

第Ⅳ章 ナノテクノロジー・材料分野

Chapter 4 Nanotechnology and Materials

カーボンナノチューブ、酸化チタン光触媒、酸化物半導体、強相関エレクトロニクスなどに代表される世界トップレベルの成果を今後とも創出するため、ナノエレクトロニクス、ナノバイオテクノロジーなどの領域の研究開発などの分野における技術移転。

Technology transfer in such fields as R&D in areas of nano-electronics and nano-biotechnology, for the purpose of continuously creating world-leading performance, including carbon nanotubes, titanium oxide photocatalysts, oxide semiconductors, strong correlation electronics, etc.

Nanotechnology and Materials

Semiconductor devices, Electron devices, Information processing technology

Semiconductor manufacturing system based on microwave excited high density plasma

Keyword: Microwave Excited High Density Plasma, Very Low Electron Temperature, Radial Line Slot Antenna(RLSA)

Organizations Involved

- Tadahiro Ohmi, Professor, New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University
- Tokyo Electron Ltd.

[Abstract]

New radical reaction based semiconductor manufacturing system was developed using the large diameter microwave excited high density plasma equipments. It becomes possible to realize the high performance 3D devices because a high quality gate insulator can be formed on all the oriented silicon surfaces with very low formation temperature using this system, while conventional thermal oxidation can form high quality oxides only on Si(100) surface.

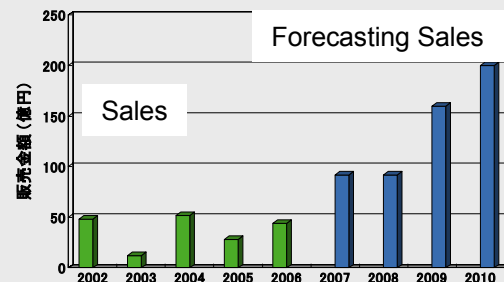
[Summary of the technology transfer]

●Technological Impact

- The problems of conventional plasma equipments such as metal contamination and charge-up damage are overcome very well in the microwave excited high density plasma equipments with very low electron temperature.
- New radical reaction based semiconductor manufacturing technology
 - Very high quality gate insulator (suppression of 1/f noise level more than 2 orders of magnitude and a reduction of gate leakage current of more than 3 decades)
 - High quality gate films can be formed on all the oriented silicon surfaces
 - The way to realize high performance three dimensional device structures
 - Introduced in LOGIC device, DRAM, FLASH memory formation processes

●Market Impact

The achievement of sales was over ¥10 billion and the forecasting of sales will be over ¥10billion/year



Project Background

The research of plasma using RLSA was started from 1995. In order to develop the market of semiconductor manufacture, Trias SPA was started at Tokyo Electron Ltd. from 2000.

This equipment has been introduced in famous semiconductor manufacturer over the world from Dec. 2001.



Trias® SPA

The CVD and RIE equipments using the microwave excited high density plasma technology will be mass-produced.

Funding History

1. NEDO "Technical development of energy-saving semiconductor manufacturing system based on microwave excited high density plasma technology" 2003-2006.
2. MEXT Grant-in-Aid for Specially Promoted Research (project No. 18002004) 2006-

Intellectual property protection

Patent: Japan 7, overseas 44, No. 3384795
 Published patent applications :
 Japan 83, overseas 133
 WO2002/80252(PCT)
 Design application in Japan 3

Turning point in the Project

The necessary basic research, applied research and development have been carried out at the same time by Tohoku University and Tokyo Electron Ltd. together. Therefore, it is possible to realize the practical and commercial use in a very short time without the influence of "death valley".

連携機関

- 東北大学未来科学技術共同研究センター教授 大見 忠弘
- 東京エレクトロン(株)

【要 約】

大口径・温度高密度プラズマ処理装置を用いて、現状の分子反応ベース半導体生産方式に替わる、ラジカル反応ベース新半導体生産方式を創出した。マイクロ波励起超低電子温度高密度プラズマによって、ゲート絶縁膜形成をこれまでまったく不可能であった低温のプラズマプロセスで可能にし、従来の熱酸化膜に対し、高品質な絶縁膜を形成できるとどまらず、シリコンのすべての面方位にゲート絶縁膜形成を可能にすることで3次元トランジスタへの道を拓いた。

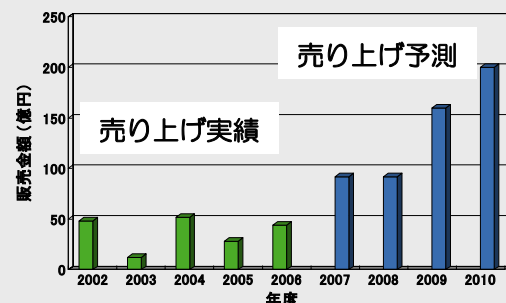
【技術移転の概要】

●技術への貢献

- ・現状のプラズマ装置の欠点（金属汚染、チャージアップダメージ等）をマイクロ波励起超低電子温度高密度プラズマにより克服
- ・ラジカル反応ベース新半導体生産方式
ゲート絶縁膜の高品質化（1/f 雑音 2桁以上低減・リーク電流 3桁以上の低減）あらゆる面方位のシリコン表面に高品質な絶縁膜形成可能
→3次元構造トランジスタに道を拓いた
LOGICデバイス・DRAM・FLASHメモリのプロセスに採用。

●市場への貢献

100億円以上の売り上げ実績
今後、100億円/年以上の売上予測



産学官連携のきっかけ

1995年より、東北大学においてRLSAプラズマ研究をスタートし、半導体プロセスへの適用を考え、2000年より東京エレクトロン(株)にて、Trias SPAの開発をスタートした。

ファンディングの推移

H10年補正予算の後、1.H14~H17 NEDO「マイクロ波励起高密度プラズマを用いた省エネ型半導体製造装置の技術開発」 2.H18~ 文科省特別推進研究「超高速・超停消費電力バランスドフルCMOSシステムLSIの研究開発」

知的財産保護の経緯

特許取得：国内7件、海外44件
日本特許第3384795号
特許出願：国内83件、海外133件
WO2002/80252 (PCT)
意匠出願：国内3件

平成13年度12月市場へ
全世界主要デバイスメーカーへ納入



Trias® SPA

CVDやエッチング等様々な半導体プロセス装置に応用し、販売開始予定

成功・失敗の分かれ道

- 事業化に必要な基礎研究・実用化研究・開発を東北大学と東京エレクトロン(株)が一体となり同時並行で行った。
- そのため、研究・開発と実用化・事業化の間に存在する「死の谷」の影響が無く、短期間に実用化・事業化が可能であった。

Organic LED Lighting - Organic Electronics Valley Project -

Keyword: Seeds from University, Collaboration with Local Companies, Birth of New Industry

**Organizations
Involved**

- Junji Kido, Professor, Yamagata University
- Junji Kido, Director General, Research Institute for Organic Electronics,
- Matsushita Electric Works, NEC Lighting, Koizumi Lighting, Mitsubishi Heavy Industry and etc.



J.Kido

[Abstract]

In Kido laboratory, organic semiconductor materials and devices have been developed. The first white-light-emitting organic light-emitting devices (LEDs) was developed in 1993, and the efficiency and lifetime of the white Organic LEDs have been improved. Cooperation with Research Institute for Organic Electronics, founded by the Yamagata Prefectural government, organic lighting fixtures have been developed and commercialization of such new light sources is to be realized.

[Summary of the technology transfer]

●Technological Impact

- Developed new organic semiconductors with high mobility and new luminescent organic materials with high quantum efficiency.
- Developed white OLEDs having long lifetime.
- Developed new production process.

●Market Impact

- The potential market size of organic lighting is nearly 10 billion US dollars world wide.
- Materials makers, equipment makers, semiconductor makers in Japan can participate in the market.

●Social Impact

- Contribution to energy saving and the reduction of the emission of carbon dioxide.
- No mercury is used.
- Environmentally friendly lighting devices.

●Special Features of the Collaboration

- The first example of the cooperation between the local government and the national university to develop new technology for the local industry.
- Formation of industrial valley is expected.

Project Background

In 2003, the Governor, Kazuo Takahashi, of Yamagata prefecture decided to invest about 40 million US dollars to the project “Yamagata Organic Electronics valley” and founded the research institute for organic electronics.

Funding History

1. “Efficient Organic Device Project” by NEDO(2002-2006)
2. “Organic Lighting Project” by NEDO (2004-2006)

Intellectual property protection

Patent application: 15patents(domestic), 1patent(overseas)
organic light-emitting devices and organic LED lighting fixtures. 2006-177305

White Organic LEDs

White OLED was invented by Kido.



Organic Lighting Fixture

The first lighting fixture in 2005.



Equipment for Manufacturing

The low cost equipment in 2005.



Turning point in the Project

- Leadership and decision by the governor.
- Technologies demanded by the local industry.
- The existence of university professor who can do research and development and coordinate projects.

連携機関

- 山形大学大学院教授 城戸 淳二
- 山形県産業技術振興機構 有機エレクトロニクス研究所 所長 城戸 淳二
- 松下電工(株)、NECライティング(株)、コイズミ照明(株)、三菱重工(株)など



城戸教授

【要 約】

城戸研究室では、有機半導体デバイスである有機EL素子の材料開発からデバイス開発まで行っている。93年に世界に先駆けて白色有機EL素子の開発に成功し、その後、高効率化、長寿命化することに成功し、山形県が設立した有機エレクトロニクス研究所と連携し、共同研究参画企業とともに有機EL照明の実用化に取り組んでいる。

【技術移転の概要】

●技術への貢献

- ・移動度の高い有機半導体材料、発光量子収量の高い有機発光体を開発した。
- ・長寿命有機EL素子を開発した。
- ・低コスト量産方法を考案し、量産実証機を開発した。

●市場への貢献

- ・白色有機EL素子は、次世代照明、光源として期待され、将来的に照明の世界市場9兆円を有機ELで置き換えることが予想される。特に、国内産業の強みである材料化学、半導体、装置、業界に対して極めて大きな市場を提供することになる。

●社会への貢献

- ・効率の低い電球や蛍光灯を置き換えることで省エネ効果が期待でき、二酸化炭素排出量の削減に大きく貢献できる。また、水銀を用いる蛍光灯を置き換えることにより環境に対する負荷も減少し、環境にやさしい光源となる。

●連携体制の特長・波及効果

- ・国内で初めて大学と県が連携し、大学初のシーズを実用化するための技術を開発する拠点研究所を設けた。有機エレクトロニクスバレー構想は、一般的な工場誘致型ではなく米国シリコンバレーのような大学中心の技術開発型のバレー構想であり、国内において新しい形での地域産業の活性化のモデルとなりうる。

産学官連携のきっかけ

有機エレクトロニクス研究所は、2003年に当時の高橋知事が、大学での有機ELの成果を地域に還元する目的で7年間で43億円の予算を付け設立した。

ファンディングの推移

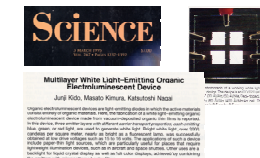
1. 平成14年～18年 高効率有機デバイスの開発 (NEDO)
2. 平成16年～18年 照明用高効率有機EL技術の研究開発と実用化先導調査研究 (NEDO)

知的財産保護の経緯

特許出願：国内15件、海外1件
「有機エレクトロルミネッセンス発光装置及び有機エレクトロルミネッセンス照明装置、特願2006-177305」

白色有機EL素子

世界初の積層型白色有機EL (1995)



有機EL照明器具

世界初の照明器具試作品 (2005)



パネル量産装置実証機

世界初の大型量産実証機 (2005)



成功・失敗の分かれ道

- 行政トップである知事のリーダーシップの発揮
- 地域企業が利用でき、県外企業に対しても魅力のある研究開発テーマの設定
- バレー構想を企画、提案、実行できる大学教授の存在

“PLAGENOM”: Detection of Product Records for Plastics & Materials

Keyword: Code Detection Substance, Optical Detection System, Plastics and Materials

Organizations
Involved

- Dr.Yoshihito Miyako, Emeritus Professor, Osaka University
- Dr.Shozo Yanagida, Emeritus Professor, Osaka University
- Dr.Yasuo Kanematsu, Professor, Osaka University
- Mr.Shinya Fukui, President & CEO,Hexa Chemical Co.,Ltd.



Dr.Y.Miyako



Dr.S.Yanagida



Dr.Y. Kanematsu



Mr.S.Fukui

【Abstract】

Mr.Fukui proposed a system ,“PLAGENOM”, in which a trace amount of a substance added to materials will act a cipher to retrieve necessary information.
In 2001,Dr.Miyako advised collaborative research with Dr.Yanagida for Substance and Dr.Kanematsu for Optical Detection Mechanism to test that “PLAGENOM” is practical.
In 2006,handy-type system product was adopted by a global company to distinguish imitations from their genuine products, and this system will be applied in their business soon .

【Summary of the technology transfer】

●Technological Impact

This project has established competitive technology in which a trace amount of substance added to materials will give the cipher function to retrieve necessary information at any part of materials. Because, a substance is distributed at all part of materials
After collaborative research with Osaka university to prove the feasibility of the concept, Hexa Chemical has completed the application to search substances and develop the system product within 5 years.

●Market Impact

In 2006, handy-type system product was adopted by a global company to distinguish imitations from their genuine products, and this system will be applied in their business soon. Contribution to their global competitiveness is fully expected.

●Social Impact

Imitation products are a great problem for global industrial activity. This system has great potential as an excellent countermeasure for this problems.
This system will have a great impact , not only on Japanese industry in global activity in competitiveness, but also on global fair trade or on our daily life to keep safety from danger.

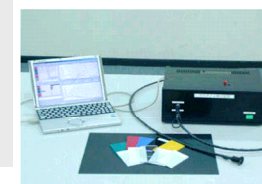
●Special Features of the Collaboration

- Co-creation through joint collaboration fusing one distinguished system concept from industry and two excellent academic activities from separate faculties.
- Coordinator’s support in getting public research funds for the stage of research & development

Project Background

Hexa Chemical, SME founded in 1970 has been searching for innovative business.
“PLAGENOM” is one of the new business.
The joint project was launched getting the proposal-based research funds in2002 through joint work with the coordinator.

Development to Product



PLAGENOM
Detection
System

Funding History

2002:Full support public funds to test the system and develop the proto-type system.
2003:Partial support public funds to search for substances and develop system.
2004:Public funds for SME to develop the proto-type device for handy-type product



PLAGENOM
Proto-type
Device for
Handy-type
Product

Intellectual property protection

- Japan (Approved):
Application for thermoplastics
- International (Application Stage)
Application for thermoplastics
Detection system
Joint application with other systems



PLAGENOM
Handy-type
Product

Turning point in the Project

- Distinguished product concept and business model from industry
- Co-creation through joint collaboration of academia and Industry
- Public research funds appropriate to the stage of research & development
- Joint work with the coordinator in funding and marketing

目に見えない物質をバーコードとするプラゲノムシステムの商品化

キーワード： 識別物質・光学検出機構・プラスチック

連携機関

- 大阪大学理学研究科 都 福仁（名誉教授）、兼松 泰男(教授)
- 大阪大学工学研究科 柳田 祥三（名誉教授）
- (株)ヘキサケミカル 代表取締役社長 福井 眞彌



都 福仁
名誉教授



兼松 泰男
教授



柳田 祥三
名誉教授



福井 眞彌
社長

【要 約】

プラスチックの着色剤供給を事業としている(株)ヘキサケミカル 福井社長の「目に見えない特殊な識別物質を材料に添加しこれを読み取る技術（プラゲノム構想）」に対して工学研究科の識別物質に関する研究成果と理学研究科の分光分析の精度を向上する研究を融合させた共同研究を通じて構想の実用性を検証し、その後約5年間の応用研究の結果、某大手企業の真贋判定を目的とした分野に採用された。今後同社内で応用技術の更なる高度化が図られ、近々、実市場で実用が図られる予定。

【技術移転の概要】

●技術への貢献

ナノレベルの超極微量の識別物質をプラスチックに含有させ、物質固有の光学特性を活用して、超極微量の物質を検出する感度を向上させる研究との融合により、検出測定部分を特定する必要がなく、製品のどの部分でも識別できる画期的な技術（プラゲノム）の確立に、共同研究着手5年で成功。

●市場への貢献

この技術は、平成18年10月1日、某大手企業でグローバルな商品の真贋判定を目的とした分野に採用された。同社内で応用技術の更なる高度化が図られ、近々、実市場で実用化が図られ、大手企業の国際競争力に大きく寄与するものと期待されている。

●社会への貢献

産業界における模倣品対策やトレーサビリティは、今後、グローバルな課題であり、この技術の普及により、日本企業・産業界の国際競争力強化につながるのみならず、国際的な公正取引に対して寄与する可能性を秘めている。

●連携体制の特長・波及効果

(株)ヘキサケミカル 福井社長の「プラゲノム」構想に対して、都名誉教授の発想による、工学研究科の識別物質研究と理学研究科の光学的分析の精度向上を目的とした研究という二つの研究の融合による共同研究を、産学官連携コーディネーターがフェーズに沿った競争的研究資金獲得の支援を行い成功に寄与した。

産学官連携のきっかけ

- ・(株)ヘキサケミカルの福井社長のプラゲノム構想に識別物質と光学研究の融合を都名誉が発想。
- ・具体的な進め方、取り分け競争的資金の獲得をコーディネーターが支援した。

ファンディングの推移

- 1.平成14年度 プロトタイプ機開発
地域新生コンソーシアム研究開発事業
- 2.平成15年度 実用機開発と識別物質開発
大学発事業創出実用化研究開発事業
- 3.平成16年度 実用小型機の開発
地域新規産業創造技術開発費補助金 他

知的財産保護の経緯

特許取得：国内1件
「熱可塑性プラスチックおよびその製法」特許番号3742642号
特許出願：国内14件、海外27件
「情報提示物質含有材料、およびその識別方法、識別システム並びに識別装置」他

各ステージで開発した装置



光学検出
実用機



実用小型
機のプロ
トタイプ



最新の
実用機

成功・失敗の分かれ道

- 産業界の明確な技術創成発想、確固たる事業構想が提示されたこと。
- それを受け止めて二人の研究者の研究成果・活動との融合。
- 研究課題・ステージに即した競争的研究資金の獲得。

Nanotechnology and Materials

Semiconductor devices, Electron devices, Information processing technology

Development of Room Temperature Nanoimprint and Commercialization of Nanoimprint Apparatus

Keyword: Quick patent and commercialization, Mutual trust and harmonious coexistence with local businesses, Regional industry promotion

Organizations Involved

- Shinji Matsui, Professor, University of Hyogo, LASTI
- Kozo Akada, President, Meisho Kiko Co.



S.Matsui



K. Akada

【Abstract】

University of Hyogo IASTI have developed “ Room Temperature Nanoimprint Technology” and a 2 inch Nanoimprint apparatus was commercialized from Meisho Kiko Co. in February 2004, which was developed by collaborative project through JST “original modeling business project in June 2002”. That is the first commercial Nanoimprint apparatus in Japan.

【Summary of the technology transfer】

●Technological Impact

Nanoimprint technology developed by Prof. Chou I in 1995, in which resist patterns are fabricated by deforming the physical shape of the resist by hot embossing with a mold. We have developed Room Temperature Nanoimprint without resist heating over a glass transition temperature. Furthermore, Nanoimprint apparatus with a high precision was developed and commercialized.

●Market Impact

A 2 inch Nanoimprint apparatus was for the first time commercialized in Japan in 2004. The apparatus was designed for nanotechnology researchers for Academia. The cost was 6 million Yen. The numbers of sales for 2004 was 5 and The most customers were Industrial Institutes against the odds. A 4, 6, 12 inch and roller apparatuses were successively developed. The performance of sales were 24 in March 2007.

Project Background

We asked Meishyo Kiko Co. to commercialize Nanoimprint apparatus developed in our labs.. Because Meishyo Kiko Co. is in contact on a routine basis with us.

Funding History

1. JST :“ Original modeling business” in the year 2002
2. Hyogo Prefecture: “ COE program promotion business” in the year 2005

Intellectual property protection

Applications of Patents
“Room temperature nanoimprint”
Patent no. 2001-293718
“High precision press machine”
Patent no. 2003-205423

Nanoimprint Apparatus

(Meishyo Kiko Co. NM-041)



Imprint resolution: 50 nm

Turning point in the Project

- Product development and business modeling with market shift.
- Relationship of mutual trust between industry and academia.

室温ナノインプリント技術開発とナノインプリント装置の製品化

キーワード：「ナノインプリント」新技術の早期特許化および製品化・地元企業との信頼関係および共生・地場産業振興

連携機関

- 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所教授 松井 真二
- 明昌機工(株) 社長 赤田 浩三



松井教授



赤田社長

【要 約】

兵庫県立大学高度産業科学技術研究所は、「室温ナノインプリント技術」を開発し、2002年6月に兵庫県の明昌機工(株)と共同で科学技術振興機構の「独創モデル化事業」に課題名「インプリント技術を用いたナノメートル構造一括転写装置」で応募し、採択された。2004年2月に、国産初の2インチ一括転写ナノインプリント装置の製品化に成功、販売を開始した。

【技術移転の概要】

●技術への貢献

1995年にChou教授が提案・実証したナノインプリント技術は、熱ナノインプリントと呼ばれ、熱可塑性樹脂が軟化するガラス転移点以上に加熱し、モールド加圧により、ナノパターン転写が可能となる。我々は高精度・高スループットを目的として、SOGを用いた室温ナノインプリントを世界で初めて提案・実証した。室温ナノインプリントを実現できるナノインプリント装置には高精度のプレス技術が要求されるため、高精度ナノインプリント装置を新規開発し、市場への製品販売を行った。

●市場への貢献

国産初となる2インチウエハー対応ナノインプリント装置NM-0401の販売ビジネスモデルとして、購入者を大学のナノテクノロジー研究者にターゲットを絞り、装置購入価格を600万円に設定した。2004年度の販売台数は5台を超えたが、予想外に購入者は企業の研究所が中心であった。その後、4インチ、6インチ、12インチ、ローラタイプと製品の多様化を計り、国内のナノインプリントを利用したIT、バイオ、環境デバイス産業振興への貢献を果たしている。室温ナノインプリント技術の有用性も徐々に認められつつあり、パターンドメディア等への展開が期待できる。2007年3月時点で24台のナノインプリント装置販売実績がある。

産学官連携のきっかけ

日頃から、大学の研究室の実験装置試作をお願いしていた地元の明昌機工(株)が、自社製品開発を模索していることを知り、研究室で自主開発していたナノインプリント装置の製品化をお願いした。

ファンディングの推移

1. JST 独創モデル化事業
2. 兵庫県COEプログラム推進事業

知的財産保護の経緯

特許出願：国内2件、
「室温ナノインプリント、
特願2001-293718」
「高精度プレス機、
特願2003-205423」

ナノインプリント装置

(明昌機工(株) NM-0401)



50nmパターン一括転写が可能

成功・失敗の分かれ道

- 社会ニーズに合った製品開発と、市場を見たビジネスモデルの構築。
- 企業と大学との信頼関係が第1で、技術移転で終わりではなく、製品開発の最後まで産学連携を貫き、製品が市場に出た喜びを企業の方と共有する。