

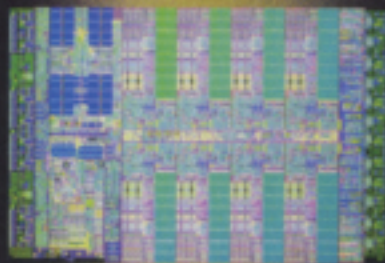
MICRO DEVICES

MICRODEVICES
20th
Anniversary

デバイス・イノベーション



「And then comes a new stream...」



「2005... ICs make dramatic progress.」



「1958... Jack Kilby introduced world's first IC.」

7
2005

サブナノ・レベルの可視化に挑戦 誘電率顕微鏡を東北大学と共同開発

絶縁物の組成や物性を超高分解能で画像に、電子デバイスの革新に貢献



長 康雄氏

東北大学
電気通信研究所教授

高度な分析機器を手掛けるエスアイアイ・ナノテクノロジーは、東北大学電気通信研究所と共同で走査型非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) の共同開発プロジェクトを進めている。絶縁物であっても組成や物性をサブナノメートルの高分解能で可視化できる SNDMは、強誘電体材料、半導体デバイス、光デバイスなどの技術革新に大きく貢献するものと期待されている。両者はSNDMの技術にさらに磨きをかけて、未知の技術領域の解明に挑む技術者に強力なツールを提供する考えだ。

走査型非線形誘電率顕微鏡 (SNDM: Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy) は、試料の表面を微小な探針で走査しながら、非線形な誘電率の変化をナノメートル・レベルの超高分解能で捉え、ディスプレイに画像やグラフとして表示できる装置である。同装置を使うことによって従来の分析装置では難しかった材料やデバイスの組成や物性の観察が

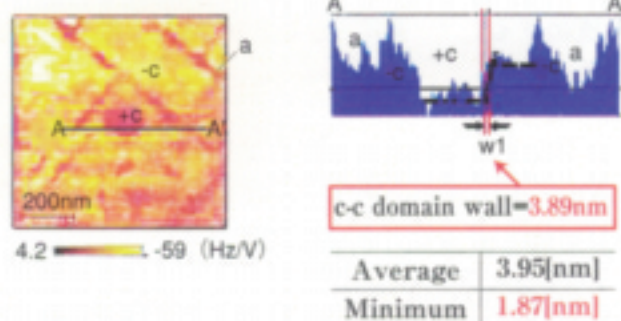
がSNDMである(図1)。SNDMの登場によって、半導体メモリーをはるかに上回る高密度の記録ができる媒体など強誘電体材料の応用研究が進むことが期待されている。半導体デバイスの分野でもSNDMの活躍の場が、すでに拡がりつつある。半導体のドーパント濃度分布、トランジスタのゲートに使う高誘電率材(いわゆる High-k材)の誘電率分布、さらにはメモリー

セルの内部に蓄積されている電荷の様子までもが観察できるからだ。このほかにも、フォトニック結晶や非線形光学材料を用いた光デバイスの解析、従来のSPM (Scanning Probe Microscope) では難しかった絶縁物の原子像の観

理を考案したのは1994年のことだ。エスアイアイ・ナノテクノロジー(以下、SIIナノテクノロジー)は、1999年から長教授指導のもとにSNDMの実用化に向けた製品開発を開始、2003年には最初の実用機を完成させた(図2)。現在、SIIナノテクノロジーがSNDMを製品化しており、同社の走査型プローブ顕微鏡システム「SPI4000シリーズ」および「SPI3800Nシリーズ」にSNDM搭載モデルが用意されている。すでに、同社は約40台のSNDM搭載機を出荷しており、半導体メーカーや材料メーカーなどの研究開発の現場で活躍しているという。

長教授と同社が共同研究を始めるきっかけを作ったのは、ある学会でSNDMに関する長教授の研究発表を聴いたSIIナノテクノロジーの技術者だった。SNDMが実用化されれば多くの研究者や技術者に役立つと感じたその技術者は、社内に働きかけてSNDMの研究開発チームを立ち上げるとともに、長教授に共同研究を持ちかけた。一方、SNDMの実用化を考えていた長教授は、メーカーが抱える製品化のノウハウが必要だと感じていた。「大学の研究者は、どうしても技術の追求を優先してしまいます。製品化を前提にしたものづ

図1 非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) で撮影した強誘電体試料の分極分布



強誘電体ドメインウォールの可視化

できるようになる。

特に、注目されている用途の一つが、メモリーや通信用デバイスへの展開が進んでいる強誘電体材料の評価である。強誘電体は分極が生じても空気中のイオンによって中和されてしまうので外部に電界が漏れない。このため分極の状態を測定することが難しかった。これを可能にしたの

観察、生体分子における双極子の解析、高分子材の機能評価など、SNDMが必要とされている用途は数多くある。



先端技術をいち早く実用化

SNDMの基本原理を世界に先駆けて開発したのが、東北大学電気通信研究所の長康雄教授である。最初にSNDMの原

くりには、なかなか考えが及びません」(長教授)。そこで、長教授のチームが要素技術の開発を担当し、SIIナノテクノロジーが装置の試作機の開発を担当するかたちで共同研究が始まった。

実は長教授が考えていた共同研究のパートナーには、SIIナノテクノロジー以外の分析機器メーカーも含まれていた。この中で同社を選んだ大きな理由の一つは、従来から同社が提供している原子間力顕微鏡(AFM: atomic force microscopy)における探針の制御技術が優れていたからだという。「AFMは、SNDMと同じようにカンチ・レバーの先端に取り付けた探針を使っています。試料の

図2 東北大学電気通信研究所で共同開発が進むSNDM



表面を探針が走査するとき、探針がめり込む深さを一定に保つという難しい制御についてはSIIナノテクノロジーがもっとも優れていました」(長教授)。

◆ AFM技術を基に高分解能を追求

SNDMのシステムは、主にプローブ、可動ステージ、ディスプレイを備えたデータ処理システムから成る。可動ステージを使って試料を動かしながら、試料の表面を探針で走査できるようになっている(図3)。このシステムの心臓部ともいえるのが、長教授が原理を考案したプローブである。プローブの先端には、環状の接地電極が

設けてあり、この中心を通過して探針が試料に接触するようになっている。こうすると、探針の先端から試料を通過して環状電極にいたる電界のパスが生じる。つまり、この構造によってプローブの先端部にコンデンサが出来

るわけだ。SNDMは試料の誘電率の変化によって、探針と環状電極で構成されたコンデンサの容量が変化する仕組みを利用

して誘電率のわずかな変化を検出する。実際には、先端部にコイルとコンデンサ、増幅器を組み込んで発振回路を構成し、先端部のコンデンサの容量が変化したときに生じる、発振周波数の変化を検出する。「周波数の変化を検出す

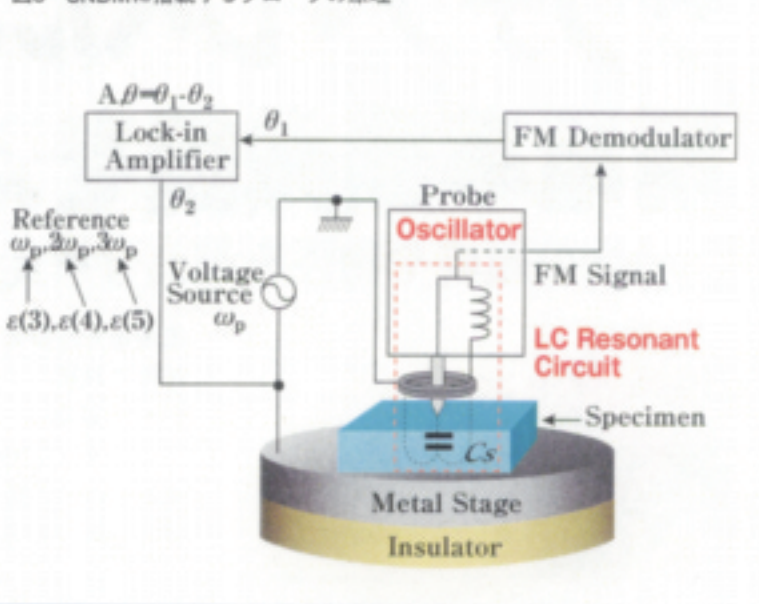
る方式は、雑音の影響を受けにくいのが特長です」(長教授)。

SIIナノテクノロジーとの共同研究で使っているカンチ・レバー式プローブは、高解像度を追及するのに向いた構造を備えており、 10^{-22} Fと極めて微小な静電容量の変化を検出できる。「イオンや電子雲の局所的な動きを検出することさえできるはずだ。原理上は 10^{-24} Fの感度を実現できます」(長教授)。

◆ SNDMの開発は第2フェーズに突入

2003年に実用機の完成にこぎつけた長教授らのチームとSIIナノテクノロジー

図3 SNDMに搭載するプローブの原理



は、2004年から新たな研究プログラムを開始した。現在、大きく3種類のSNDMの実現に取り組んでいる。一つは高機能複合型SNDM。プローブの高感度化や走査の高速化など基本性能を高めるとともに、より多くの情報を得られるように複数の新しい検出技術を組み込む。二つ目は、超高真空SNDM。超高真空の元で測定する仕組みを組み込み、原子レベルの分解能を実現する。三つ目が、環境制御型SNDM。さまざまな温度や雰囲気の中で測定できる装置である。同時に次世代半導体のプロセスをターゲットにしたアプリケーションの開発も進める計画である。

SNDMの開発が進むとともに、電子デバイスや材料の新しい可能性が見い出せるだろう。東北大学電気通信技術研究所とSIIナノテクノロジーのコラボレーションから生まれる技術のインパクトは計り知れない。

お問い合わせ

SII

エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社

〒261-8507 千葉市美浜区中瀬1-8 SII幕張ビル7F
TEL.043-211-1335 FAX.043-211-8067
URL.http://www.siint.com