

シンクロトロン光 X 線を利用する LIGA 微細めっき加工技術で 医療装置、食品異物検出装置への展開を目指して

田口英信

田口電機工業株式会社

佐賀 LS 開設以前より X 線 LIGA(Lithograph Galvanoformung und Abformung)微細加工技術の研究でマイクロパーツなどの試作開発に取り組んできたが、この応用として医療検査装置や、食品異物検出装置などの X 線画像診断装置用の心臓部となる X 線デバイスの開発に取り組んだ。

既存技術では、ベース基板に塗布する PMMA レジストの厚みは数 μm ~100 μm までの薄膜に UV (紫外光) を露光するが、本研究はレジストの厚みを 100~500 μm までの厚膜にして、シンクロトロン光 X 線を利用する高厚膜・高アスペクト比 (1:10 以上) のものづくりに応用し、弊社の基幹技術であるめっき技術と組み合わせることで微細なパーツを液体の中で 3D 技術の様に作り上げて、薄膜ではなく立体的なナノオーダーのマイクロ構造体を作り上げる技術である。

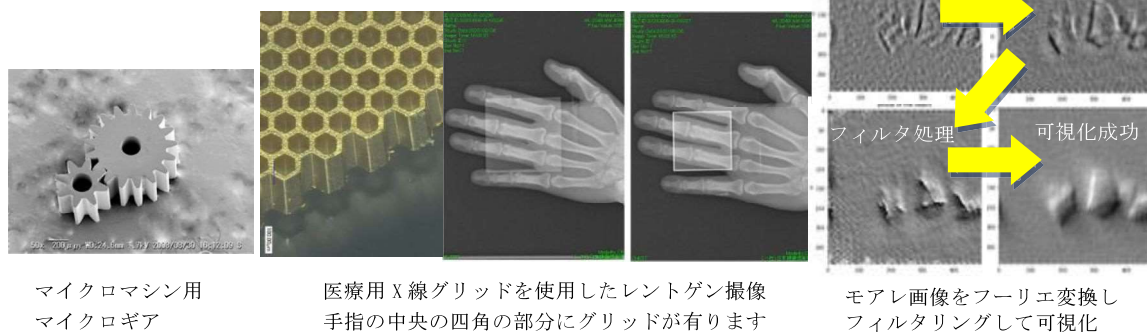
直径 0.1mm 以下の微細なギアやマイクロパーツ類の試作に成功した後に取り組んだのが、医療機器の X 線画像診断装置 (マンモグラフィ、レントゲン装置) に利用する高機能 X 線グリッドの製造や、食品異物検査装置用 X 線格子デバイスの試作開発である。

このグリッドはハニカム構造やスクエア型、スリット型の構造など数種類トライしているが、医療用は特に被写体の X 線照射測定による 2 次散乱 X 線の拡散を抑制させて、人体の被ばく線量を低減しつつ、高精細の画像診断が可能となる世界初の X 線グリッドの開発になる。

食品検査装置用のデバイスは、佐賀県リーディング企業育成事業の認定を受けて産総研つくばとの共同研究を行ったが、格子状のスリット型デバイスを複数枚セットして、食品中の骨やプラスチックなどの異物を X 線 Talbo 干渉位相画像として検出し、高速画像変換処理で今まで見えなかった食品中の異物を見えるようにする画期的な世界初のデバイスである。

医療と食品という違う分野であるが、そこにある X 線画像診断の分野で共通する高性能デバイスの製造で、高度な画像診断技術を確立して、命を救う低被爆・高精細 X 線医療診断デバイスや、今まで見ることの出来なかった食品異物検査のインライン化が可能となれば、まさに世界初の事業として大きく成長し、社会に貢献できる事業に発展する。

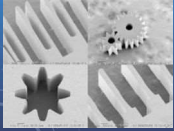
未来に向けたナノテクノロジーの開花とともに、医療用マイクロマシン・半導体・自動車などさまざまな分野の応用に向けて今後も取り組んでいきたい。





シンクロトン光X線を利用する
LIGA微細めっき加工技術で医療装置、
食品異物検出装置への展開を目指して

COMPANY PROFILE
未知への想像で、夢を創造する
『めっきのデパート』



田口電機工業株式会社

代表取締役社長 田口英信

2020/10/21 九州シンクロトン光研究センター

第14回研究成果報告会

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

会社概要

- 当社は創業68年を越えた、表面処理の専門トップメーカーです
- 金、銀、銅、ニッケル、クロム、亜鉛、無電解ニッケルをはじめとする一般めっき加工に加え、化成処理、アルマイトなど50種類以上の品種を揃えている『めっきのデパート』です
- 半導体・液晶製造装置をはじめとするIT関連、ロボット産業、自動車、弱電、建築、食品、医療機器、鉄鋼、造船、電力、航空宇宙産業、防衛省など製造業全般にわたり関わっています
- ISO14001(H14年)、ISO9001(H15年) 取得



田口電機工業株式会社

http://www.taguchi-dk.co.jp

昭和27年7月創業 TEL 0942-92-2811

年商 約6.7億円 FAX 0942-92-5283

社員 75名 (令和2年4月現在)

取引先 九州全域、関東、関西、西日本一円
約1700社

mail ; hiddenobu-t@taguchi-dk.co.jp



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

めっき工場概要

- 第1工場1F 防錆めっきライン
全自動型亜鉛めっき装置
中型アルマイト



- 第1工場2F 機能めっきライン
アルマイト処理、無電解めっき
金、銀、白金めっき、銅
ロジウム、黒染め、化成処理
ニッケル、クロム、硬質クロム
黒クロム、パーカー処理



- 第3工場 複合めっきライン
Niテフロン、Niセラミックス合金
スズ、硬質クロム、電解研磨



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

技術部門・環境施設

- 国際品質規格 ISO 9001 認証取得
- 国際環境規格 ISO14001 認証取得

めっき液の濃度自動分析・微量重金属分析・硬度測定
SEM観察・X線元素分析・X線膜厚計測・耐食性試験
その他(めっき皮膜物性・定性定量分析 他)



電子顕微鏡(EDS元素分析)



自動滴定定量分析装置



全自動排水処理施設(自社設計施工)



キャピラリー電気泳動分析装置



ICP発光分光微量分析装置



蛍光X線膜厚測定装置

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

研究開発

- 第2工場(平成20年6月完成)

- 1F 大型アルマイト処理ライン
- 2F パワー半導体基板めっきライン
- 3F クリーンルーム

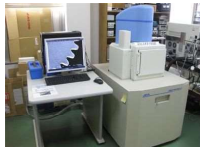
ナノテクノロジー関連研究開発
X線リソグラフィー-LIGA微細加工
医療用マイクロパーツ製造開発
世界最先端の研究開発を実施



3Dレーザー顕微鏡



クリーンルーム研究室



走査電子顕微鏡



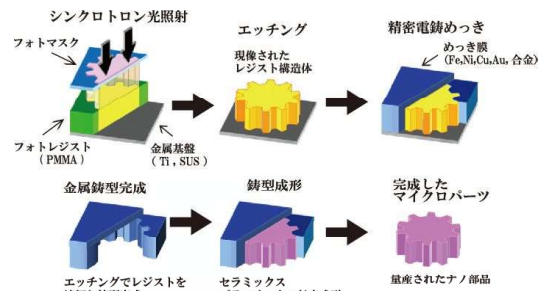
X線元素分析装置

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

ナノテクノロジー最先端微細加工技術

- LIGA微細加工技術 Lithograph Galvanoformung und Abformung

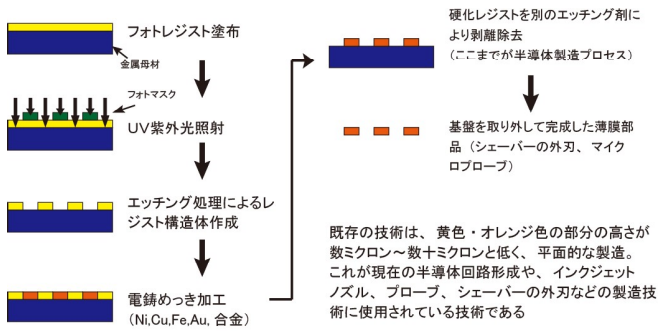
フォトレジストを塗布し、マスクにUV光やシンクロトン光を照射し、現像されて出来るレジスト構造体にめっき加工を行います。これを電鑄といいますが、この後レジストをエッチングで除去すると、母材にめっきが乗ったものができるがあります。これを金型として成形(樹脂、セラミックス)するとナノ部品が完成します。めっきそのものをナノ部品として利用することも可能です。



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

半導体回路製造などの既存技術

黄色のレジスト膜厚が1~100μmの薄膜



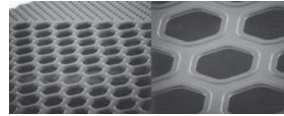
7

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

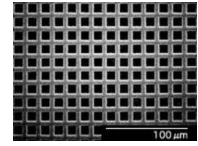
既存技術による加工例

高さは50~100μmくらいまでがMAX

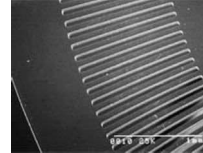
九州日立マクセル様製造
電動ひげそり シェーバー外刃



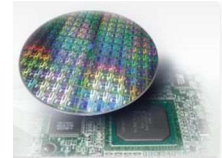
回路印刷メッシュ



光学スリット



半導体回路

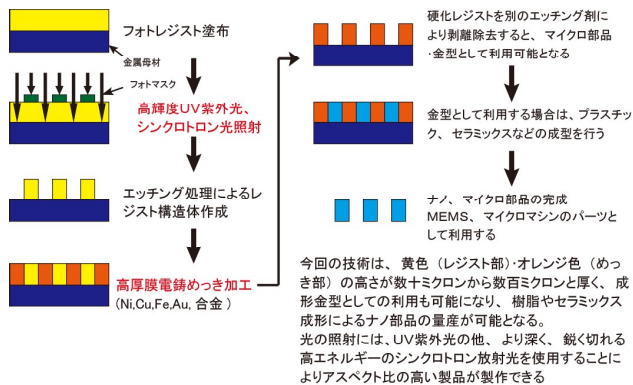


8

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

当社の高厚膜リソグラフィ開発概要

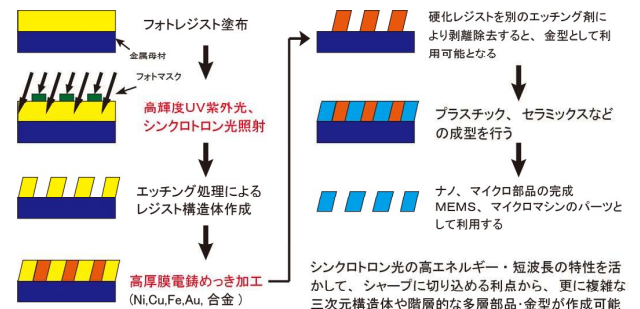
黄色のレジスト膜厚が100~500μmの高厚膜



9

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

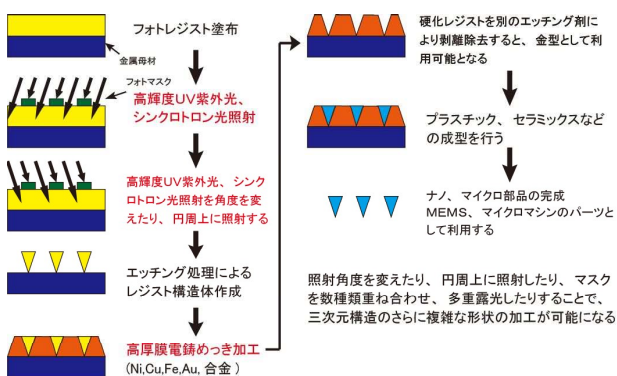
高厚膜LIGA技術の応用



10

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

高厚膜LIGA技術の応用



11

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

シンクロトロン光エックス線照射実験

佐賀県立・九州シンクロトロン光研究センター(鳥栖市)

高輝度シンクロトロン光エックス線・露光照射実験



九州大学と共同開発した
エックス線照射用スキャナー装置



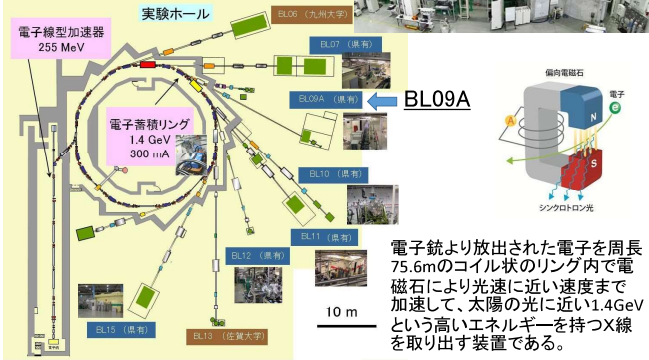
佐賀県有ビームライン BL09A 白色軟エックス線を使用します

12

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

佐賀県立・九州シンクロtron光研究センター

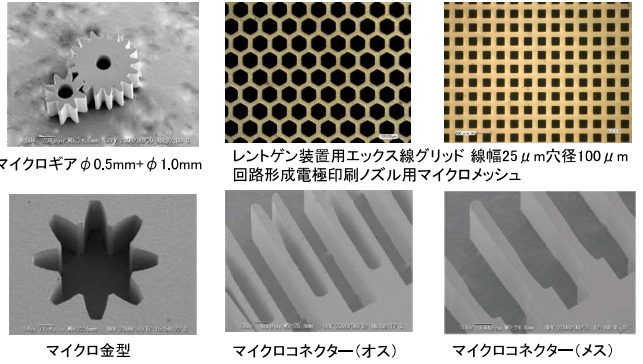
佐賀県有ビームライン BL09A
白色軟X線を使用します



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

新技術による試作品

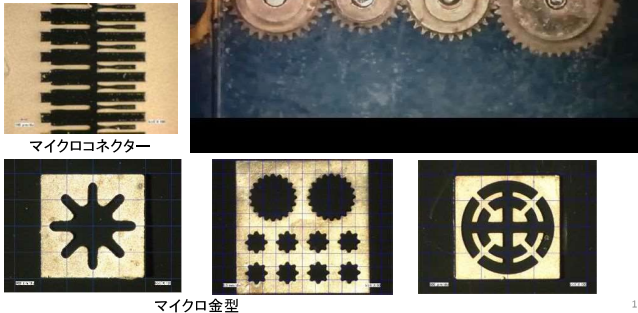
■ 当社研究開発グループ製作 電鋳めっきで作ったナノ部品



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

新技術による試作品 4連結駆動ギア

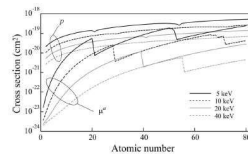
直径0.5~1.0mmのギアを4連結し時計のモーターで回転させるメカを作りました



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

食品検査装置向けX線異物検出デバイスの開発

H28~H30年 佐賀県リーディング企業創出支援事業に採択されて
産総研つくばと共同研究開発



食品検査でクリームが多いのは、骨片、種、鶏肉軟骨、穀物中の砂、ビニル、プラスチックなど

X線吸収による画像化では限界あり
数百倍感度の高いX線位相を画像化する
X線位相コントラスト法の開発を目指す
そのキーデバイスが、X線回折格子

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

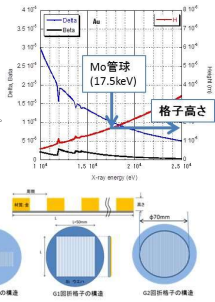
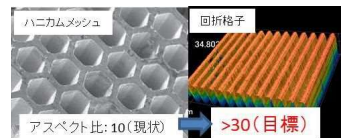
研究開発のポイント

1. 位相コントラスト型食品検査機に最適な格子デバイスの光学設計

食品検査機のX線エネルギー(17.5keV)と光学配置、格子材料(Au)の光学定数から、最適格子のパラメータ(間隔、高さなど)を決定

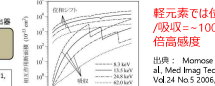
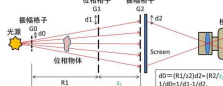
2. 高アスペクト比、高分解能格子デバイス製作(佐賀LSでのLIGAプロセス)

放射光照射条件(強度、時間)、めっきプロセス(電力、溶液pH、温度)の最適化



3. X線位相コントラスト干渉光学装置と画像復元

S/N良い画像取得のための最適光学系設計と位相情報を復元するアルゴリズムの構築

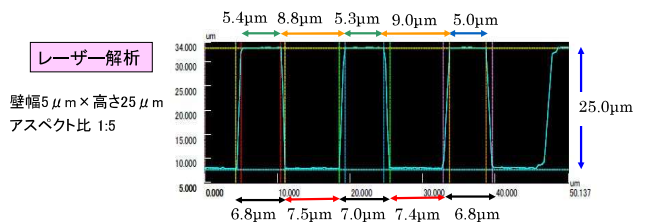
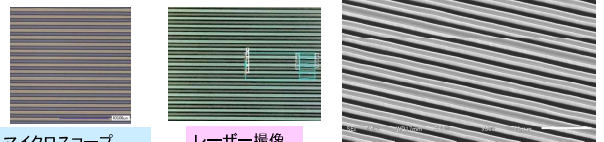


軽元素では位相/吸収=1000倍高感度
出典: Momose et al, Med Imag Tech Vol 24 No 5 2006, p159

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

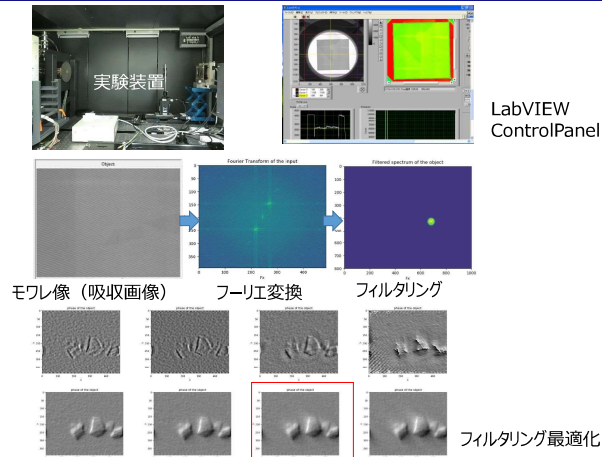
UV 露光装置によるテスト露光

試作したX線格子デバイスを使用する
テスト露光



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

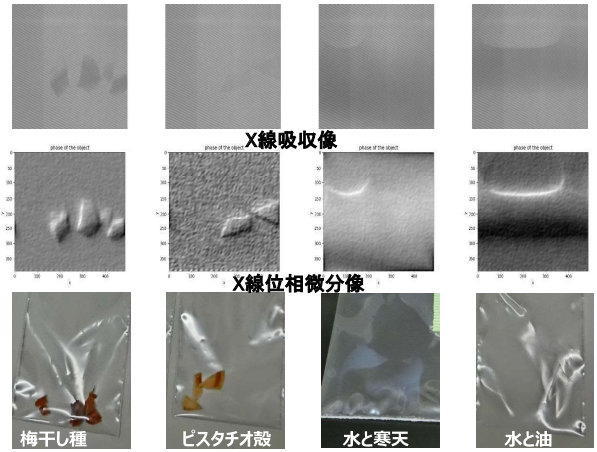
Talbot干渉原理による位相測定



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

19

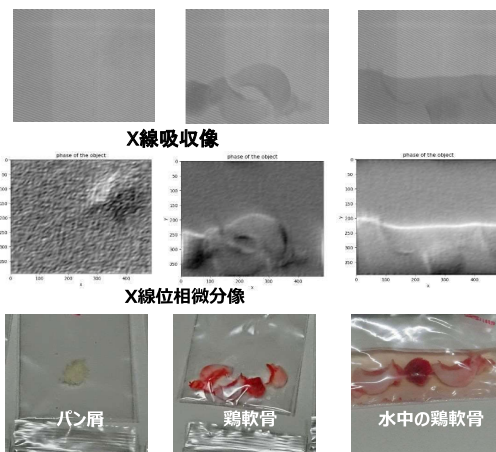
X線位相微分解析による撮影



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

20

X線位相微分解析による撮影



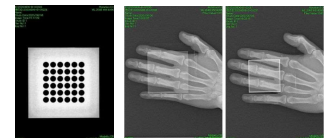
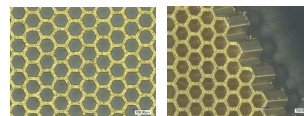
Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

21

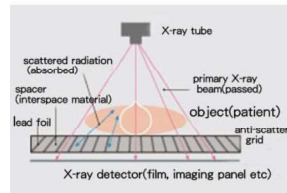
医療用X線画像診断装置向け低被爆・高性能X線グリッドの開発

ハニカムメッシュアスペクト比 1 : 14
壁厚25 μm × 高さ350 μm

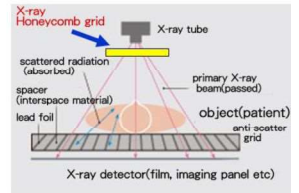
医療用X線画像診断装置向け
低被爆・高性能ハニカムX線グリッド



Current diagnosis



New method

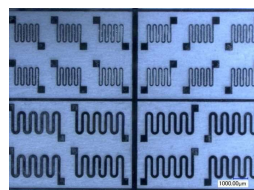
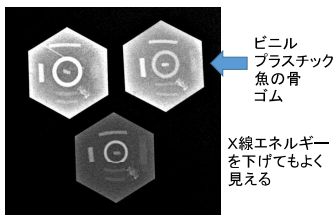
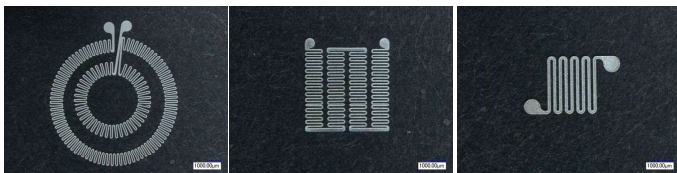


Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

22

応用技術による医療用センサーの開発

- 九州大学と共同開発中の血流センサー・歪みセンサー



X線グリッドによるX線撮影テスト

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

23

医療技術の進歩



Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

24

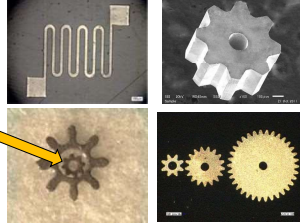
事業化への道

各種ナノテク関連
国際展示会への出展

- 国際ナノテクノロジー総合展
- MEMSセンシング&ネットワークシステム展
- MEDICA国際医療機器展(ドイツ)
- 世界中小企業総合展(香港)

世界初のマイクロマシン
メーカーを目指す

- ・医療用マイクロセンサーパーツ
- ・X線用マイクロハニカムメッシュ
- ・**世界最小ギヤ** 直径φ0.1mm
- ・マイクロギア連結・磁気駆動メカ
- ・iPS再生医療用マイクロニードル
- ・人工臓器の開発(人工心臓他)



25

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.

新たな挑戦

戦後のものづくりは日本の
成長・繁栄を支えてきた

- ・良いものを作れば売れた時代
- ・便利さ、高機能が成長に繋がった
- ・生活が一変して社会が変貌した

これからは自ら市場を生み
出していくコトづくり

- ・すでに現代の生活はもので飽和状態
- ・必要なコトを生み出す技術はなにか
- ・価値を高めるコトの付加価値を創造
- ・ニーズに合った技術のカスタマイズ

- ・弊社のコトづくりは、見えないものを見るようにして命を守るコト
- ・働き方や働く意義が変わっている世の中に必要なコトを考える
- ・欲求が変わり、欲しいと思うものがなくなり、欲望はコトに向かっている

そのための自社にとっての
コトづくりとは？

26

Explanation is finished.

ご清聴ありがとうございました。

今後ともどうぞよろしくお願い致します。



27

Copyright © 2020 Taguchi Denki Kougyou Co.,Ltd All Rights Reserved.