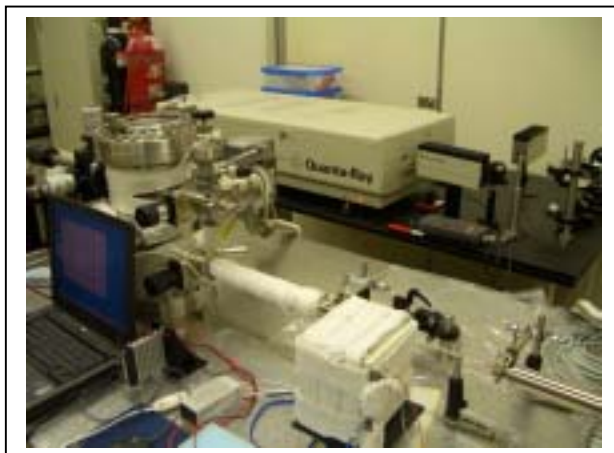
1. 薄膜形成装置
特願 2005-49715
2. シリコン基材の微細加工方法
特願 2005-50147

⑤-2 レーザ表面加工・改質技術の開発



1. 超短パルスレーザーを用いた微細加工方法およびその加工物
特願 2002-12391
2. レーザ加工モニタリングシステム
特願 2004-046900
3. 摺動部材及びその製造方法
〔出願手続中〕

⑥表面改質装置および超寿命 HID ランプの開発



1. レーザアブレーションによる薄膜創生法およびその装置
特願 2002-353413
2. レーザアブレーションによる薄膜創生法およびその装置(2)
特願 2003-59547

⑦レーザー誘起光化学反応を用いた選択薄膜成長技術の開発



1. 窒化インジウム薄膜及び窒化インジウム合金薄膜の製造方法とその装置
特願 2002-205288
2. 窒化酸化インジウム光触媒
特願 2005-50239

(3) 技術マップ

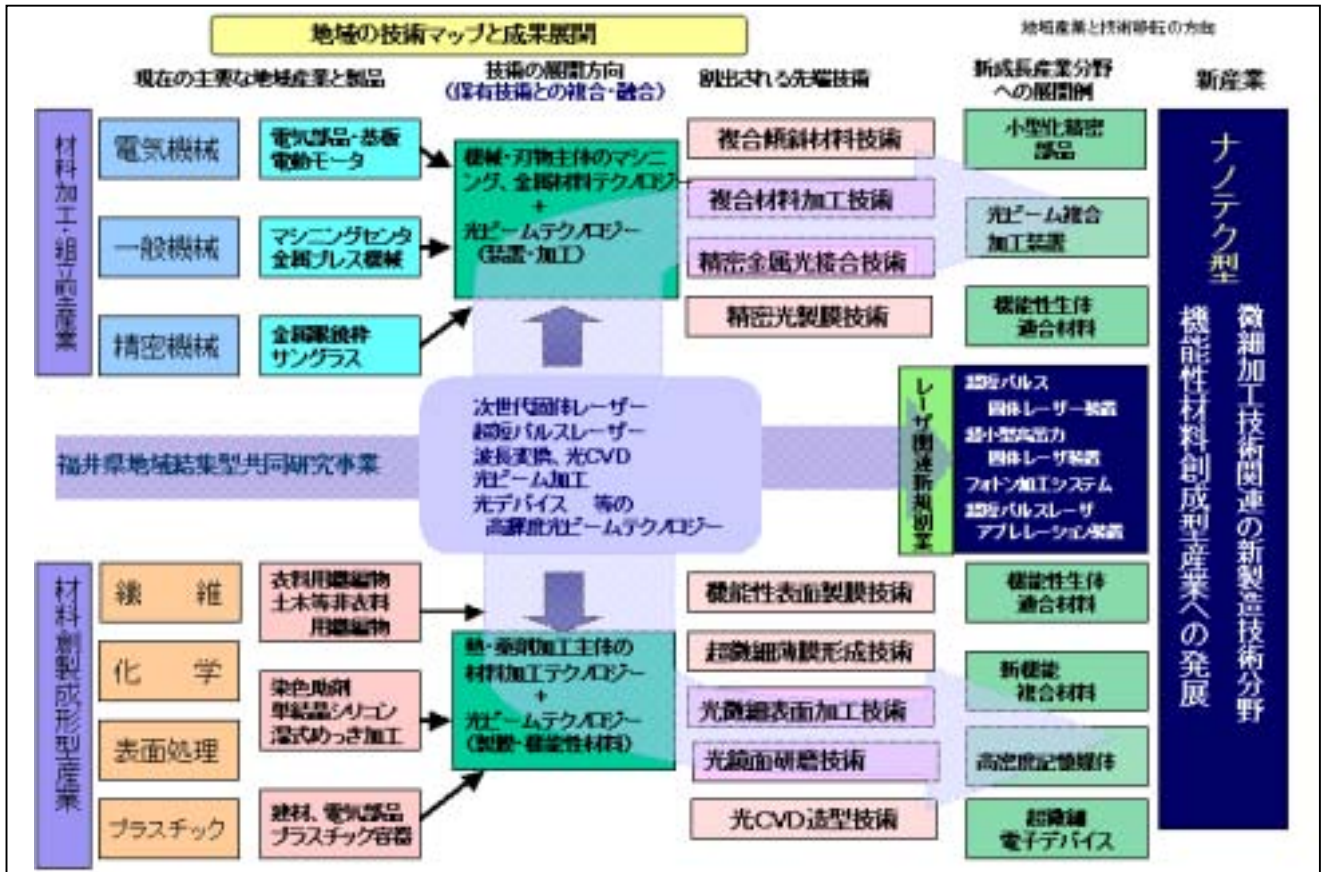
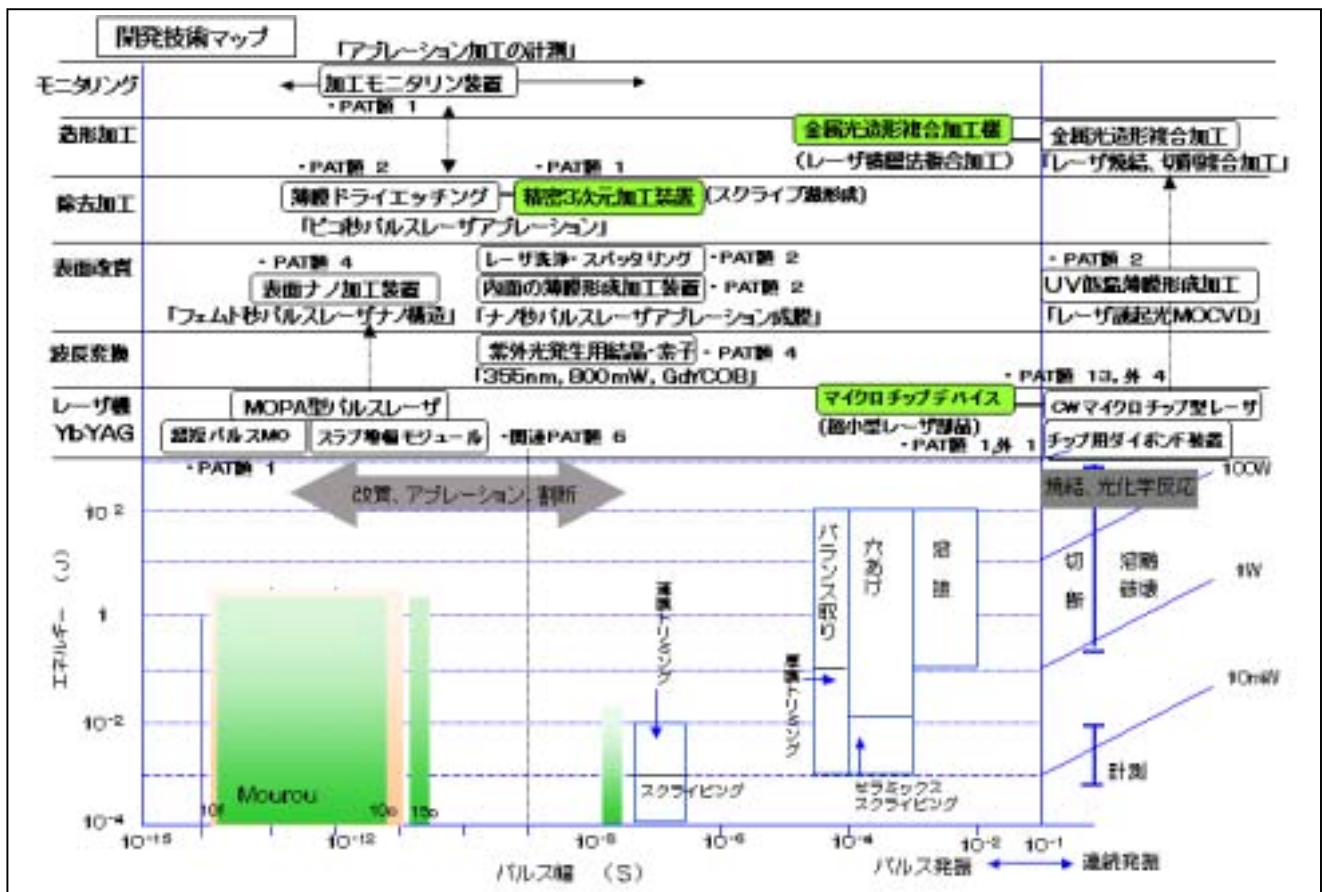


図 - 3 - 1 地域産業の技術マップ(成果展開)



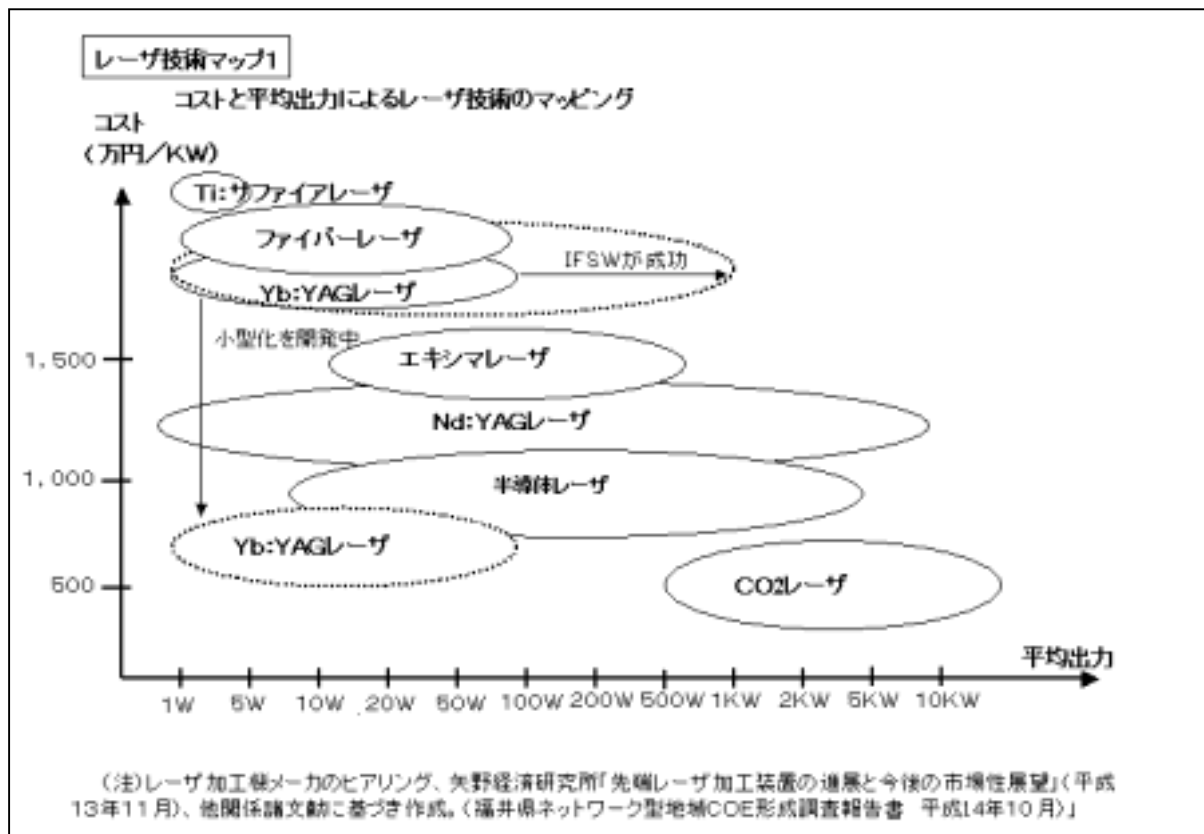


図 - 3 - 3 レーザ技術マップ(コストと平均出力によるレーザ技術マッピング)

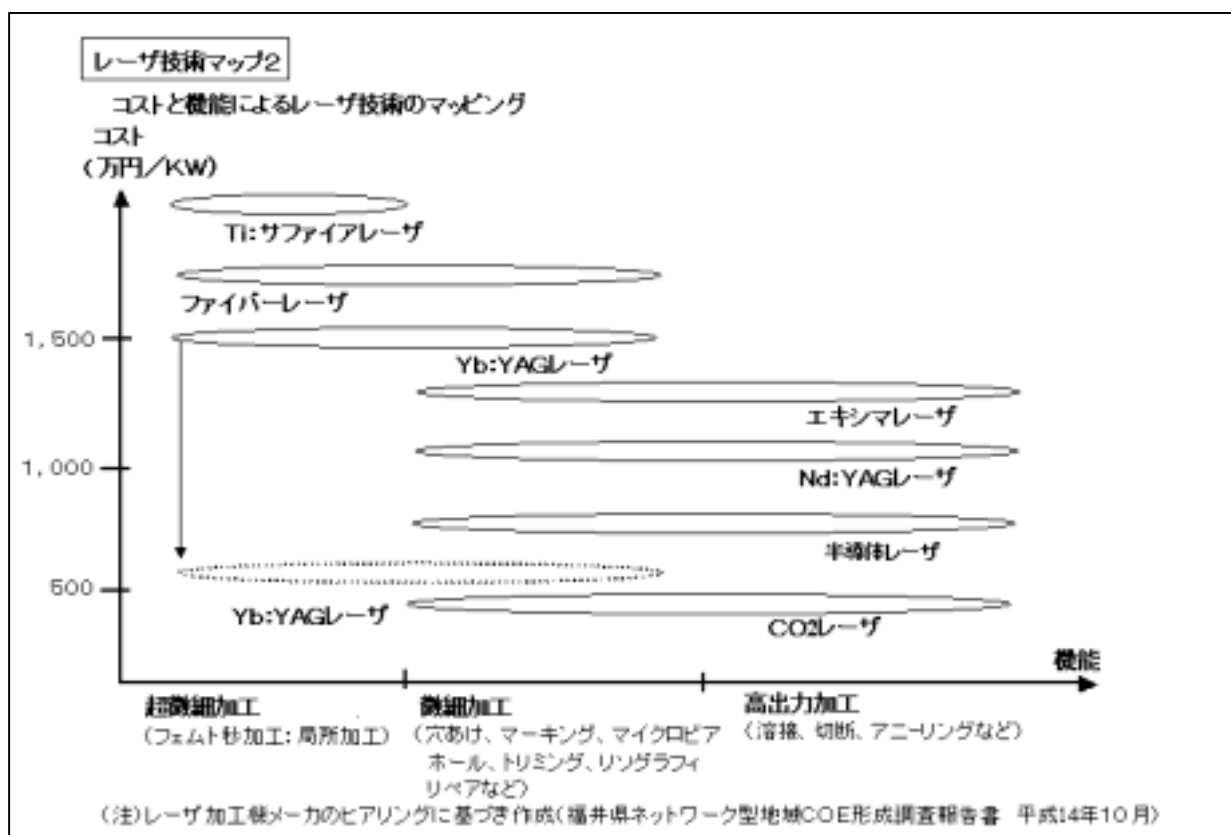


図 - 3 - 4 レーザ技術マップ(コストと機能によるレーザ技術マッピング)

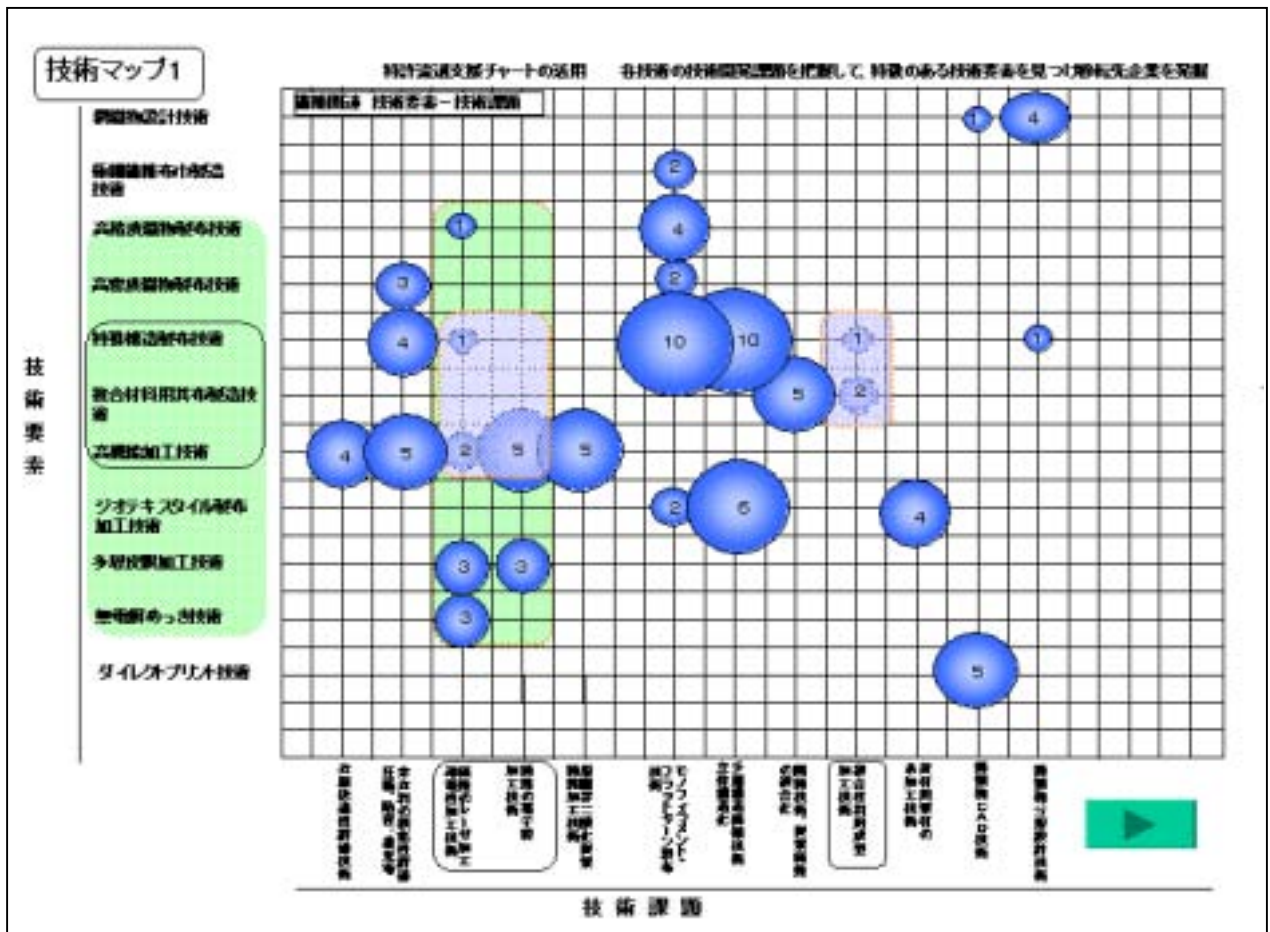


図 - 3 - 5 技術マップ(繊維関連)

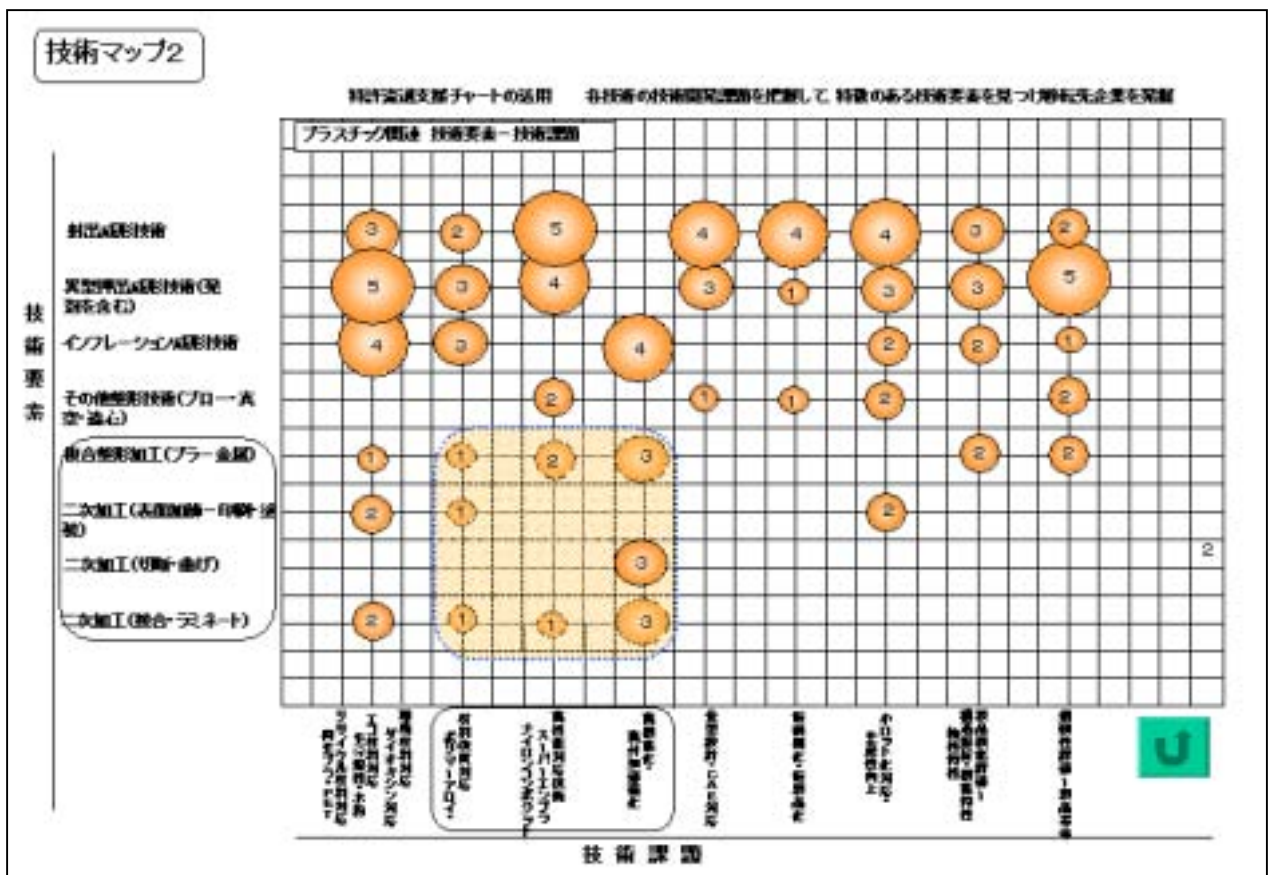


図 - 3 - 6 技術マップ(プラスチック関連)