

グ損失(trr)が大きくこれを小さくする必要がある。

シリコン結晶内部に欠陥を形成して、逆電流で電子とホールが移動する距離を短くし、逆電流の流れる時間を短くするため、ライフタイム制御技術が使われている。従来から金(Au)拡散法や白金(Pt)拡散法が使われているが、いずれも貴金属の挙動が複雑で、微量の濃度制御が難しく、大口径ウェーハの場合面内均一性の確保が困難である。サンケン電気ではシリコンウェーハに電子線や粒子線を照射し、Si 原子と弾性衝突させ、内部に結晶欠陥を作っている。ライフタイム制御技術の方法と半導体デバイスの電機特性の傾向を見ると、金拡散法では順方向過渡損失と逆方向定常損失(モレ損失)が大きく白金拡散法では順方向定常損失と高温でのスイッチング損失が大きい。粒子線照射によるライフタイム処理をした半導体ではモレ損失が白金よりも大きいけれど、金拡散法よりも小さく、他の損失は全て小さくバランスの取れた

半導体といえる。目標とする半導体特性によって、ライフタイム制御法を使い分ける必要があるとのことであった。

半導体ウェーハに電子線を照射する場合、欠陥形成に必要な電子のエネルギーは 250keV 以上であるが、実際にはウェーハの深さ方向全域に欠陥を形成するため数 MeV の加速で電子線を照射している。結晶欠陥としては 原子空孔、格子間原子などの孤立欠陥、 原子空孔に酸素原子が入った A センター、 原子空孔にリン原子が入った E センター、及び原子空孔が連なった J センターがある。孤立した欠陥は温度に対して不安定であるので、熱処理して除去し動作温度領域で安定して存在する欠陥だけを利用している。電子線照射よりも粒子線照射のほうが各種特性が改善されているデータを見せていただいた。

(阿部記)

平成 20 年度 第一回 ONSA 見学会 大阪大学超高压電子顕微鏡センター

平成 20 年度の第一回オンサ見学会は平成 20 年 6 月 27 日(金)午後大阪大学の吹田キャンパスにある大阪大学超高压電子顕微鏡センターに設置されている日立 H-3000 型超高压電子顕微鏡を見学した。この電子顕微鏡は現在稼働している電子顕微鏡としては世界最高電圧の 350 万ボルトを誇り、常時 200 から 300 万ボルトの加速電圧で運転されている装置として世界唯一のものであり、国内の研究者だけでなく、米国の大学と国際通信回線を用いて遠隔操作を可能とするなど世界の研究者に開放されて、多大な成果が挙げられている。

当日は 19 名の参加者があり、阪急千里山線北千里駅に集合の後、タクシーに分乗して同所を訪れた。偶々先客として兵庫県の某高校も見学を訪れており、センター長の森博太郎教授をはじめ所員の皆様には大変ご多忙の一日になったのではないかと少々心配している。

まず、1970 年に設置された第 1 号機加速管の程近い箇所の設けられている見学者への説明用スペースに案内され、森教授が丁度先客の対応中とのことで、

最初の予定を変更してまず助教の荒川一渡博士より装置の概略の説明を聞いた後、早速見学に移った。今回見学したのは、1 号機の後継機として 1995 年より 4 年程度かけて新設された装置である。顕微鏡とはいえ、全体の高さ 12.4m、重さ 140 トンの堂々たる躯体であり、そのうち加速管部は直径 3m、全長 8m 程度あり、最初に通されたフロアからは加速管部分しか見えず、一見すると巨大な縦型の加速器しか見えない(図 1)。



図 1 HITACHI H-3000 型超高压電子顕微鏡全体図 (大阪大学超高压電子顕微鏡センター・パンフレット表紙より)

高圧は35段対称型コッククロフト・ワルトン回路で発生させ、最高加速電圧は350万ボルト、標準加速電圧300万ボルトとなっている。その他、50万ボルトから250万ボルトまで50万ボルトきざみで加速電圧を変えることが可能である。加速管部は300万ボルトの場合には138段の加速部に1段あたり2万2千ボルトの電圧が印加される。電圧の変動は電顕の分解能に直接関係するので、 10^{-6} 以下になるよう設計されている。放電防止ガスとして4気圧の SF_6 が用いられている。電子銃には単結晶 LaB_6 熱陰極が使用され、交換の際に頻繁に真空を破る必要がないように予め6本がターゲット式にセットしてある。荒川博士の話では着任以来、真空を破る事態には出会っていないそうである。顕微鏡の機能としては僅かな振動も障害となるため、全体は丁度このフロアのレベルにある巨大な一個のフランジによって強固なコンクリートの基礎に乗った防振ダンパー上に載せられ、安定した観察を可能としている。階段で下の階に移動すると、ここからはコンクリートのやぐらに囲まれたような試料室が見える(図2)。



図2 試料室前での説明風景

電子顕微鏡の標準試料は直径が3mmであるので、巨大な加速管部を見た後では、試料のサイズが何となくアンバランスに思える。試料ホルダーはサイドエントリー型と呼ばれるタイプで、本体の真空系に負担をかけずに鏡体の横から抜き差しできるようになっており、低温から高温まで観察の目的によって選択が可能のように、様々なホルダーが用意されている。この電

子顕微鏡の分解能は透過型モードで0.14nm、走査型モードの場合で5nmということである。観察倍率は200倍から100万倍まで30段階に変えられる。また、通常の電子顕微鏡は鏡体前で観察を行うが、本装置では観察時には、高速電子の照射によって試料などから放射されるX線レベルが高く、運転中の本体周辺は放射線管理区域に設定されていて、人は立ち入れない。従って、試料を鏡体に挿入後は別室から遠隔操作により観察を行うようになっている。加速電圧やビーム電流の調整、絞りの出し入れ、像観察と回折像との切り替えなど全てこの観測室からコンピュータで行うシステムになっているので、電子顕微鏡のイメージからはかけ離れている。胃の検診などを受ける際に、ガラス越しに垣間見える制御室を想像していただくといい。ここには大型のモニターも備えられているので、観察像を複数の人で見る事が出来る。全員が観察室に入った後、実際にビームを出して、像がどのように見えるかを示していただいた。

装置見学の後、最初の場所に全員が戻り、森センター長からセンターの説明とこの電子顕微鏡によって得られた様々な成果が簡潔に紹介された。この施設は上述のように国内外の研究者に開放されており、以前に新聞などでも報道されたが、米国カリフォルニア大学サンディエゴ校医学部生体構造研究センターとの間で、高速通信回線を介した遠隔操作・観察実験も行っている。森センター長から個人的に伺ったお話では、高速通信回線の使用料がかなりの高額になるので、国レベルのサポートがないと、技術的には可能でも常時利用は経済的には困難なようである。続いて荒川博士による「微小格子欠陥の電子顕微鏡観察」 - 原子炉・核融合炉材料の劣化過程をナノレベルで調べる - ならびに蛋白質研究所准教授・岩崎憲治博士による「蛋白質単粒子解析の原理と応用」という題目でそれぞれ40分程度のご講演をうかがった。原子炉内では、高エネルギー粒子線による照射によって導入される多様な格子欠陥の相互作用によって、材料の劣化が生ずるが、高速電子線照射では最も簡単な原子のはじき出し過程だけが起こるので、欠陥生成

の素過程の研究には最適である。実例として高純度鉄の中で格子間原子の集合体である微小な転位ループが観察視野内で一次元移動をする興味深い映像を見せていただいた。転位ループが視野内をあたかも生き物のごとく、電位線照射に伴って一方向に進んだり戻ったりする様が記録されており、止まるのは、いかに高純度材料とはいえ、不純物は必ず存在するので、そのような箇所では運動がひっかかるそうである。岩崎准教授のお話は蛋白質単粒子の形態を丁度トモグラフィの手法を用いて調べるといった内容であった。単粒子解析とは同じ種類の蛋白質が多数混じっている写真を撮影すると、その中には色々な向きを向いた粒子が存在しているので、一回の電子線照射で様々な向きから撮影した写真が得られ、それから多変量解析により、結論を得ようとするものである。良い結晶が得られる材料であれば、その結晶解析を行う手段は色々あるが、タンパク質のように照射に弱い材料や、難結晶性タンパク質の構造解析を行いたい場合、超

分子複合体を形成している場合、あるいは不均一な構造の解析を行いたい場合には単粒子解析法が有力となる。また、近年は電子顕微鏡に特有な収差をコンピュータにより補正する技術が進み、分解能の高い画像が撮影出来るようになったこともこの手法の進展に大きく寄与している。電子線照射に弱いタンパク質の性状を色々な向きをしている単粒子の集合写真からそのタンパク質の構造を明らかにするというユニークな発想の講演で、難解な部分もあったが大変興味深く聞くことが出来た。

最後に質疑応答の時間もとっていただき、参加者からは保守面や講演内容についていくつかの質問もあり、午後 4 時過ぎに予定通り現地解散で、平成 20 年度第一回の見学会を終えた。

最後に、ご多忙の中、対応していただいた森センター長はじめ超高压電子顕微鏡センターの皆様にご挨拶いたします。
(大嶋記)

第 25 回「みんなのくらしと放射線展」開催のお知らせ

平成 20 年度「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会が 7 月 14 日(月)午後、セミナーハウス クロス・ウェーブ梅田(大阪市北区)で開催され、今年度の放射線展の大枠が以下のように決まりました。

お盆の時期ですが、ご家族お揃いでご来場下さいますようご案内申し上げます。

タイトル：夏休み親子勉強博 第 25 回みんなのくらしと放射線展「光と放射線の不思議な世界」

開催日時：平成 20 年 8 月 14 日(木)～17 日(日) 午前 10 時 30 分～午後 6 時 30 分

開催場所：扇町キッズパーク・1F アトリウム(大阪市北区扇町 2 - 1 - 7)

対象：小・中学生とその保護者ならびに一般の方

主催：「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会
(構成団体) 大阪府立大学(事務局)、ONSA 他 7 団体

後援：文部科学省、近畿経済産業局、大阪府、大阪市、大阪府教育委員会、大阪市教育委員会、
(財)大阪科学技術センター

協力：扇町キッズパーク、科学体験館サイエンス・サテライト

詳しくは当協会ホームページをご覧ください。
<http://homepage2.nifty.com/onsa/>

会員の皆様には例年 7 月中に年度の第 1 号オンサニュースをお送りしておりますが、平成 20 年度予算案が上記の経緯になりました関係で発刊が遅れました。お詫び申し上げます。