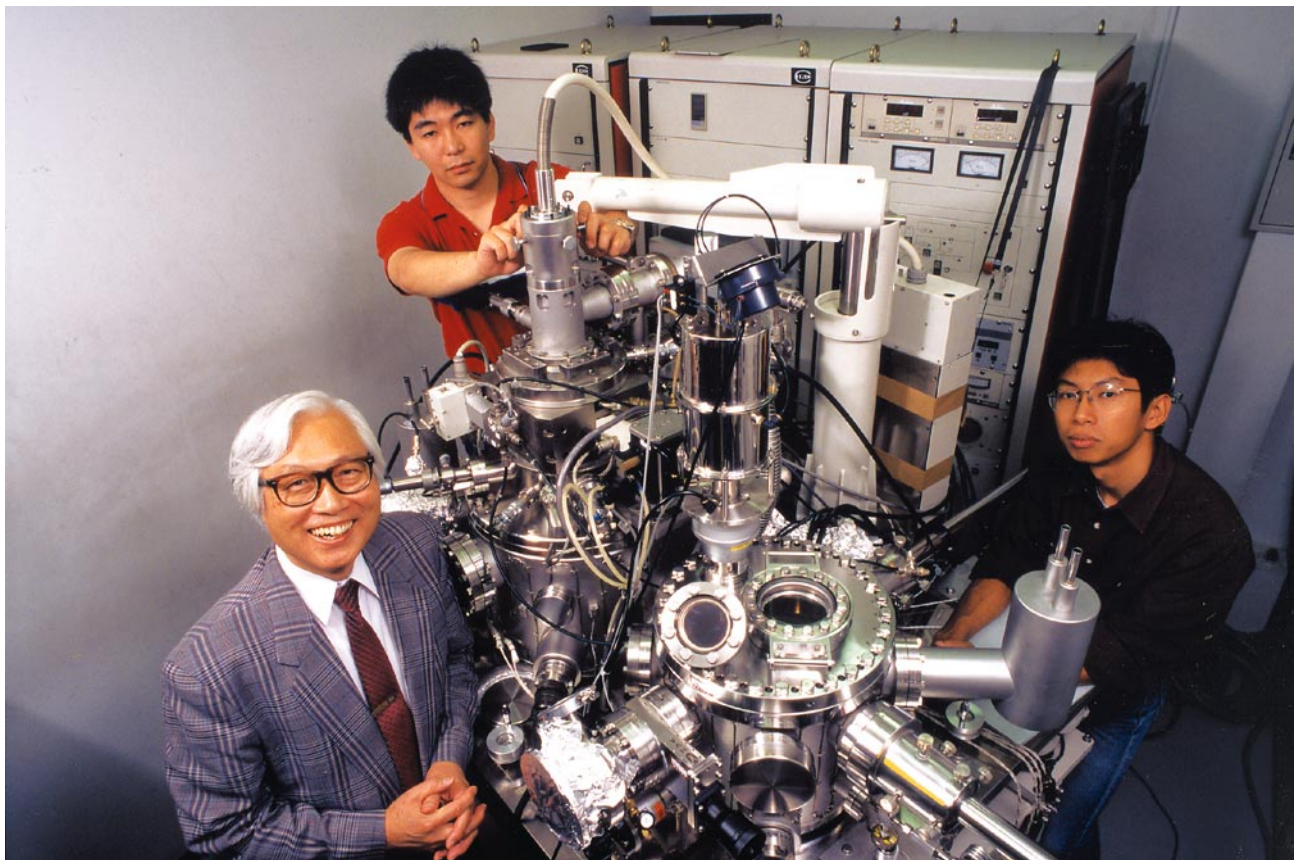


Wafer-scale formation processes of quantum dots 量子ドットのウエハスケール形成プロセス

プロジェクトリーダー 大坂 敏明

早稲田大学

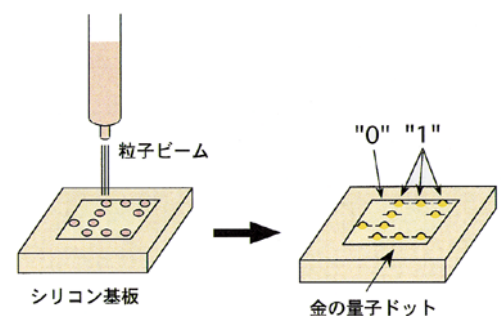
各務記念材料技術研究所 教授



1. 研究の目的

コンパクトディスク（CD）は、プラスチックの円盤に作られた直径約0.5 μm の小さな穴の有無を、1と0の情報として蓄積し、それをレーザ光線を用いて読み出す記録媒体です。記録密度は4千8百万ビット/ cm^2 の程度です。もし、穴の代わりに直径10nmの小突起（量子ドット）を、レーザ光の代わりに電子線を、それぞれ用いることができれば、記録密度が1テラ（ 10^{12} ）ビット/ cm^2 の記録媒体が実現します。これは文庫本にして18万冊分に相当し、いわば町の図書館が手のひらサイズになってしまいます（右図）。動画、カラー、音声の記録もできますので、家庭で質・量ともに優れた文化情報に自由に接することができることになります。

私達の研究は、こんな夢を実現するために、量子ドットを、ウエハスケールすなわち大規模に、作る方法を提案することを目的にしています。



電子図書館の夢

2. 研究の内容

(1) シングルイオン注入法による量子ドット作製

直径10nmの量子ドットは、わずか1万個程度の原子から構成されますが、それを原子1個1個を積み重ねて作ろうとしますと、途方もない時間がかかり、非現実的です。そこで私たちは、原子達が一つの目的に向かって集団で働く仕組み（自己組織化）を利用することを考えています。まず、結晶基板上の量子ドットが作られる場所に、私達が発明したシングルイオン注入法（前頁の写真がそのための装置です）、あるいは高性能の電子線描画装置を用いて、マークを付けます（ナノスケール表面改質）。次に、結晶基板全体を溶液に浸し、マークを付けたところにだけ溶液中に含まれる原子が小突起を作るように仕向けます。「仕向ける」とは、原子達が結晶基板の好きなところに勝手に集合してしまわないように少し我慢をさせ（非平衡状態の実現）、マークのある所にだけ集合させることを意味します。その仕掛けは、溶液の組成、結晶と溶液にかかる電圧、あるいは温度などを調整するところにあります。

(2) めっき法による量子ドット作製

湿式プロセスである「めっき法」によりシリコンウェハ上へ量子ドットを作ることができれば、このプロセスは乾式プロセスに比べて低コストになり工業的規模での生産を考えた時、大切な基本の技術となり得ます。そこで、このプロセスを用いた研究の第一歩としてシリコンウェハ上へ金属が析出する挙動についての基礎的な特性を調べています。この研究の中心にあるのは、選択的に金属を析出させることのできる無電解めっき法です（二重フィルター付き超高精度循環式電気化学槽）。

無電解めっき法では、通常基板上の触媒とめっき浴中の還元剤とによって析出反応が開始されます。しかし、本プロジェクトのもとで研究をすすめた結果、既に、触媒化を施していないシリコンウェハ上に直接ニッケルが析出するという現象を確認しました。そこで、この現象を量子ドットの作製手段として応用すべく、現在どうしてそのような析出が起こるのかを検討しています。

(3) 不活性化表面上での量子ドット作製

シリコン基板表面一面に水素原子を吸着させると、その表面は均一な「水素の膜」で覆われることになります。この表面はシリコン生地が露出している場合に比べて異種物質に対する反応性が低下します。これがシリコン基板の「不活性化」です。この不活性化基板表面上の望みの場所をめがけて細く絞り込んだ電子ビームを照射すると、その部分だけ膜が壊されます。こうした表面に金などの金属を蒸着しますと、この電子ビームで壊された部分にのみ金属が堆積し、量子ドットが形成できることになります。現在、上記のプロセスを実現し、量子ドットの作製・評価を一貫して行える装置（走査オージェ顕微鏡）の作製に取り組んでいます。

(4) 超小型電子ビーム読み取り装置の開発

我々は、上記のようなテラビット記録媒体をつくるだけでなく、その媒体に対応した情報読み出しシステムの基礎的な概念を作り上げ、また、装置の設計・試作を行うことによってその性能の評価を行うこともすすめています。

この装置に取り付ける予定の電子源は、きわめて細い金属針の先端上に、原子1～2個といったナノオーダーの構造を付着させることで出来上がっています。その結果、点光源、かつエネルギー幅の狭い安定な電子ビームを得ることができます。このような電子源を開発するための基礎研究として、まず、超伝導状態を利用する電子源の性能評価を行い、次に、この時の評価データに基づいて超小型電子ビーム読み取り装置の開発をねらって行きます。

3. 研究の体制

期 間：1996年10月～2001年3月

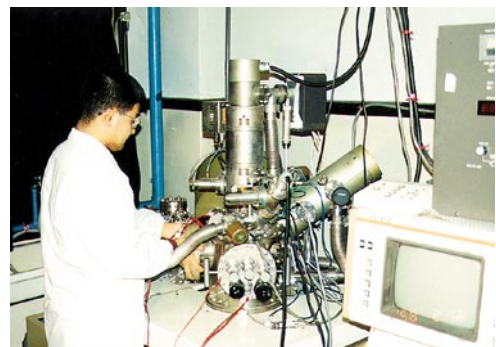
構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー3名、

研究協力者約20名で構成されています。

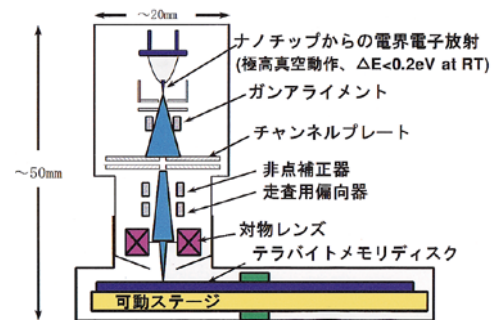
実施場所：早稲田大学 各務記念 材料技術研究所



二重フィルター付き
超高精度循環式電気化学槽



走査オージェ顕微鏡



超小型電子ビーム読み出し装置