



Title	電子顕微鏡で電波を見る
Author(s)	裏, 克己
Citation	大阪大学低温センターだより. 1985, 51, p. 1-3
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/4320
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

電子顕微鏡で電波を見る

工 学 部 裏 克 己 (吹田 4152)

はじめに

電子顕微鏡がベルリン工科大学のクノルとルスカによって発明されて50年が経過した。その分解能は向上し続け現在では原子を直視できるまでになっている。鏡体の製作技術では日本は20年この方、世界をリードし続けている。世界の電子顕微鏡の半数以上が日本製であり、米国ではRCAが早い時期に撤退し、また電子顕微鏡の発明国でもあり伝統を誇っていたドイツのシーメンスも電子顕微鏡製作を中止している。

電子顕微鏡では単に試料を静的に観察するだけでなく、試料に引っ張りや温度変化を与えてそのレスポンスをマイクロに追うことで非常に有用な知見が得られている。

動きを見るには、通常は電子顕微像を蛍光板に結ばせ、高感度のテレビカメラとVTRで記録・再生する。この方法では時間分解能は33 ms に止まる。

ストロボ撮影法

ストロボと言えば、当今ではカメラのフラッシュ装置を連想する。強い光を瞬間的に出して暗い場所でのカメラ撮影を可能にする。この光はパルス状であるから、その時間内で対象物の動きが小さければ少々速い対象物でも記録できる。この際大事なことは、光パルスが十分強いこと、動きを順次記録するフィルム送り装置を必要とすることである。

この原理は電子顕微鏡にもそのまま適用できる。しかし実際に試作された装置は、世界で大阪大学にあるだけで、時間分解能は3 μ s である。

一方、ストロボ円板というものがある。これは一昔前にレコードの回転数を所定の値に調整するためにも使われた。円周に沿って白黒の縞模様が描いてある。これを回転するレコードの上に乗せ、蛍光灯で照射する。回転数が所定の値になれば縞模様が流れずに見える。ストロボ法としてはこの方が歴史が古く、理化学辞典などにはこの方法のみが記載されている。

この方法も電子顕微鏡に適用できる。とくに電子線の場合、サブピコ秒パルスが発生し、その波形を観測することもさして難しくない。パルス化によりパルス中の電子数は減るが、相手が電気信号の場合現象を繰り返すことは容易であり、重ね合せてストロボ電子顕微鏡像として記録することができる。

ストロボ走査電子顕微鏡で電波を見る

周知のように走査電子顕微鏡は電子線を細く絞り試料を走査し、そのとき発生する二次電子の量が表面の形状に依存することを利用して、試料表面に電位（磁位でもよい）分布があると、検出効率がそれに依存し、結果として電位分布が観測できる。この電位コントラストは以前からLSI中の断線の

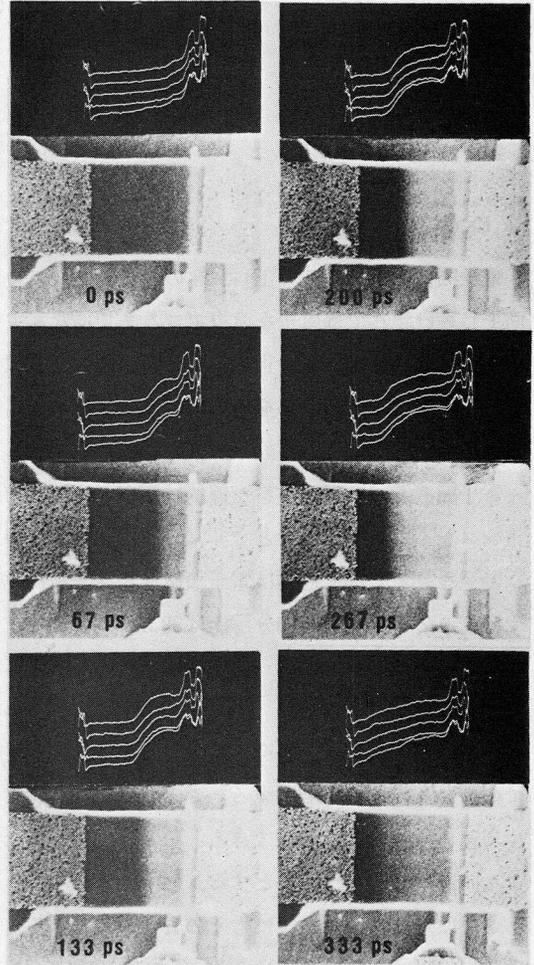
検査に用いられている。これにストロボ法を組み合わせると、動作時の特定の位相に凍結したストロボ走査電子顕微鏡が得られる。

写真はこのような原理で撮影したストロボ電顕像の例である。試料はGaAsのGunnダイオードである。陰極は右側で陽極は左側にある。動作周波数は1 GHzで周期が1000 psで繰り返す。電子ビームのパルス幅は1.5 psで1/18周期毎に写真にしてある。陰極側の白い部分は低電位、暗い部分は高電位である。その境界は高電界ドメインを表わしている。写真から判るように、高電界ドメインが陰極から陽極に向かって走行している様子が明瞭に捉えられている。このように半導体中の電位の伝搬速度が観測できる。この例の場合、他の方法で測定された値と当然のことながらよく一致している。一画面の撮影には100 sec要した。この写真は1977年に大阪大学で記録したもので、短ピコ秒の時間分解能でのストロボ電顕像として引用されている。

ストロボ走査電顕と超LSI

エレクトロニクスの発展の中で、超LSIも一つの大きな渦を作っている。半導体メモリの急速な進歩でコンピュータが家庭の中まで入り込む時代になった。256kビットでなく1Mビットの開発が終了し、一気に4Mビットの開発にメーカーは向かっている。楽観論者は64Mビットまでは可能と言っている。

このような超LSIの開発・製造には、設計とプロセス技術だけでなく評価技術をそれに見合った高度なものが要求される。我々が実験装置を手作りで作って行くのと同様に、最初のデバイスは、まず満足に動作しない。また動作しても設計値を下廻った特性しか得られないのが普通である。このようなときデバイスの要所所動作を確認することが、どれだけ有数かは実験家の諸氏には実感を持って頂けよう。LSIの場合、従来は微小な探針を立て、それをオシロスコープに接続する方法がとられていた。この方法でも技術的改良を加えることで、かなりの時間分解能を持たせることができる。256kビットの開発が始ったとき、ストロボ走査電顕が一応実用レベルに達していたため、それが導入された。先にお見せした写真はある特定の位相での二次元電位分布であったが、電子ビームを一点に止めておき、ビームと試料との位相を電的に変化させると、波形も容易に得られる。機械的プローブに比べて位置の移動も容易で、設定に熟練を要しないことも利点に数えられた。この新しい装置により、CADにおける



設計パラメータの再設定に非常な効果があることが判った。また品質管理において故障診断に強力な道具として評価され、装置もそれに伴ってさらに高度化している。

最も野心的な試みは、超LSIの設計データベースと結合し、全自動的に設計値と実測値を比較しようというものである。幾万というゲートを人間が照合できない、という発想である。

ストロボ走査電顕とその応用分野では我が国のレベルは非常に高く、米国を含めた他の国々をリードしている。エレクトロニクスと電子ビームとは、電子ビーム描画も含めて最近再び密接に関連し合うようになって来ている。