



imecでは、世界的な企業がコンソーシアム形態で参画し、マイクロエレクトロニクスやナノテクノロジー分野の基礎研究を行っている。

## special report

# 「10 nm」の世界を測る

## ベルギー・imecの 次世代デバイス研究に参画

半導体の回路の線幅（最小設計寸法）は、

1980年代にサブミクロン（1  $\mu\text{m}$ =100万分の1 m以下）時代を迎え、

最近ではナノオーダーの65 nm（10億分の1 m）、45 nmへと進化、

さらに32 nm、22 nm以下の加工をめざして世界で研究開発が進められている。

こうした次世代の超微細加工の計測に欠かせないのが

測長SEM（Scanning Electron Microscope: 走査型電子顕微鏡）である。

世界で約80%に上るシェアを持つ株式会社日立ハイテクノロジーズは、

2005年からベルギーの国際研究機関imecにも最新の測長SEMを納入し、

imecと共同で「サブ10 nm」加工も視野に入れた計測システムの研究を行っている。

## 世界的なコンソーシアムで リソグラフィーを研究

imec（Interuniversity Microelectronics Centre）はベルギーの独立研究機関で、1984年の創設以来、3～10年先の産業界のニーズを見ずえて、マイクロエレクトロニクス、ナノテクノロジー分野における基礎研究を行っている。世界的な情報通信、デバイス、製造装置、材料関連企業などが参画し、オープンイノベーション型の研究が行われている。

2010年11月に東京で開催された「imec EXECUTIVE SEMINAR 2010」では、Luc Van den hove プレジデント・CEOが、近未来社会のイメージを示したうえでimecが取り組むさまざまなテーマを紹介。各研究リーダーからエネルギーシステム、ヘルスケアソリューション、スマートシステム（情報通信システム）、次世代デバイスなどの最新成果が報告された。

注目を集めた発表のひとつに、Kurt Ronse ディレクターによるEUV（Extreme Ultraviolet：極端紫外線）露光によるリソグラフィーがあった。

(左上) EUV研究用クリーンルーム(右上) 日立ハイテクノロジーズが納入した測長SEM S-9380 II (左下) Gilbert Declerck imec会長、(右下) 2010年11月「imec EXECUTIVE SEMINAR 2010」が東京で開催された。



リソグラフィーとは、シリコンウェーハに回路を形成する工程である。原理は写真と同じで、ウェーハ表面に感光剤(フォトレジスト)を塗布し、回路パターンを描いたマスクを通して光を照射して焼き付ける(露光)。焼き付けたパターンは腐食(エッチング)、不純物の打ち込み、酸化膜や金属膜の形成などの工程を経て回路に仕上げていく。

微細加工のカギは、マスクのパターンを大口径レンズで縮小してウェーハに投影する露光技術である。1980年代の大きな目標は、1  $\mu\text{m}$ を切るサブミクロン加工だった。この「壁」を破るには、それまで使われてきた波長436 nmの紫外線では十分な解像度が得られない。解像度を高めるには、より波長の短い光源が必要となる。そこで、波長365 nmの紫外線を用いるステッパー(縮小露光装置)の開発が進められたが、さらなる微細加工を行う装置開発には膨大な開発費を要するため、世界のデバイスメーカー、装置メーカー、レジストメーカー、材料メーカーなどがimecに集まって共同で開発を行うことになった。

200/300 mm 製造工程の研究開発を統括

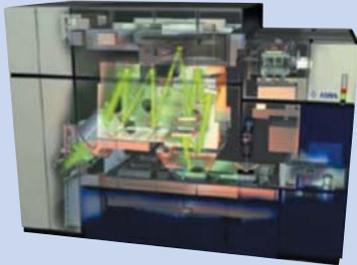
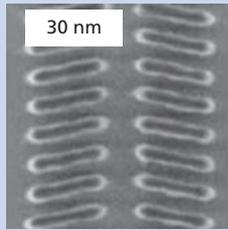
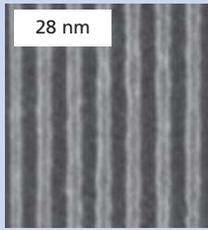
している imec のFPS 技術部門バイスプレジデントの Hans Lebon 氏は、「imec は独立した研究機関として特定のメーカーの意向に左右されない研究を行っていることが大きな特色です。1984年からデバイスの微細加工の研究をスタートし、デバイス、プロセス、材料、リソグラフィーの領域で研究を行ってきました。そのキーテクノロジーであるリソグラフィーで、imec は先端的なプロセスの開発に取り組んできました」と語る。

リソグラフィー研究を率いる Ronse ディレクターはこの分野の世界的な権威である。これまでに波長248 nm, 193 nmのエキシマレーザ(遠紫外線)による露光技術の開発で画期的な実績を上げてきた。

「エキシマレーザによるステッパーの開発により、線幅65 nm, 45 nmの実用化を実現できました。この開発と並行して、次世代リソグラフィーとして、15年以上前から、ウェーハを液体に浸すことで解像度を高める液浸露光技術、波長13.5 nmのEUVを使った露光技術の研究を続けており、液浸露光で線幅32 nm以下、EUVで22 nm以下の超微細加工の実用化に取り組んできました」



Luc Van den hove  
プレジデント・CEO



EUV (Extreme Ultraviolet) による微細パターン形成例



Hans Lebon バイスプレジデント



Kurt Ronse ディレクター

### ピコオーダーの「目」を持つ 測長SEM

リソグラフィーでは、超微細な回路が設計どおりに形成されているか、キズや歪みなどの欠陥がないかどうかを計測する装置が欠かせない。その計測装置が測長SEM (Scanning Electron Microscope: 走査型電子顕微鏡) である。試料の表面像を微細にとらえるSEM技術を応用して、回路の線幅などを精密に測定するもので、半導体工場の検査ラインに必須の装置となっている。

日立ハイテクノロジーズは1984年に測長SEMを製品化し、1988年から全世界に製品供給を開始した。現在、世界で約80%のシェアを確保している。

imecには、2005年から最新の測長SEM3台を順次納入。線幅32 nm, 22 nm以下の「次世代先端デバイス開発のための計測技術」の確立に向けて、3人の常駐スタッフを置いて新しいリソグラフィー手法、材料などに即した計測技術の共同研究と試作品の計測サポートを行っている。

Lebonバイスプレジデントは、「imecでは150 mm ウェーハ時代の1993年に日立の測長SEM (S-6200) を導入しています。その経験を通じて日立製品のクオリティ、信頼性を高く評価しており、300 mm ウェーハによる次世代先端デバイスの計測

技術確立のために、日立との新たなコラボレーションを開始することにしました」と説明する。

Ronseディレクターも、「imecには世界のトップ企業の研究者が集まっていますが、彼らも日立の測長SEMのクオリティ、信頼性、操作性、稼働率などの諸性能に満足しています。

次世代先端デバイスの実用化に向けて、線幅22 nm, さらに16 nmの『壁』を超えていくには、アーキテクチャ、プロセス、材料などすべてを変えていくことになるため、それに合わせた新しい計測技術システムが必要になってきます。

例えば、線幅22 nmの実現には誤差を±10%以内の2 nmほどに抑えなくてはなりません。その誤差を正確にチェックするには、さらに1桁低い0.2 nm=200 pm(ピコメートル)オーダーの測定ができる計測システムが求められます。そうした計測システムの開発で日立ハイテクのパートナーシップに大いに期待しています」と語る。

リソグラフィーの計測グループの責任者を務めるimecのShaunee Cheng マネージャーも、「日立ハイテクとは5年間の共同研究を通じて強固な信頼関係を築き、お互いが重要なパートナーとなりました。日立の、測長SEMにおける信頼性の高い微小寸法計測技術に関する豊富な知識と微

## 2005年から3期にわたって 次世代デバイス開発のための計測技術を共同研究

imecと日立ハイテクノロジーズの計測システムに関するコラボレーションは、2005年から3期にわたって進められている。

プロジェクトの推進にあたってきた半導体製造装置営業統括本部の川田勲部長代理は、「海外の研究コンソーシアムへの参加は初めての経験でした。常駐スタッフはimecの研究者と目標を共有して、理論的予測を計測技術で確かめるだけでなく、問題が起きそうな場所を特定して計測するなど、新たな計測システムの開発に主体的に取り組んでいます」と共同研究について語る。

日立の電子顕微鏡や分析装置などでは、早くから大学、研究機関、企業との共同研究・共同事業を幅広く行ってきており、そうした豊富な経験が今回のプロジェクトにも生かされている。

今後の共同研究について、半導体製造装置営業統括本部事業戦略本部の杉本有俊本部長は、「サブ10 nmの加工では100 pmオーダーの測定精度が求められますが、これはシリコン原子何個分という世界です。測長SEMの世界トップ企業として、imecが求める装置を常に先行開発し、新たな計測システムの確立に貢献したいと考えています。

imecとの共同研究を通じて、最新の技術動向やサンプル情報、次世代製品の開発ニーズが得られるだけでなく、当社のシステムが評価されれば、参加企業の生産ラインに導入されることにもつながるの

で、測長SEMの可能性を広げるためにいっそう注力したいと思います」

2009年夏からimecとの共同研究は第3期に入っており、デバイスの微細化の極限を追求する「More Moore」プロジェクトに応える計測システムの開発が進んでいる。

日立ハイテクノロジーズは革新的な計測技術を開発、提供することで、極限微細化の課題の克服を支援し、半導体デバイスの進歩に貢献していく。



上/日立ハイテクノロジーズのコラボレーション調印(2005.9)  
下/imecとのコラボレーションメンバー

### imecと日立ハイテクノロジーズのコラボレーション



#### 第1期 2005.11～2008.3

imecに参加。コラボレーションスタート。常駐者派遣。測長SEM S-9380II納入。日本からのコラボレーション支援体制整備。



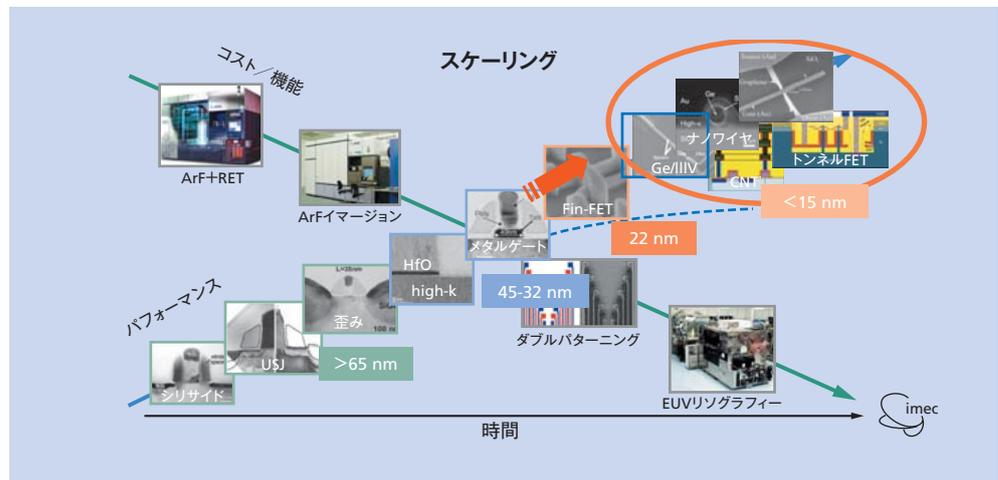
#### 第2期 2008.4～2009.7

imec内のユーザ拡大に対応し、測長SEM (CG4000)を納入。半導体設計データの活用に応えるDesignGaugeも納入。



#### 第3期 2009.8～

測長SEM (CG4000)、DesignGaugeを追加納入。FE-SEM (SU-8000)納入。半導体プロセスの微細化の極限を追求する「More Moore」プロジェクトの計測ニーズに対応する研究を進める。



半導体デバイスの微細化技術ロードマップ

細パターンから精度の高い輪郭線を抽出する技術などの革新的なアイデアは、imecのダブルパターニング技術などの最先端リソグラフィーの開発に大きな付加価値を与えています」と高く評価している。

### 「サブ10 nm」加工に貢献する

今回のセミナーで、Ronseディレクターが、EUVによる線幅22 nm以下の加工の実用化に向けた研究成果を発表した。計測システムの進化と合わせて、半導体の微細加工技術は、どこまで進化するのだろうか。

「この世界では、過去から何度も『壁』が論議されてきましたが、そのたびに新たなソリューションを見つけてクリアしてきました。私は、EUV露光により、線幅11 nmまでは十分に実用化できると確信しています。さらに7 nmも可能だと思っていますが、微細化につれて開発費も巨大化していくのでビジネスとして挑戦できる企業は限られてくるでしょう。それゆえ、共同研究機関であるimecの役割が重要になります。imecで基礎研究を行って、その成果をパートナー企業が共有することにより、効率的な開発ができると考えています。現在、『サブ10 nm』の計測を行う新たなソリューションに力を入れています」とRonseディレクターは語る。

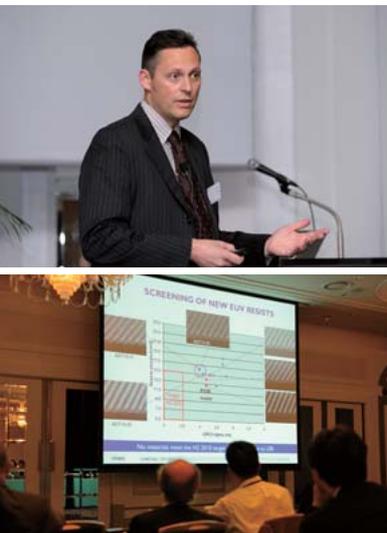
サブ10 nmテクノロジーはデバイスどのように変え、何を実現することができるのか。

Lebonバイスプレジデントは、「imecは、

将来の社会を想定して、その社会が必要とするマイクロエレクトロニクス、ナノテクノロジー領域の研究を行ってきました。サブ10 nmデバイスでどのような製品をめざすかはimecのパートナー企業が考えることですが、マイクロプロセッサの高度化、メモリ容量の拡大によって、コンシューマ分野ではスマートフォンなど映像を自在に使えるモバイル機器が飛躍的に進化し、グラフィック処理装置、ゲーム機などの高度化などにも貢献することでしょう。

社会インフラ分野では、高度でエネルギー消費の少ない情報通信システムの実現に貢献することになりますし、さらに個々のコンピュータやストレージシステムの進化にとどまらず、それらをネットワークで結んで高度な情報サービスを行うクラウドシステムの発展にも寄与すると思えます」と語る。

そうした期待を担う次世代リソグラフィーにおける計測システムのテーマとして、Ronseディレクターは、「今後重要なのは、超微細加工に即した新しい計測技術を模索することです。超微細パターンの微小寸法を高精度に計測する技術や、超微細パターンを高い位置精度で形成する技術を確立することが必要です。その課題に向けて、日立ハイテクとは、これまでの良好なコラボレーションの経験を共有して、さらなる取り組みを進めていきたいと考えています」と語っている。



「imec EXECUTIVE SEMINAR 2010」の様子