

研究評価委員会
「三次元光デバイス高効率製造技術プロジェクト」(事後評価) 第1回分科会
議事要旨 案

日 時：平成 23 年 6 月 23 日 (木) 12:50~18:20

場 所：大手町サンスカイルームE会議室 (朝日生命大手町ビル 24 階)

<分科会委員>

分科会長	矢澤 哲夫	兵庫県立大学大学院 工学研究科 物質系工学専攻 教授
分科会長代理	栖原 敏明	大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授
委員	角野 広平	京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 物質工学部門 教授
委員	近藤 泰志	株式会社島津製作所 分析計測事業部 技術部 新事業開発推進グループ グループ長
委員	丹羽 達雄	株式会社ニコン 新事業開発本部 主幹
委員	三澤 弘明	北海道大学 電子科学研究所 所長・教授
委員	横尾 俊信	京都大学 化学研究所 教授

<推進者>

中山 亨	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部	部長
前川 一洋	同上	統括主幹
桐原 和大	同上	主任研究員
坂井 数馬	同上	主査
山田 宏之	同上	主査
吉木 政行	同上	主幹

<実施者>

平尾 一之	京都大学 大学院工学研究科 材料化学専攻	教授 (P L)
三浦 清貴	京都大学 大学院工学研究科 材料化学専攻	教授
原 勉	浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 取締役 中央研究所長	
伊藤 晴康	浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 専任部員	
野崎 健	浜松ホトニクス株式会社 営業本部 主幹	
牧野 謙二	浜松ホトニクス株式会社 産学官連携部 部長	
鈴木 勇紀	浜松ホトニクス株式会社 産学官連携部	
上杉 勝之	社団法人ニューガラスフォーラム 専務理事	
田中 修平	社団法人ニューガラスフォーラム つくば研究室長	
外池 正清	社団法人ニューガラスフォーラム 研究開発部長 兼 三次元光デバイス 経理担当部長	
大原 和夫	株式会社オハラ 研究開発第二部 素材開発課 課長	
佐藤 保彦	富士フイルム株式会社 光学デバイス事業部 レンズ加工グループ 部長	
横井 賢二	ナルックス株式会社 取締役総務部長	

<総務企画部>

田島 義守	NEDO 総務企画部	課長代理
-------	------------	------

<事務局>

竹下 満	NEDO 評価部	部長
寺門 守	同上	主幹
梶田 保之	同上	主査
吉崎 真由美	同上	主査

<オブザーバー>

尾畑 英格	経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課	課長補佐
宮内 光弘	同上	係長

一般傍聴者 1名

議事次第

(公開セッション)

(公開セッション)

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法及び評価報告書の構成
4. プロジェクトの概要説明 (公開)
 4. 1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発マネジメント」
 4. 2 「研究開発成果」及び「実用化の見通し」
 4. 3 質疑
5. プロジェクトの詳細説明
 5. 1 デバイス化加工用ガラス材料技術
 5. 2 三次元加工システム技術
 5. 3 三次元加工システム応用デバイス技術
 5. 4 実用化の見通し (非公開セッション)
6. 全体を通しての質疑 (非公開セッション)

(公開セッション)

7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

議事要旨

(公開セッション)

1. 開会 (分科会成立の確認、挨拶、資料の確認)

- ・開会宣言 (事務局)
- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料 1-1、1-2 に基づき事務局より説明。
- ・矢澤分科会長挨拶
- ・出席者 (委員、推進者、実施者、事務局) の紹介 (事務局、推進者)
- ・配布資料確認 (事務局)

2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1 及び 2-2 に基づき説明し、議題 5.「プロジェクトの詳細説明」を非公開とすることが了承された。

3. 評価の実施方法及び評価報告書の構成

評価の手順を事務局より資料 3-1～3-5 に基づき説明し、了承された。

また、評価報告書の構成を事務局より資料 4 に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

4 プロジェクトの概要説明

4. 1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発マネジメント」

推進者より資料 6-1 に基づき説明が行われた。

4. 2 「研究開発成果」及び「実用化の見通し」

実施者より資料 6-2 に基づき説明が行われた。

4. 1 および 4. 2 の発表に対し、以下の質疑応答が行われた。

【主な質疑内容】

(1) 本プロジェクトの目的である、高能率な製造技術というところで、高効率の意味、製造方法の省エネ効果について質問があった。

従来、フェムト秒レーザーは結構強度が強くて、1 点を加工する場合には、レーザー全体のエネルギーが必要無い場合もあり、レーザーをスキャンするので非常にもったいないことをやっていたと考えられた。それを 100 点ぐらいに分けても、1 点 1 点は、ガラスも 1 層つくるには十分なエネルギーだということが、プロジェクト開始前にわかっていた。それならば、100 点に分けるような良い方法がないかということで、ホログラムがあり、固定のガラス・ホログラムで分けるという方法が考えられた。強いレーザーが当たっても、それをホログラムを描いて 100 点に分割できるようなデバイスをつくることを目指した。以前は 1 点収束で使われていたフェムト秒レーザーパワーの過剰な部分を分散して有効に活用することを狙った。

加工方法が、省エネになるといううたい文句だったと思われる。基本的に 1 点ずつ加工して、たとえば 100 点描いたとすると、ある領域に投入したトータルエネルギーがあり、他方、ホログラムの位相マスクを使って 100 点を一括加工した場合のトータルエネルギーとの差が大きいということか、との質問に対し、レーザーを一定時間当てて加工するものに関しては、スループットを上げることができるという回答であった。

エネルギー効率として機械加工に比べてどうなのか、との質問に対して、光加工の優位

性が述べられた。少なくとも精度に関しては、機械加工に比べ光加工の方が優位であるし、内部確保もできる。これまでフォトン効率は5%ぐらいと言われていたが、20%ぐらいまで上げることが一応できており、機械加工効率の2~3倍にはなると考えている。レーザー利用で今まではフェムト秒ではなくてナノ秒等が主体であり、格子振動が起こり、殆どが熱エネルギーとして奪われていたが、今回は電気エネルギーが高効率で加工に使える利点がある。

- (2) 本プロジェクトの成果を活かして実用化を目指す場合、既存や開発中の技術との競合があると思われる。例えばインターコネクションはかなり研究されていて、ものもできているし、光通信用の光集積回路も実用化も含めてたくさん開発されている。同じ方法で以前より改善されたというのではなくて、競合技術や現技術トレンドと比較してどうなのかを見定めながらプロジェクトのマネジメントを行う必要があると思われるが、見直したこと、あるいは重点化したことはあるか、との質問がなされた。

コンペティターがある中で、本技術ならではの応用として、まず光インターコネクションが挙げられる。例えばコンピュータに光ファイバーが入ってきたときに、直角に上に上げる必要がでてくるが、従来ではレンズを使うなど非常に複雑になり、僅かな振動でも、それがつぶれるということがある。本プロジェクト成果では、フェムト秒レーザーで描いた直角のものを入れるだけで直角に曲げることができ、実用化した。

次に導波路がある。従来、プリズムと導波路を組み合わせて、そこに接着剤を使うとか、複雑であったものを一括して作ることができる。導波路にはいろいろな製造方法があるが、ここでは、光ICという概念で、実際のマイクロオプティクス、その光学系ではレンズやグレーティング等がガラスの内部に多数作製することができる。そういう小さな光学部品ができれば今後すばらしい光回路ができるのではないかと考え、進めてきた。

- (3) 研究体制について、京都大学と集中研と浜松ホトニクス(株)で実行され、集中研の中には何社かが入っているというかたちになっている。企業として浜松ホトニクス(株)が直接委託で実行したのは、プロジェクトの必然的な理由があったからか、という質問がはあった。

プロジェクト以前から、空間光変調器、E COS-SLMに関して、浜松ホトニクス(株)で研究から開発までできており、弱いレーザーに関するSLMは既に中央研究所で少しずつ実用化に移行する段階であった。プロジェクトでは、それをフェムト秒レーザーにも耐えられるようにしようというフェーズであり、既に当社に実験装置などすべて整っていた経緯があった。プロジェクトで新たに同様の装置を揃え、新たなメンバーで進めることも考えられたが、予算や重複の問題、効率的な進め方もあり、当社単独、持ち帰りで実行することとした。

- (4) プロジェクトでは材料として熔融したガラスを選択している。この方法は透光性のプラスチックなどにも原理的に適用が可能なのか。あるいは熔融ガラスが本質的に非常に優位で、それは超えられないのか、との質問があった。

このプロジェクトが、もともとナノガラスプロジェクトというところから来ているので、材料にガラスを用いている。異質相という言葉が出てくるが、それは密度変換による屈折

率の変化をうたっている。ガラス材料にレーザーを照射したときに起こる現象は、単純な密度変換以外に、例えば多成分のガラスでは組成分布を発生させ、特定の領域を結晶化させるとか、あるいは価数を変化させる、金属イオンを還元してナノ粒子として析出させるとか、そういったことがいろいろできる。熔融したガラスは、いろいろなイオンを組成にアナログ的な変化をもたらすことが可能であり、その変化によって少しずつ物性が違ったものができる。ほかの材料でもできるが、特に熔融したガラスは、大きな優位性があるともいえる。

- (5) 人材育成や教育的な見地からの成果、普及に対してどのような成果があったか、質問がなされた。

NEDO光集積講座(京都大学)が設置されたことは、大きな成果である。光学科ということで、ガラスも含めて、特にフェムト秒レーザーの使い方とかピコ秒、ナノ秒、そういう装置も一緒に活用して、産業界の人材、大学の人材を教育するプログラムを作成した。既に300人以上が卒業し、それで大学や企業のいろいろなポストに就く人材を育てることができた。そこからプロジェクトの実施者でもある三浦教授の研究室もできた。光の加工に対して大きく拡大し、最先端光加工技術のプラットフォームができたことは成果と考えている。

- (6) プロジェクトの技術目標であるアウトプットに対する目標は全て達成できたと思われる。アウトカムである最終目標は定量的には決められてないが、一括加工によって三次元光デバイス集積回路なるものが、本当にできるのかどうか、最初から全部オールインワン、必要なものを中に全部入れたガラスか何かを使うことになるが、それが本当にできるのか、あるいはそれに対する何らかの展望を持ってきたのか、という質問があった。

もう少しターゲットを絞らなければいけないということで、光導波路への応用からスタートした。フォトン効率なども、閾値の問題と、繰り返し周波数と、与えたエネルギーと、その辺のすべてのバランスの上の空間変調器で最適化を行ってきており、これはかなり高効率のものになっている。現在、基礎技術のプラットフォームができたと考えており、これで即、実用化にまでは至っていないが、ここまで来たら、次は早いと思っている。

- (7) コメントとして、ガラスおよびフェムト秒加工は、非常にすばらしい材料技術であることは疑いなく、またこのプロジェクトでもたくさんのすばらしい知見が得られている。ただ、競合技術もあり、全てが良いわけではなくて、いろいろ一長一短がある。既存で実用化されているものも多数ある中で、本件は、バラ色の未来はあるにしても、まだ発展途上ということだとすると、現在の技術に対しても客観的な認識をもっておく必要があるのではないかと思う、との意見があった。

5. プロジェクトの詳細説明

実施者から資料の説明順序の変更希望があり、以下のような順番で説明が行われた。

5. 1 「研究項目②三次元加工システム技術」(3) 空間変調器三次元システム技術」について実施者より資料 7-2-3 に基づき説明が行われた。
5. 2 「研究項目①デバイス加工用ガラス材料技術 (1) デバイス加工用ガラス材料技術目標 (3) 三次元光回路導波路デバイス用ガラス材料技術」について資料 7-1-1 及び資料 7-1-3 に基づ

き、また「研究項目③三次元加工システム応用デバイス技術（2）三次元光回路導波路デバイス技術」について資料 7-3-2 に基づき実施者より説明が行われた。

5. 3 「研究項目①デバイス加工用ガラス材料技術（2）三次元デバイス用ガラス材料技術」について資料 7-1-2 に基づき、また「②三次元加工システム技術（1）三次元加工システム技術目標（2）波面制御三次元加工」について資料 7-2-1 及び資料 7-2-2 に基づき実施者より説明が行われた。

5. 4 実用化の見通し（非公開セッション）

省略

6. 全体を通しての質疑（非公開セッション）

省略

（公開セッション）

7. まとめ（講評）

（横尾委員）最初の方で申しましたが、このプロジェクトはそもそも「三次元光デバイス高効率製造技術」ということで、途方もなく難しい技術なわけですから、すぐに実現できるものではない。それを実現するために、基盤技術あるいは材料をいろいろ調べて、それから出てきたバイプロダクトな技術が、現実に今ある製造の役に立てば儲けものという考えでいくべきではないかと思います。将来的な三次元的なデバイスをつくるには、このような技術を提示していただく必要があると思います。ただ、それがすぐに実現できるかどうかまでは、まだ要求してはいけないのではないかと思います。その結果、一括加工技術など現実に応用できそうなものが見つかっておりますし、いろいろな現象を解明していただいたのではないかと思いますので、これからももっと深めてやっていただければ有難いと思います。

（三澤委員）説明を伺って、プロジェクト期間中にいろいろなことが見つかったと思いました。ただ、三次元加工に関しては、レーザー加工以外のいろいろな技術があると思いますので、その辺の比較検討が見え難かったという気がします。ですから、コスト、省エネなどいろいろなファクターがあると思いますが、企業は基本的にリスクヘッジしていますから、ほかのいろいろな技術を取り上げようと思えます。その中で、ここが優れているというところをもう少し見やすいかたちで出されたほうが、より技術が素晴らしいことがわかると思います。その辺の見せ方をもう少し工夫されたらどうかという気はしました。

（丹羽委員）私自身は、ナノガラスのもう一つ前のプロジェクトから評価委員をさせていただいて、非常に興味深い技術自身がどんどん進歩して行って、着実に成果を出されていることについては、非常に感銘を受けます。しかし、より精度が上がってきて、製品が見えてくればくるほど、サプライズの気持ちは減じてくるというのが偽らざるところです。

私自身は、エネルギーの観点からは NEDO プロジェクトだから仕方ないと思うところはあります。この方法でしかつくれない場合だけではなくて、先ほどのオプティカル・ローパスフィルターでも、トータルのコストは逆にエネルギーに換算でき、トータルのコストという点から考えたときに優れていれば評価ができると思います。計算は難しいのかもしれませんが、その点でも新しい技術を開拓する可能性を感じました。また、特に、基礎的な面でシリコンの析出は新しい発見、発明だと思いますが、

こういうことが開発の中で出てきたということはすごく評価すべきことで、これからの非常に大きな可能性を感じました。そういう意味で、コメント自体はより製品に近くなると厳しくなってくるころはあるのですが、出された成果については着実に課題を成し遂げられたと判断します。

(近藤委員) 長期のプロジェクトを多岐にわたってまとめておられ、あおのマネジメント力に非常に感銘を受けました。そして、私はこの評価に初めて出席させていただきましたが、非常に多岐にわたって材料の中身を緻密に評価しておられているので、大変すばらしい夢のあるプロジェクトだと思いました。ただ、先ほど先生方もおっしゃったように、実用化にはまだまだ時間がかかるのではないかという気がしましたので、一つの実用化の目標を決めて、世の中にこのような技術が役に立つことを、公開していただけると、日本の中にこういう素晴らしい技術が根付くようになり、将来に大変期待できると思いました。

(角野委員) 私自身は材料の立場で研究しているわけですが、材料から見ると、もともとは平尾先生のERATOのプロジェクト、フェムト秒とガラス材料の相互作用というところから始まって、JSTとNEDOのナノガラスプロジェクトも走ってここまでこられたということで、非常に感銘を受けているところです。一方で、実用化していくという面では、本日の委員会の中でもいろいろご質問があったように、これは栖原先生のお立場かと思いますが、デバイスとのマッチング、デバイスの側から、この技術を使わなくてもほかにもいろいろ同じことができると思います。材料の側から言えば、「最初にガラスありき」で良いと思いますが、実用化という面から見ますとそうではなくて、いま一步デバイスのほうに歩み寄って、たとえばガラスとほかの材料を比べてもう少し定量的に良い点、悪い点を比較できれば良いと思った次第です。それは確かに難しいことではありますが、実用化を加速するという意味では重要なことだと感じました。

(栖原分科会長代理) ガラスとフェムト秒レーザー、光デバイスというキーワードの下に、以前からのご研究の蓄積を基盤として、本格的に実用化というキーワードも入れて取り組まれて、多くの知見を得られて、論文もたくさんお書きになって、教育効果もということで、多くの成果を得られたことにまず敬意を表したいと思います。私は材料屋ではありませんが、ガラスは材料だということから言いますと、もともと予想されたことでもありますが、可能性を広げる多くの知見が得られていると思います。ただ、デバイスにつなげるための知見という観点からもう少し絞って、主に屈折率変化や歪をデバイス化につなげるときのフェムト秒加工のダイナミクスについて考えると、解析は学術的に非常に価値の高いものとは思いますが、ものづくりをするときの設計指針の根本的な確立に向かうようなデータを示していただければ、もっと勉強になったと思います。

それから、ものづくりをする上での道具、機器開発という観点からは、LCOSというすばらしいものを発展させて、ホログラフィックな手法は古くからあるわけですが、試作あるいは研究、実用になる非常にフレキシビリティの高い装置が完成に近いのは、非常に大きな成果だと思います。性能改善比も大きいし、実際に威力になって、このプロジェクト全体の成果をつくるために役立ったと理解いたしました。

一方、このプロジェクトは光デバイスが中心になっていることから言いますと、質問でもコメントさせていただきましたが、この方法でなくては・・というところがあま

り見えない。デバイスは構造も原理も知られているものばかりで、この方法でもできるということでバラエティーはありますが、競争力があって実用化できるものは、インターコネクション、光通信でもちょっと曖昧だと思います。期待の民生機器のカメラのモアレ防止一つだけでも、非常にうまく実用化できると良いと思ってお聞きしました。本格的に取り組もうとされているようですが、競争力があるのかどうか十分には見えてこなかったと思いますので、今後のご研究に期待したいと思います。

大変盛りだくさんな成果を得られました。少なくともデバイスづくりという観点からは、これからは何でもつくろうという八方美人でなくてもいいから、ほかの方法でできないイノベーションができるもの、競争力が強くて世の中に出るものを重点的にやっていただきたいと思います。析出して発光するのもおもしろい現象ではあると思いますし、貴重な知見だと思いますが、実用化という観点からすると、紫外線を当てて光るものは五万とある中で本当にレーザーになるかということ、ならないもののほうが多いわけです。競争力のあるものもきっとあるだろうと思いますので、そういうものに絞り込んで実用化していただければと思います。

質問させていただいたように、記述の問題のためか、あるいは根本的問題のためか、合点のいかないところがあったのも気になりますので、もしご回答いただけるようでしたら考えてみたいと思います。専門的にも信頼性の高いデータ、表現でお願いしたいと思います。

(矢澤分科会長) 今日お話を聞きしていると、非常に次代的というか先端的な成果がたくさん出ています。これはもともと非常に難しいチャレンジングなテーマに挑戦されたわけで、どんどん実用できれば話はたやすいですが、次代的、先端的であるがゆえに実用化というのは困難が伴うのは当然です。しかし本プロジェクトでは、ガラスでこういうことができ、いろいろなおもしろい現象が見つかって、デバイスにもつながっていく豊富な知見が得られたということは、ガラスの科学技術全般として非常に実り豊かな成果が得られたと思います。

私は、ガラス材料屋だからというわけではないですが、ガラスでこういうのができたという特長のところをどんどん発信していただければ、物はできているわけですから、こういうところに使えるという話が必ず出てくると思います。たとえば炭素繊維もいまや航空機などには不可欠な材料となってきましたが、最初はゴルフのシャフトなど目的とした以外の分野から実用化が始まったと聞いております。先端の技術はそんな場合が多いと思います。本技術開発も、三次元の加工で非常におもしろい成果が多数出ております。そういうのをトリガーとして、本丸のデバイスにも必ずや繋がっていくのではないかと思います。私もNEDOのプロジェクトをいろいろとやって参りましたが、いまほど実用化と言われませんでした。将来の実り豊かなシーズになっているものは多くありますし、これも確実にその一つになっていくものと思います。

8. 今後の予定

9. 閉会

配布資料

資料 1-1	研究評価委員会分科会の設置について
資料 1-2	NEDO技術委員・技術委員会等規程
資料 2-1	研究評価委員会分科会の公開について（案）
資料 2-2	研究評価委員会関係の公開について
資料 2-3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
資料 2-4	研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
資料 3-1	NEDOにおける研究評価について
資料 3-2	技術評価実施規程
資料 3-3	評価項目・評価基準
資料 3-4	評点法の実施について（案）
資料 3-5	評価コメント及び評点票（案）
資料 4	評価報告書の構成について（案）
資料 5-1	事業原簿（公開）
資料 5-2	事業原簿（非公開）
資料 6-1	プロジェクトの概要説明資料（公開） 4.1 事業の位置付け・必要性及び研究開発マネジメント
資料 6-2	プロジェクトの概要説明資料（公開） 4.2 研究開発成果及び実用化の見通し
資料 7-1-1	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.1 デバイス化加工用ガラス材料技術 デバイス化加工用ガラス材料（共通目標）
資料 7-1-2	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.1 デバイス化加工用ガラス材料技術 三次元光学デバイス用ガラス材料技術
資料 7-1-3	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.1 デバイス化加工用ガラス材料技術 三次元光回路導波路デバイス用ガラス材料技術
資料 7-2-1	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.2 三次元加工システム技術 三次元加工システム技術目標
資料 7-2-2	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.2 三次元加工システム技術 波面制御三次元加工システム技術
資料 7-2-3	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.2 三次元加工システム技術 空間光変調器三次元加工システム技術
資料 7-3-1	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.3 三次元加工システム応用デバイス技術 三次元光学デバイス技術
資料 7-3-2	プロジェクトの詳細説明（公開） 5.3 三次元加工システム応用デバイス技術 三次元光回路導波路デバイス技術
資料 7-4	プロジェクトの詳細説明（非公開） 5.4 実用化の見通し
資料 8	今後の予定

以上