

Nan☀️Integris

電氣的性質が均一な金属性及び半導体単層カーボンナノ
チューブ
およびグラフェンの世界有数のサプライヤー



純度
99%



光技術をサポートする
株式会社オプトサイエンス

<http://www.optoscience.com>

東京本社 〒160-0014 東京都新宿区内藤町1番地 内藤町ビルディング
TEL:03(3356)1064 FAX:03(3356)3466 E-mail:info@optoscience.com
大阪支店 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-7-2 新大阪ビル西館
TEL:06(6305)2064 FAX:06(6305)1030 E-mail:osk@optoscience.com
名古屋営業所 〒450-0002 名古屋市中村区名駅2-37-21 東海ソフトビル
TEL:052(569)6064 FAX:052(569)8064 E-mail:ngo@optoscience.com

製品

カーボンナノチューブ (単層カーボンナノチューブ)



IsoNanotubes-S™
半導体単層カーボンナノチューブ

直径範囲 1.2 nm-1.7 nm
長さの範囲 300 nm to 4 microns
金属触媒不純物 <1%
非晶質炭素不純物 1-5%
純度のオプション 90%, 95%, 98%, or 99%
形状 水溶液か界面活性剤フリーのパウダー
水溶液の色 ピンク



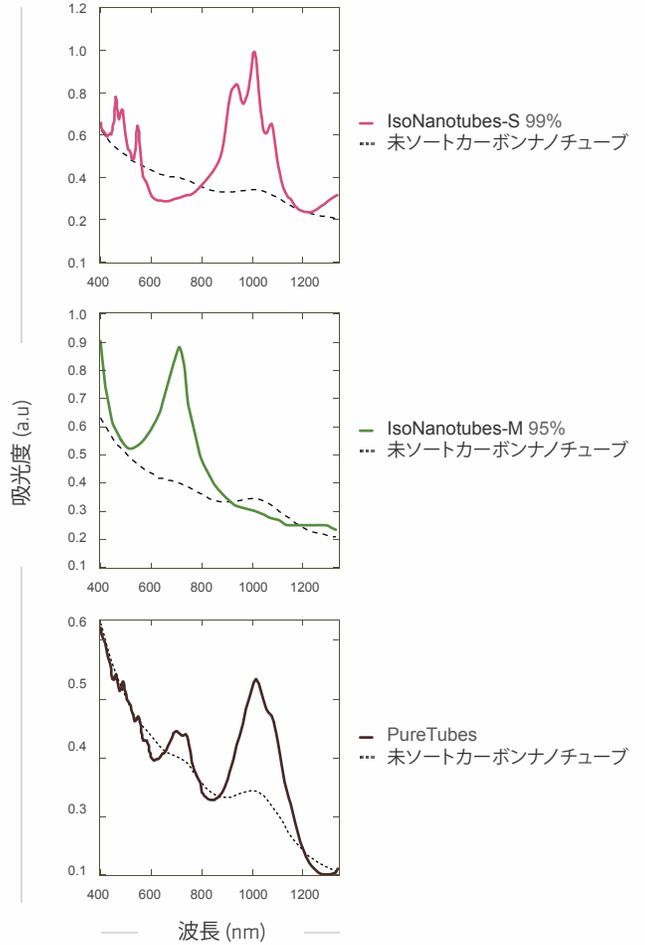
IsoNanotubes-M™
金属性単層カーボンナノチューブ

直径範囲 1.2 nm-1.7 nm
長さの範囲 300 nm to 4 microns
金属触媒不純物 <1%
非晶質炭素不純物 1-5%
純度のオプション 70%, 95%, 98% or 99%
形状 水溶液か界面活性剤フリーのパウダー
水溶液の色 緑



PureTubes™
超高純度・未ソートの単層カーボンナノチューブ

直径範囲 1.2 nm-1.7 nm
長さの範囲 300 nm to 4 microns
金属触媒不純物 <1%
非晶質炭素不純物 1-5%
形状 水溶液か界面活性剤フリーのパウダー
水溶液の色 グレー



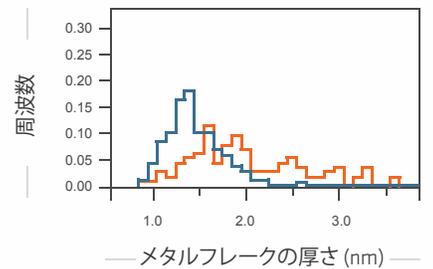
グラフェンナノマテリアル



PureSheets™ - リサーチグレード
グラフェンナノ片

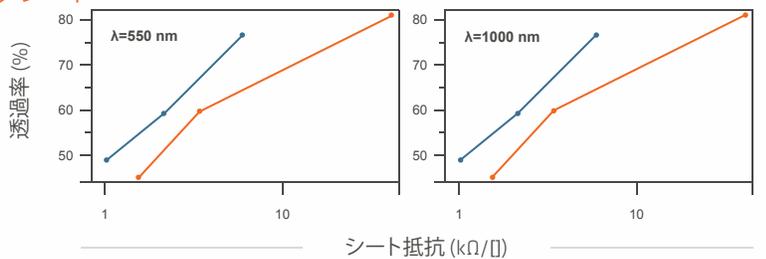
厚さ (中央値) 1.4 nm
濃度 2 mg/mL
形状 水溶液
溶液の色 グレー

- リサーチグレード
- インダストリアルグレード



PureSheets™ - インダストリアルグレード
グラフェンナノ片

厚さ (中央値) 1.7 nm
濃度 0.4 mg/mL
形状 水溶液
溶液の色 グレー



テクノロジー

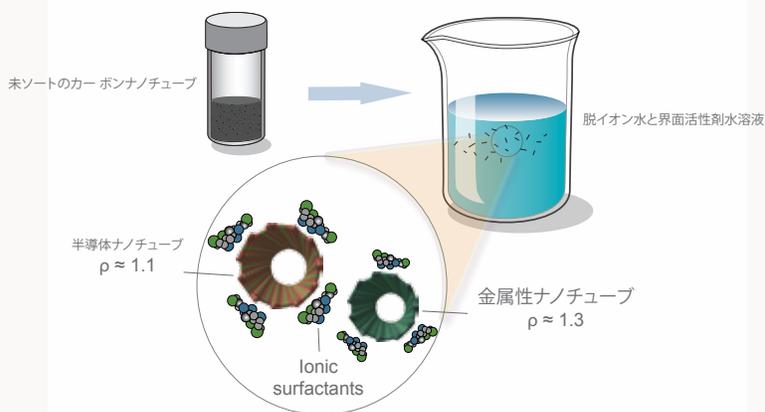
密度勾配超遠心分離(DGU)法の解説

概要: 当社はカーボンナノチューブ、グラフェン、そして他のナノマテリアルを光学的そして電気的性質を基に分別するテクノロジーを商業化するために設立されました。 DGU法を用いたこのテクノロジーはNorthwestern UniversityのHersam Research Groupによって開発されました。

プロセス

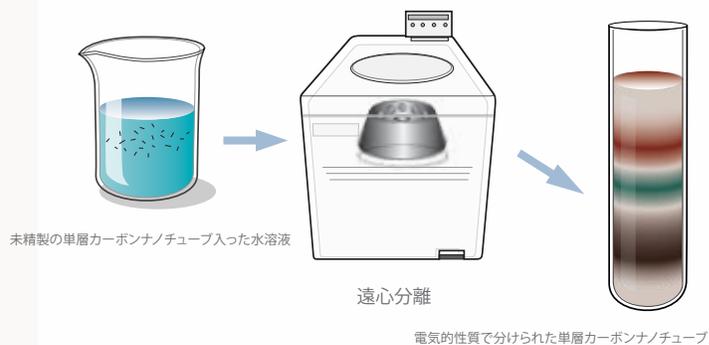
分散 ステップ 1

カーボンナノチューブを当社で独自にブレンドした界面活性剤とともに水溶液中に分散させます。異なる界面活性剤はそれぞれ種類の異なるカーボンナノチューブと選択的に結合し、個々のカーボンナノチューブの密度の違いが効果的に強調されます。



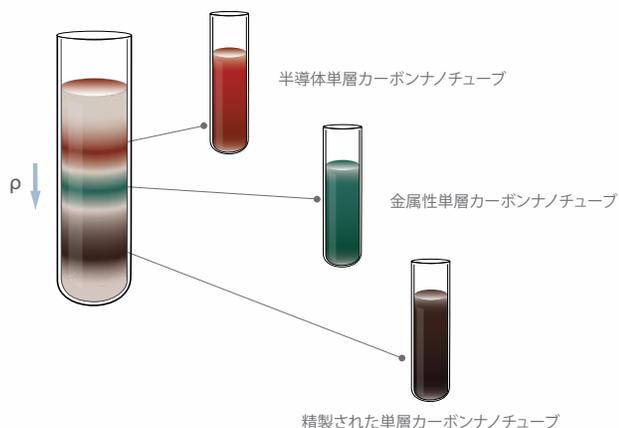
分離 ステップ 2

カーボンナノチューブが入った水溶液に密度勾配遠心分離を行います。遠心分離中に、界面活性剤に閉じ込められたカーボンナノチューブは等密度に応じてチューブ内で層を生成して分離します。



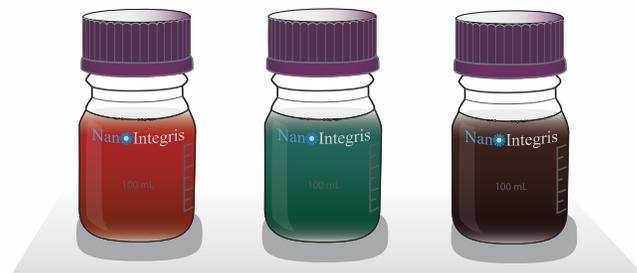
分別 ステップ 3

独自の分別法によりステップ2で分離させたカーボンナノチューブを分けます。



パッケージング ステップ 4

ご希望により、界面活性剤を取り除いた製品もご用意できます。ステップ3で選別した単層カーボンナノチューブは当社で品質チェックを行い適切に梱包されます。



純度99%の半導体単層カーボンナノチューブ

超高純度単層カーボンナノチューブ

純度99% 金属性単層カーボンナノチューブ

テクノロジー

技術的優位性

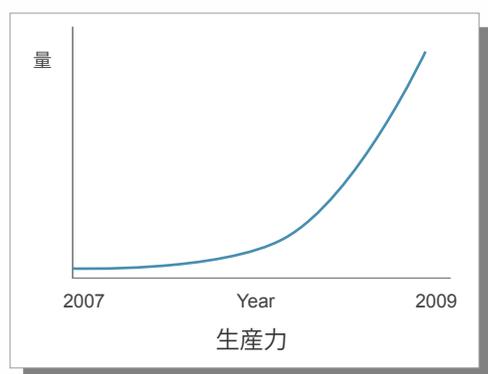
近年、高純度で性質が均一なカーボンナノチューブを生成するために、いくつかのテクノロジーが開発されてきました。当社のDGU法は他のテクノロジーに比べて経済的そして技術的に様々な優位性があります。

分別テクノロジー

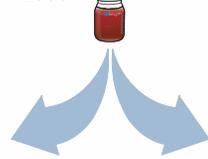
	DGU法	電気泳動法	ケミカルセレクション	電気破壊	クロマトグラフィー	選択成長
純度99%	✓				✓	
多用途	✓	✓				
大量生産が可能	✓	✓	✓	✓		✓
化学的な修正が不必要	✓	✓			✓	✓

大量生産

当社は2007年度から生産力を一万倍も増やしました。私たちの顧客やパートナーのニーズに応えるためにも、これからもコストパフォーマンスおよび生産性の向上に努めて参ります。



2006

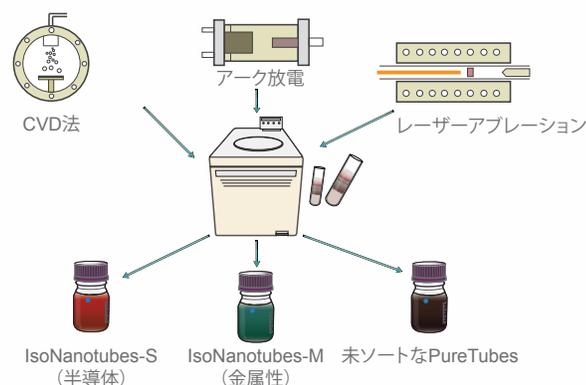


2010



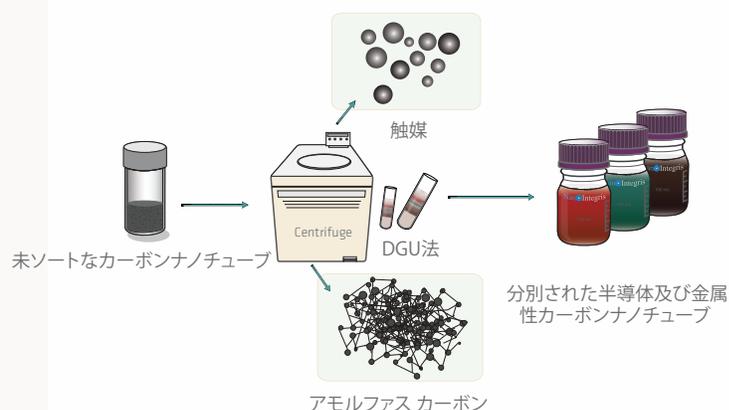
多用途

当社の分別テクノロジーは種類のカーボンナノチューブ生成技術（例：CVD法、アーク放電、レーザーアブレーション）に適用可能で、幅広い径や長さのカーボンナノチューブにも応用可能です。



純度

当社の分別技術の利点の一つは、カーボンナノチューブに付着している金属触媒やアモルファスカーボンなどの不純物を効果的に取り除くことです。



DGU法のハイライト

以下の学術雑誌は他の分別テクノロジーと比べてDGU法のアドヴァンテージとDGU法で分けられたナノチューブのアプリケーション例を載せています。



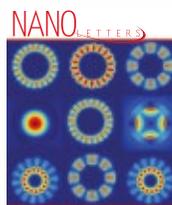
Sorting Carbon Nanotubes by Electronic Structure using Density Differentiation



アプリケーション: カーボンナノチューブ分別テクノロジー

引用 Arnold, M., et al., *Nature Nanotechnology* (2006), 1, 60-65.

要約: この文献によりDGU法はカーボンナノチューブの多分散の問題に関して技術的・商業的なソリューションだと位置づけられました。この文献は*Nature Nanotechnology*最も多く、引用されたものです。



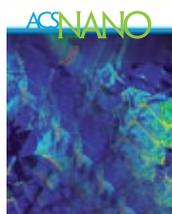
Wafer-Scale Fabrication of Separated Carbon Nanotube Thin-Film Transistors for Display Applications



アプリケーション: 有機発光ダイオード

引用 Wang, C., et al., *Nano Letters* (2009), 9, 12, 4285-4291.

要約: この文献は、ウェハスケールで生産されたカーボンナノチューブ薄膜トランジスタでつくられた有機発光ダイオードディスプレイの機能性を証明しています。当社のIsoNanotubes S 95%を使って、カリフォルニア大は高生産(9.8%以上)で、シート抵抗が小さく(25kΩ/sq)、高電流密度(10μA/μm)、そして高電子移動度(52 cm² V⁻¹s⁻¹)のトランジスタの作成に成功しました。このトランジスタはまた20μm以上のチャンネル長を持つデバイスで10.4以上のオンオフ比を確認しました。私たちのリサーチによると、以上で示された値は、あらゆる学術文献で報告された値の中で最も良いカーボンナノチューブトランジスタの値です。



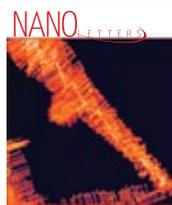
Thin Film Nanotube Transistors based on Self-Assembled, Aligned Semiconducting Carbon Nanotube Arrays



アプリケーション: トランジスタ

引用 Engel, M., et al., *ACS Nano* (2008), 2, 2445-2452.

要約: The IBM T.J. Watson ResearchとNorthwestern UniversityはDGU法で生成された半導体カーボンナノチューブから薄膜トランジスタを作ることに成功しました。カーボンナノチューブの半導体の性質を確認するために、DGU法で生成された同じカーボンナノチューブから8.3個のトランジスタを製作しました。8.3個中8.2個のトランジスタが半導体ナノチューブを含んでいると分かりました。この実験結果により、この物質の理論上の半導体の性質(9.9%)を確認する事ができました。



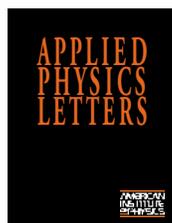
Colored Semitransparent Conductive Coatings Consisting of Monodisperse Metallic Single-Walled Carbon Nanotubes



アプリケーション: 透明導電膜

引用 Green, A., et al., *Nano Letters* (2008) 8, 1417-1422.

要約: 要約;この文献は、透明導電膜中のDGU法で生成された金属性カーボンナノチューブのパフォーマンスに就いて述べています。同様の透明度で、未ソートのカーボンナノチューブで作られた膜と比べて、この透明導電膜は可視スペクトラムで5.6倍そして近赤外光では10倍の伝導性があることがわかりました。



80 GHz Field-Effect Transistors produced using High Purity Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotubes



アプリケーション: 高周波数の電気デバイス

引用 Nougaret, L., et al., *Applied Physics Letters* (2009) 94, 243505.

要約: この研究では、純度9.9%の半導体カーボンナノチューブから電流利得遮断周波数が~15と~80 GHzの電界効果トランジスタを作成しました。この研究により、高周波数デバイスで高いパフォーマンスを実現するために、正確なナノチューブのアライメントは必要でないと確認されました。



Progress Towards Monodisperse Single-Walled Carbon Nanotubes



アプリケーション: カーボンナノチューブ分別テクノロジー

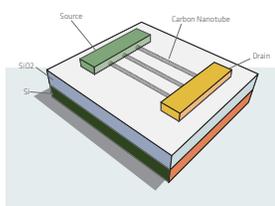
引用 Hersam, *Nature Nanotechnology* (2008) 3, 387-394.

要約: この文献では他のナノチューブ分類方法とDGU法を比較し、DGU法の長所をを紹介しています。DGU法の代表的なアドヴァンテージは以下に集約することができます:

- ✓ 実証済みの大量生産性
- ✓ 幅広い出発原料との互換性
- ✓ 可逆的官能化化学の応用
- ✓ 再現性

アプリケーション

当社の製品は広範囲のエレクトロニクス、エナジー、バイオメディカルテクノロジーの用途に役立てると信じています。当社のお客様やパートナーの研究成功例のいくつかを以下に集約しました。



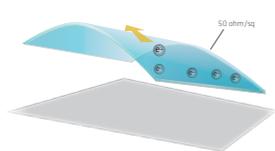
トランジスタ

IBM と the University of Southern California は 当社の IsoNanotubes-S を使って、今まで文献で報告されている中でオンオフ比と駆動電流が最もよい薄膜トランジスタを作成しました。



(Engel, M., et al., *ACS Nano* (2008), 2, 2445-2452.)

半導体カーボンナノチューブはハイパフォーマンス及び低コストの薄膜トランジスタデバイスで使われている従来の半導体にとって代わる可能性があります。近年、薄膜トランジスタはLCDとOLCDのバックプレーンに使われています。フレキシブルエレクトロニクス産業が進化するにつれ、薄膜トランジスタが様々な用途に使われると予想されます。

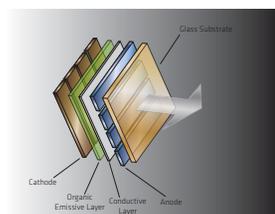


透明導電膜

カーボンナノチューブは透明導電体でITOの代替材料として期待されてきました。Northwestern University の研究者グループは透明膜で分別された金属性カーボンナノチューブがITOと同等レベルのパフォーマンスを出せることを確認しました (Green, A., et al., *Nano Letters* (2008) 8, 1417-1422.)。当社の IsoNanotubes-MI は加工性、柔軟性、弾力性そして真性伝導度が高いので透明導電膜のアプリケーションに適しています。

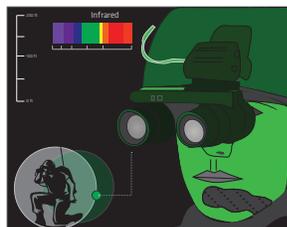


NORTHWESTERN
UNIVERSITY



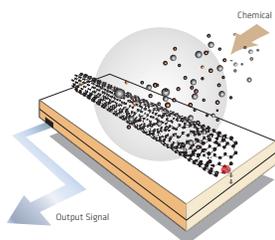
有機性発光ダイオード

有機性発光ダイオードは電力効率とコントラスト比の面で近年、注目を浴びています (Wang, C., et al., *Nano Letters* (2009), 9, 12, 4285-4291.)。The University of Southern California の研究者は当社の IsoNanotubes-S を使って薄膜トランジスタスイッチメカニズムを作成し有機性発光ダイオードを作ることができました。



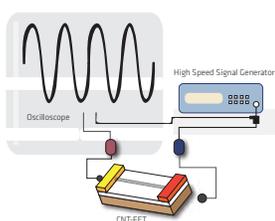
IRデバイス

大きい直径を持つ半導体単層カーボンナノチューブは赤外線吸収体や照射装置の用途に理想といわれています。高純度の単層カーボンナノチューブは近赤外領域で光伝導性と光ルミネセンスの性質があると確認されています。様々な軍事及び民間のアプリケーションに、IRセンサーやエミッタは適しています。



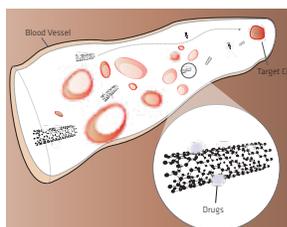
ケミカルセンサー

ケミカルセンサーは環境汚染スクリーニング、爆弾探知、製品特性管理、医療用と様々なフィールドで使用されています。気体やバイオモレキュールが単層カーボンナノチューブに接触すると、その電気的性質が変わることが確認されています。これらの電気的性質の変化は、抵抗器、トランジスタ、コンデンサで探知することができます。単層カーボンナノチューブの薄膜トランジスタでできたセンサーの特性は、分析物の表面被覆率に反応し、従来のセンサーは分析物の濃度に反応します。



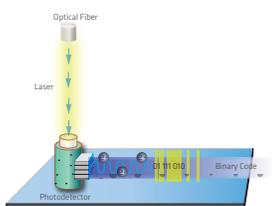
高周波数デバイス

高周波数デバイスは通信産業に画期的な変化をもたらすと期待されています。半導体単層カーボンナノチューブで作られた80GHz CNTFETは *Applied Physics Letters* (Nougaret, L., et al., *Applied Physics Letters* (2009) 94, 243505.) に報告されました。



ドラッグデリバリーと検出

半導体カーボンナノチューブはターゲット・ドラッグデリバリーの用途の可能性もあっていわれています。2014年までにこのマーケットは802億ドルの産業になると予測されています。従来のガン治療法に比べて、ナノテクノロジーが使われた抗がん剤は副作用を減らし、その効果を十分に発揮するといわれています。径が小さい半導体単層カーボンナノチューブは、セラピューティックIRウィンドウ領域でのその高い吸光度の性質を活かして、より良い抗がん剤の開発に使われています。



光デバイス

可飽和吸収素子などのフォトニックデバイスは超短パルスレーザーを生じさせるために、光スイッチ、光増幅器、ノイズ低減器、光リミッタ、そしてモードロッカーに使われています。これらのデバイスは、医療用レーザー、スペクトロスコープ、光通信にも広く使われています。フォトニックデバイスアプリケーションには非線形電気光学性質が高い物質が必要とされています。理想的に、これらの物質は、早いリスポンスタイムを持ち、広範囲の波長をを吸収し、そしてオプティカルロス低減する必要があります。当社の IsoNanotubes-S は以上で示された性質を持つ数少ない物質です。

会社概要

当社について

2006年10月にNorthwestern UniversityのMark Hersam教授の研究グループは*Nature Nanotechnology*に電気的構造によってカーボンナノチューブを分別するプロセスを発表しました。この文献の発表後、研究グループに世界中からサンプルリクエストが殺到しました。Mark Hersam教授はこの技術の商業化のチャンスを掴むべく、投資家及び起業家を募りました。2007年の1月に当社は設立されました。3年後、当社は世界中からのナノマテリアルのニーズに応えるため、大量生産を開始し、コストパフォーマンスの向上にも努めて参りました。今日、当社は世界中の有名大学の研究グループから大手企業に至るまで、製品の供給を行っております。



NORTHWESTERN
UNIVERSITY

Mark Hersam 共同設立者

Mark Hersam教授は当社の設立者で技術アドバイザーの職を務めています。Mark HersamはまたNorthwestern Universityでマテリアルサイエンス・エンジニアリング学部と化学学部で教授としても働いています。1996年にthe University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC)で電気工学の学士号、1997年にthe University of Cambridgeで物理の修士号、そして2000年にUIUCで電気工学の博士号を取得しました。1999年にIBMの奨学金を得てthe IBM T. J. Watson Research Laboratoryでのリサーチにも参加しました。Hersam教授の研究は様々で、単一分子化学、ナノ構造ファブリケーション、プローブ顕微鏡、半導体表面、やカーボンナノマテリアルなどです。Hersam教授はまた以下に示された様々な機関大学から表彰を受けました: the Beckman Young Investigator Award (2001), NSF CAREER Award (2001), ARO Young Investigator Award (2005), ONR Young Investigator Award (2005), Sloan Research Fellowship (2005), Presidential Early Career Award for Scientists and Engineers (2005), TMS Robert Lansing Hardy Award (2006), AVS Peter Mark Award (2006), Teacher of the Year Awards (2003, 2007)。Hersam教授はこれらの輝かしい成果のため、2006年にNorthwestern Universityで助教授から教授に昇進しました。



Jean Pfau 共同設立者・取締役役員

Jean Pfauは当社の共同設立者で取締役役員です。Jean Pfauは研究者としてのキャリアをCharmilles Technologiesで始め、電食の分野を開拓しR&Dの責任者と成りました。1970年代と1980年代の初頭、Charmilles TechnologiesでCEOを勤め、この分野での世界有数の企業に育てました。1992年にオンラインバンキングのSwissquoteを設立しそして2000年にIPOを実施し、2002年にSwissquoteから退職しました。1970年代と1980年代、the Council of the Swiss National Bankのメンバー、そしてthe Swiss Machine Associationのヴァイスプレジデントの職をも務めました。Jean Pfauはthe University of Genevaから'License en physiques'の学位を受けました。

Philippe Inagaki 共同設立者

Philippe Inagakiは当社の共同設立者で取締役会長です。彼はまたPolyera CorporationのCEOで設立者でもあります。Polyera Corporationの設立以前、バイオマテリアルや組み込み電子機器など、様々な分野の企業でのビジネスデベロップメントの職を務めました。米国で様々な大学を訪れ、たくさんの投資が見込まれる新しいテクノロジーを探したり、Northwestern's Kellogg School of Managementでは、起業に関する講演も行っています。Philippe InagakiはAllen Goodrich Shenstone PrizeをPrinceton Universityから受け、同大学から、物理学士号を受けています。

Dan Leven CEO

Dan Levenは長期的なテクニカル・ビジネスデベロップメント、知的財産権の開発、そして様々な日々の業務に関わっています。2007年の2月にビジネスデベロップメントマネージャーの職を始める以前に、ニューヨークにあるインターネットマーケティング会社のThe Kisco Group, Inc.でオペレーションマネージャーとして働いていました。企業のウェブサイトの様々なフィーチャーを収益化する戦略に成功し、一年で部所の収益を最大限にまで増やしました。Dan LevenはPrinceton Universityから哲学学士号を受けています。

Nathan Yoder 博士 プロダクトデベロップメントマネージャー

Nathan Yoder博士は、当社でR&D部門と生産部門の責任者です。過去2年、当社の生産能力を10000倍以上にし、新製品の開発そして継続的な製品の最適化にむけて努めています。Yoder博士はPurdue Universityからマテリアルサイエンス・エンジニアリングの学士号を受け、Northwestern Universityからマテリアルサイエンス・エンジニアリングの博士号を受けました。Yoder博士の研究トピックはナノテクノロジー、分子エレクトロニクスと走査型トンネル顕微鏡などです。彼の研究はPhysical Review Letters, the Journal of the American Chemical Societyやthe Proceedings of the National Academy of Scienceに掲載されています。Northwestern Universityではまた客員教授の職も務めています。

Elliott Garlock セールス・マーケティングマネージャー

Elliott Garlockは世界中の多種多様な企業、大学、研究機関との関係を開拓し、当社のビジネスデベロップメント・セールスの責任者です。Garlockの前職はオハイオ州シンシナティ市のP&G社でマーケティング部門で勤めていました。P&Gに就職する前は、ニューヨーク州のイサカ市で200万ドル規模の学生サービスを提供するStudent Agencies, Inc.の役員・プレジデントの職を勤め、7部門の200人以上の従業員の責任者でした。在職中に、企業の収益を14%、売上総利益の9%増加させました。GarlockはCornell Universityで学士号を取得しました。