

## TODAY

## デジタル印刷技術とナノテク



(株)リコー 研究開発本部 技師長

基盤技術研究所長 平倉 浩治

電子写真技術やインクジェット技術の高度化に伴い、近年急速にデジタル印刷が普及してきた。この分野では1200dp(dot per inch)の画素密度であれば人の目には十分であるといわれている。この場合でも画素サイズは約20 $\mu\text{m}$ であり、ナノテクノロジーの領域とはほとんど無縁の世界のように思われがちである。

電子写真応用の多機能デジタル複写機やレーザープリンタでは粒径数 $\mu\text{m}$ のトナーと呼ばれる着色粉体が画像形成の主役となる。一般にはトナーは単に色のついた樹脂粉で、熱で紙に定着されるというくらいしか知られていない。実際にはバインダーである樹脂のほかに着色顔料、静電特性を制御する帯電制御剤、定着制御のためのワックス、流動性を制御するための外添剤など10種類近くの成分から成り立っている。1200dpiの鮮鋭な画像を作るためにはトナーの粒径は約5 $\mu\text{m}$ となり、この5 $\mu\text{m}$ の中に最小で約10nmの成分がトナー粒子個々に均一に配置されている必要がある。従って安定した画質を確保するためには、トナーのナノ分析が必要不可欠となっている。

ナノ分析技術は、半導体分析を中心に分解能はすでに当たり前のものとなっているが、これは無機材料の世界の話で有機材料となると1 $\mu\text{m}$ の分解

能の分析も困難であるというのが現状である。無機材料の場合、分析は構成元素分析が主体であるのに対して、有機材料の場合には炭素を主成分としているので構成元素にはほとんど差がない。そのため炭素を中心とした分子構造を調べる必要があり、これが分解能の制約となっている。

分析にはX線をはじめとした電磁波あるいは電子線のスペクトルを利用するのが主流であるが、元素分析ではこのスペクトルのエネルギー分解能は100eV程度で十分であるのに対して、有機物の化学構造分析では0.1eVの分解能が要求される。

一般的に、空間分解能とエネルギー分解能はトレードオフの関係にあり、有機物のナノ分析の大きな障害となっている。そこでリコーでは空間分解能とエネルギー分解能を両立させる手法として走査透過X線顕微鏡に注目しトナー分析への応用を検討してきている。走査X線顕微鏡は放射光を光源に、ゾーンプレートと呼ぶ回折レンズを使用することでX線の短所である空間分解能を克服し、本来のX線の長所を生かして炭素の吸収端のスペクトルを0.1eVのエネルギー分解能で測定し、有機物の高分解能分析を可能にしている。現在のトナー内部構造解析の決め手となる分析手法として利用してきているが、さらなる高画質、高信頼デジタル印刷システムの要求に応えるには、有機物のナノ分析はまだ十分とはいえず研究課題は多い。

平成16、17年度地域新生コンソーシアム研究開発事業  
「X 型大電流電子ビームによる高密度・高速描画装置の開発」成果報告

産学官連携グループ 伊藤瑛二

1 はじめに

本研究開発は、平成16、17年度に関東経済産業局の地域新生コンソーシアム研究開発事業として採択されたものである。以下に2年間の研究開発の内容と結果の概略を報告する。

2 研究開発の背景と目的

ブロードバンドに代表される情報通信技術の進展により、光情報記録分野の高密度化の要求が高まっている。光ディスク原盤作成において微細加工は高密度化に伴いマイクロオーダーの加工からナノオーダーの加工へと精緻化され、従来のレーザー描画からより微細加工が可能な電子ビーム描画及び評価技術が期待されている(図-1)

光ディスク・メモリの分野においては、現在は4.7GBクラスのDVD(第2世代)が中心であり、青色LDによる25GBクラスの第3世代が商品化されつつある。次の第4世代としては、50 - 100GBクラスのもの求められている。それを実現するためには、120mmのディスクにピッチ200 - 300nm、溝幅100nmでスパイラル描画する必要があり、その微細度のためには電子ビー

ム描画が必須である。

しかし、従来のXY型電子ビーム描画装置では、スパイラル形状の大面積の描画を行う場合、ステージを200 $\mu$ mごとに移動し位置決めを行い、スパイラル形状をXY座標変換して、電子ビームを照射して描画を行っている。この結果、従来のXY型電子ビーム描画装置で50 - 100GBクラスの光ディスクを描画するのに約1か月を要することとなり、この描画速度では実用には程遠い。円、スパイラル形状の連続描画を可能とするX ステージを内蔵する電子ビーム描画装置の研究も進んでいるが、現状では電子ビーム出力(電流)が低く、低速でしか描画ができず描画パターンによっては数日を要することもあり実用的ではない。化学増幅型レジストによる高速化も検討されているが、この場合には密封された環境管理が必要で既存の付帯設備(レジスト処理工程)では対応できず、新規の付帯設備(2.5億円程度)が必要になり、コスト高になってしまう。また、加工形状の評価をする際も位置を特定して測定することが困難で多大な時間を要する。

そこで本事業では、50 - 100GBクラ

スの光ディスクに必要となる高密度連続曲線描画(120mmのディスクにピッチ200 - 300nm、溝幅100nmでスパイラル描画)を、新たな付帯設備なしで短時間(3時間以内)で行える電子ビーム描画装置を開発する(図-2)。なお、この目標とする3時間は現在のレーザービームによる描画時間であり、これが実用的なレベルと考えられる。また、その形状の評価については、製造工程の改善や歩留まり向上のために重要であり、ピットや溝の最小サイズが100nm程度になる光ディスクの形状評価をナノ、アトムレベルで評価する技術を確立する。このため、高速対応大電流照射技術の開発、X 高速位置決め機構制御技術の開発、高密度原盤評価技術の開発、が必要であり、それぞれ目標を設定して本事業がスタートした。

3 推進体制

JRCMが管理法人となり、(株)クレスタックが高速描画を実現する制御技術確立のために大電流低収差照射系の開発を、(株)リコーが高剛性X 位置決めステージの開発を担当した。また、作成した原盤やメディアの評価のため

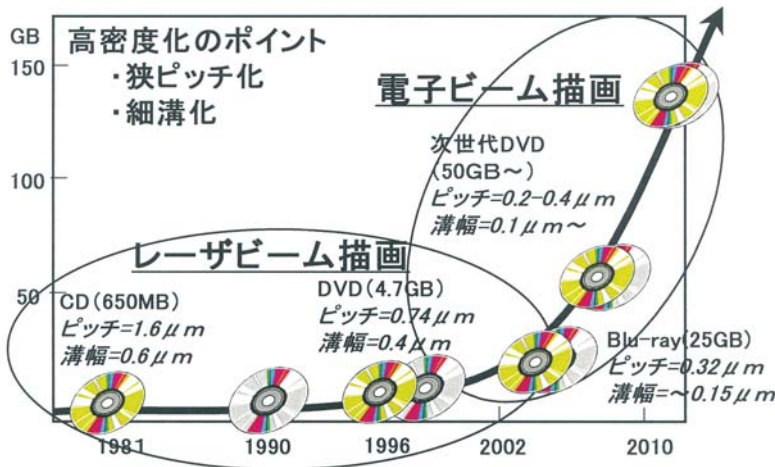


図-1 光ディスクの高密度化

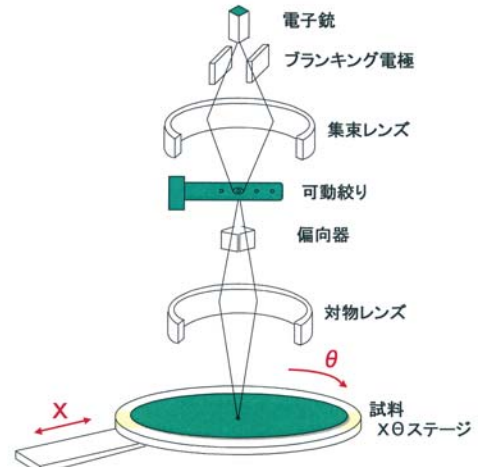


図-2 X ステージ型電子ビーム描画装置



図 - 3 X 型電子ビーム描画装置外観

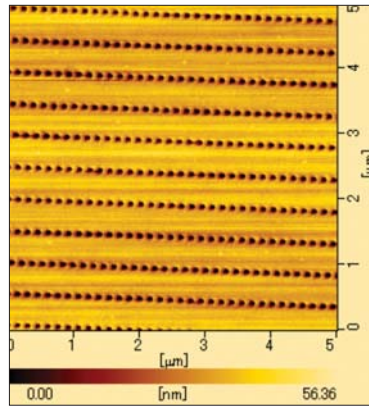


図 - 4 形状評価装置によるピット形状 (AFM)写真

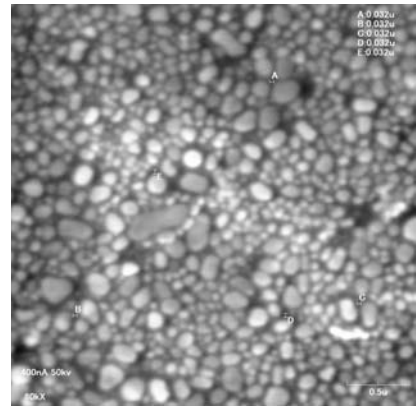


図 - 5 金粒子による分解能評価

に、(独)産業技術総合研究所が超解像膜による信号処理技術とAFM計測位置制御技術の開発を担当した。

#### 4 研究開発の成果

既存の電子源、電子レンズ系レイアウトの見直し、最適化を図り大電流を確保し低収差のビーム形状を得る照射系を実現した。ステージは、回転軸に真空対応エアスピンドル、直動軸に高剛性摩擦駆動軸受を採用し、高速回転超精密位置決めを実現した。これらのユニットにより大電流で高速描画が可能となり 120mmの大容量光ディスクを3時間程度で描画する電子ビーム描画装置を開発した(図 - 3)。

形状計測についても青色高密度ピックアップと超解像膜の最適化により微細形状をOE変換し位置情報としてAFM走査範囲(50μm)に抽出する計測技術を確立した。図 - 4に形状評価装置によるトラックピッチ200nm、ピットサイズ 100nmのピット形状(AFM)の写真を示した。図 - 5に400nA出力時の金粒子による分解能評価を示す。開発目標である400nA/70nmを達成することができた。

以下に開発された製品・技術のスペ

ックを示す。

##### (1) X 型電子ビーム描画装置

加速電圧：50KV

ビーム電流：400nA(ビーム径70nm)

ブランキング周波数：50MHz

X ステージ：CLV線速6m/s同期制御  
(R=20~60mm)

ステージ位置決め精度：±10nm

##### (2) AFM形状評価装置

検出系：λ=405nm、NA=0.85

超解像膜：SuperRens Proto

形状計測：AFM&XY 自動ステージ

#### 5 まとめ

本コンソーシアムの目的は、50-100GBクラスの次世代型光ディスク(トラックピッチ200-300nm)の高速電子ビーム描画装置を開発することであった。そのために、電子ビーム発生源開発を(株)クレストックが、ディスク駆動部分開発を(株)リコーが、できたディスクを評価する技術を(独)産業技術総合研究所が担当した。

1年目は、電子ビーム発生機構部とディスク駆動部をそれぞれの単体ごとに開発をスタートさせ、終了時には合体させて一体ものの描画装置とするところまで進んだ。評価系では従来の評

価装置を補強して能力を高め、開発途中のディスクを評価した。2年目は合体した装置で電子ビーム描画を実施し、グループ描画では最短トラックピッチ120nm、単一周波数ピット描画では最短ピット長35nm、ランダムピット描画ではトラックピッチ160nm、最短ピット80nmが得られた。また、駆動部については目標である高速描画線速6m/sにおける位置決め性能、回転性能を実現するXステージ、ステージを開発した。

一方、開発した評価装置・技術により、実際にX型電子ビーム描画装置を用いて作製したピットの評価を行った結果、均一に微小ピットが作製されており、ピットの深さはおよそ35nmであった。このことから設計したピット構造を作製できていることが実証できた。

以上の結果から、今回開発したX型電子ビーム描画装置は100GBの記録容量をもつ次世代光ディスクの実現のために極めて有用で精度の高いものであることが実証できた。今後は若干の補完研究を実施した後、できるだけ早い機会に事業化に移し、ビジネスとしても成果があがるように努力していく。



## 材料分野データベースリンク集の紹介

JRCMのホームページ (<http://www.jrcm.or.jp/>) では、世界の現存する材料関係データベースを提供しているホームページへのリンク集を紹介しています。

内容としては、まず以下の材料分類データベースが161件リストアップされています。

- ・金属材料(鉄鋼、アルミニウム、銅、半導体材料等)
- ・無機材料(ファインセラミックス、ガラス等)
- ・有機、高分子材料(プラスチック等)
- ・繊維材料(高機能、高性能繊維素材等)
- ・その他(複合材料、耐熱複合材料等)

目的のデータベースをより早く探すためには、次のような検索画面から検索、絞り込みができます。

材料検索キーワードでは、材料全般、金属全般、普通鋼、特殊鋼、Fe、Al、Cu、Mg、Ti、W、光ファイバー、シリコン、LSI材料、Ni基金属、触媒、超伝導、セラミックス、ガラス、繊維、高分子、複合材料の材料を選択して検索できます。また、国別検索で日本、米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、オランダ、スイス、スウェーデン、ロシアから選ぶこともできます。その他サービスの形態や課金の有無も知ることができます。実際に目的のデータベースへそのまま飛ぶことも可能です。

さらに、材料特性・機能別データベースでは63件リストアップされ、特性・機能分類として化学、電気化学、加工、計算、結晶、周期律表、状態図、熱特性、疲労、腐食、その他のキーワードから検索絞り込みができます。

その他に材料全般の評価方法を紹介している評価方法データベースが12件、標準物質についてのデータ集として標準データベース6件がリンクされています。ぜひご活用ください。

全161件一覧表示:	しない
表示件数指定:	10件ごとに表示
材料検索キーワード:	材料をお選び下さい
国名検索キーワード:	国名をお選び下さい
サービス形態検索キーワード:	サービス形態をお選び下さい
課金検索キーワード:	課金の有無をお選び下さい
実行      クリア	

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS / 第236号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。  
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。  
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2006年6月1日  
発行人 小島 彰  
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター  
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階  
TEL (03) 3592-1282(代) / FAX (03) 3592-1285  
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>  
E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)