

理化学研究所 ニュース

1969—2 NO.5

イオンビームによる不純物注入

— 新しい半導体処理技術 —

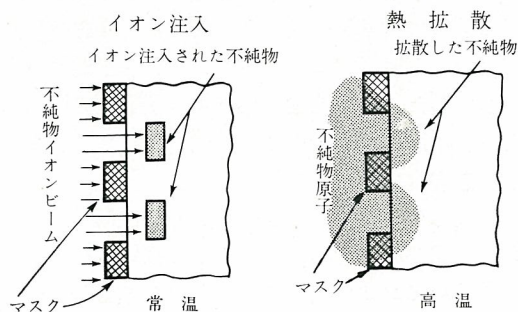
半導体工業はIC（集積回路）などを中心としてめざましい発展をしてきましたが、それを支える半導体処理技術として、不純物の熱拡散技術、フォトリソグラフィ技術などが高度に進歩し、精密化されてきたことを忘れてはなりません。

最近になって、イオンビームや電子ビームが半導体処理のための新しい道具として脚光をあびるようになってきましたが、当所の半導体工学研究室(主任研究員難波進)では、早くからこの方面の研究を行なっています。これらの新技術の開発により、従来の技術では製作できなかったような高性能半導体素子を実現され、また、半導体処理工程が非常に単純化され、工程の自動化が可能となりつつあります。またII—VI族化合物半導体であるZnSやCaSは普通の方法ではp—n接合を作れませんが、イオン注入法により結晶中に不純物を無理におしこんでやることにより始めてp—n接合が作れるようになり、これらの材料による可視域のダイオードレーザーも近い将来実現されるものと期待されています。

たとえば、n型シリコンの表面からボロンやアルミニウムのようなIII族の元素を熱拡散させると、表面にp型の層ができ、適当な深さのところp—n接合を作ることができます。イオン注入法では、ボロンやアルミニウムをイオン化して、数KV～数百KVに加速して高速イオンビ

ームを形成させ、それをターゲットであるn型シリコンの表面に照射します。入射されたイオンは大きなエネルギーを持っているので、結晶の格子と衝突しながら結晶中に侵入してゆき、入射エネルギーによりきまる一定の深さのところ止まりますから、表面から適当な深さのところp型層を作ることができます。この際、イオンの通路には多くの欠陥ができることは当然ですが、これらの欠陥は比較的低温度の熱処理（シリコンの場合約600°C）によりほぼ完全に除去できることが実験的に確かめられています。

次にイオン注入法の2.3の特長を考えてみます（図参照）。熱拡散法ではマスクの裏側にも不



純物がまわり込み、半導体素子の特性上しばしば好ましくない結果を生じますが、イオン注入法ではマスク通りのパターンで正確に不純物注入がで

き、その結果素子の電極間容量を非常に小さくすることができます。高周波用電界効果型トランジスタの製作にイオン注入法が有効に使われたのはこの理由によります。

また、イオンビームは、電子ビームと同様、電界・磁界により正確に高速度に偏向制御ができます。従って、1ミクロン以下の径をもった小さいイオンビームを作ることができますと、電子計算機制御により、不純物を入れる位置・二次元的形状・深さ・濃度などを任意に指定してイオン注入を行なうことができます。このようにして、マスクを使うことなしに任意のパターンをもった不純物層を半導体表面に正確・迅速に形成させること

ができ、半導体処理の自動化が可能となりますが、これはイオン注入技術の将来の大きな問題として実現を期待されております。

イオン注入技術は現在世界的に注目されていますが、日本でも数グループにより大規模な開発研究がスタートしつつあり、^(註)イオン注入法が半導体処理技術の中で特長ある地位を占めるのも近い将来のことであろうと思われます。

註) このたび当所のこの技術は新技術開発事業団によっても画期的な国産技術として、これを育成、実用化するための研究が行なわれることになりました。

放射線照射によってできる反応中間体

— 低温剛体法による研究 —

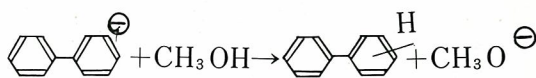
分子が放射線や光によって励起されると化学結合の切断、電子とイオンへの解離などが起ります。このようにして生じた分子の破片はエネルギーや反応性に富み、いろいろな反応で、たとえば百万分の何秒というような短い時間で速やかに消えていきますが、その様子を直接的に観測することは反応の過程を正しく理解する上で大切なことです。このような研究の積み重ねによっていままで知られなかった新しい生成物を得る可能性もあるわけです。

そのような短寿命の中間体を観測するために当所の放射線化学研究室（主任研究員 今村 昌）では300万電子ボルトのバンデグラフ加速器を建設しました。これは強力なパルス放射線の照射により、中間体の寿命内にその電子吸収スペクトルなどを測定するものです。

中間体を観測するもう一つの方法は低温で凍結させた試料を照射し低温のまま吸収スペクトルや電子スピン共鳴（ESR）吸収などをしらべることです。この方法では照射によってできた中間体が低温で固い媒質中にとじこめられているため十分長い間安定に保存することができます。たとえばメタノールを -196°C の温度でガラス状にし

たものにガンマ線照射すると図の点線で示した吸収によってこい青紫色になり、その色は温度をあげない限り一年以上も消えないでいます。この試料のESRをしらべると自由電子に近い状態の電子が生成していることがわかり、着色の原因はこの電子によるものであることが示されます。

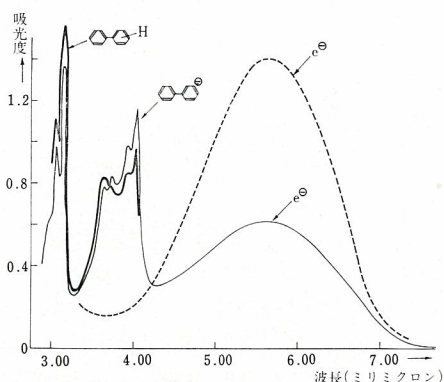
このようにしてできる電子やその相手の正孔はもともと反応性に富むものですからあらかじめガラス体の中に適当な物質をとかしておくことと反応していろいろな中間体を生成します。たとえばメタノールの中に少量のビフェニルをとかした場合は図の細線で示すように電子の吸収は減り、かわって二つの吸収帯が現れます。ESRの結果などから一方はビフェニル陰イオン、他方はビフェニルに水素が附加したラジカルによるものであることがわかります。さらに -196°C で1時間ほどおくと太線のようにイオンからラジカルへの変化がみられます。これはつぎの反応がゆっくりと進んでいるためと説明できます。



この反応は常温では $10^{-6}\sim 10^{-4}$ 秒位でおわってし

まうことがパルス照射の実験でたしかめられます。

低温法の特長は未知の中間体の同定が容易にできることですが一方、パルス法では反応の速度定数を求めることができます。われわれは両方法の特長をいかして中間体をしらべ、それによって放射線分解の初期過程をよりよく理解したいと思っています。



海外だより

ウィーン便り

服部行彦 (放射線生物学研究室副主任研究員)

「音楽の都」ウィーンに住んでサイエンスの研究をする。うらやましいと感ずる人もあるでしょうし、場違いな処で無粋なことをすると笑う人もありましょう。この一年間私はウィーンに住んで、その郊外約 30 km のサイベルスドルフにあるオーストリアの原子炉センターで、食品の放射線による殺菌の国際共同研究に従事しています。その名はサイベルスドルフ・プロジェクト。日本とイスラエルを含む欧米 10 数カ国と国際原子力機関 (IAEA) と経済協力開発機構 (OECD) の下部機構であるヨーロッパ原子力機関 (ENEA) とが参加して約 3 ケ年にわたってつづけられてきました。日本は工業先進国のクラブといわれる OECD に加盟したのにもない、その事業の一端として参加しています。私は科学技術庁の要請により、前任者の岡沢博士と交代にこちらにきました。

オーストリアはかつてのオーストリア・ハンガリー大帝国の崩壊後、ドイツ系住民のみの部分から成る人口約 700 万人の小さな国で、主として観光収入にによってお義理にも科学的な研究に適している国とは言えませんが、このプロジェクトがオーストリアで行われるに至った大きな理由として、第二次大戦後オーストリアは中立国となり国際機関の招致に熱心であることがあげられます。前記の IAEA もその一つであり、その本部はウィーンを目抜き通りにオペラ座と並んでいます。放射線利用のプロジェクトなので IAEA のおひぎ元でやるのが認められたのでしょうか。また中立国であるために東欧の社会主義諸国も参加できる点

も買われたのでしょうか。国際協力と言うからには、参加各国が負担を分担するわけですが、協定では各国は金又は研究者を送る、となっているので国の事情によって色々です。地元のオーストリアは建物や設備、消耗品の大部分を提供し、その負担の重いのに悲鳴をあげています。米国を含む大部分の国は研究費は出さず研究者を派遣していますが、それすらもできない小国、イスラエル、ハンガリー、ブルガリヤなどは IAEA のフェロウシップをもらった研究者を参加させると言う苦肉の策?をとっています。それに対して研究費持参で研究者を派遣しているのは日本と西独だけですから、日本の国力たるや大いに評価されています。日本としてはプロジェクトに参加した実利を除いても国力誇示の目的は大いに果たしたと見るべきでしょう。

研究はヨーロッパで広く飲用されているリンゴジュースをモデル食品として取り上げ、その殺菌条件の検討、照射によるジュースの品質ならびに成分変化の検討、照射されたジュースの動物に対する毒性試験の 3 つの方向にそって行われてきました。私の分担は前任者のあとを受けてジュースを変敗させる糸状菌(カビ)の殺菌条件を調べることです。研究の中で一般の人にとって興味がありそうなのは動物試験でしょう。それにはネズミの他に 34 頭のブタが使われています。ガンマ線で照射殺菌したジュースを 1 頭当たり毎日 2 ℓ ずつ与え、1 年後に殺して対照と比較して異常があるか否かを調べようというのです。これまでも 4 頭死んでいます。それらはいずれも照射殺菌したジュースの投与とは無関係であると判定されています。ブタは 2 月中旬に殺される予定ですが、元気に肥ってあと 2 か月足らずの余命を楽しんでいます。

◇理研シンポジウムのお知らせ

2月には、前号でお知らせしたのと別に、次の理研シンポジウムが開催されます。ふるってご出席下さい。(本件の担当は図書・発表課編纂係です。)

☒テーマ サイクロトロンによるR Iの製造
 と き 2月18日(火) 10時~17時
 ところ 当所第2会議室
 講演者 山崎文男(放同協)、村上悠紀男(原研)、斉藤信房、唐沢 孝、橋爪朗、

野崎 正(以上当所)の各氏

☒テーマ 薄膜
 と き 2月24日(月) 9時~17時
 ところ 機械振興会館(港区芝公園21-1-5)
 講演者 猿渡雄二、魚住清彦、河津 璋(以上東大)、小野雅俊、中山勝矢(以上電試)、伊東謙太郎(信州大)、大宮敏数(上智大)、伊東糾次(早大)、難波 進、金釜憲夫(以上当所)の各氏

重窒素の提供、 分析サービスの紹介

当所の研究成果を利用したの各種サービス業務の一つに重窒素の提供と分析があります。

生体を構成する最も重要な元素である窒素には原子量が14と15の2種の安定な同位体があります。後者が重窒素(^{15}N)と呼ばれますが、天然にはわずか0.365%しか存在しません。この ^{15}N を適当な方法で ^{14}N から分離したり、あるいは相対濃度を高くしたものはいろいろに利用されます。

たとえば、生体内で窒素がどのように行動するかということは農学、医学、薬学方面で重要な研究課題ですが、このような時、トレーサー(追跡元素)として重窒素を用い、質量分析計で追跡することができます。

当所ではすでに化学交換法によって ^{15}N を効率的に完全分離する方法を発明、開発し、以来十数年にわたって、 ^{15}N を関係の大学、研究機関に頒布し、さらに追跡元素として使われた後の ^{15}N 濃度の分析もすべて引き受けています。

このサービスの利用者は日本だけではなく東南アジアにも及んでおり、各方面で優れた研究が得られています。なお、土壌肥料学の方面では、近く日本全国の農事試験所を網羅した大規模な研究が当所のこのサービスを基盤として行なわれようとしています。

新主任研究員紹介

このたび、当所触媒研究室の主任研究員に田中一範氏を迎えました。氏は昭和28年北大化学科を卒業、北大触媒研究所よりニューヨーク大学に留学し、反応速度論の研究、特にアンモニアの合成の機構を反応速度論の立場から解明した研究により、高く評価されている研究者で、触媒研究室の新しい発展が期待されます。



アメリカのMc' Grawhill が出版している Scientific Research という雑誌の12月23日号の“Riken: a Japanese phoenix”という一文に、理研の事が歴史的にやや丁寧で紹介してある。戦争で壊滅した理研が廃虚から再びよみがえり、新しい敷地に研究所を建て、研究活動を始めたのを“Phoenix 不死鳥”と呼んだのであろう。理研も近頃漸く注目されるような、成果が上りつつあるようになったが、これも、新理研になってから10年間に、若い有能な人材を集め得たのと金の事も一応は心配せずに研究らしい研究に専念出来るようになったお蔭だと思ふ。芽や花はとかく目につきやすいが、肥料を忘れたら Phoenix どころか単なるコンクリートの魂になってしまうだろう。(YS生)