



放射線医療・被曝そして宇宙ガンマ線観測にも有効な ダイヤモンド・リコイル・テレスコープ(DCRT)の開発

柏木 利介* 日比野 欣也** 奥野 祥二***内堀 幸夫**** 北村 尚****
高嶋 健***** 矢島 佳央理***** 太田 幸雄***** 横田 護*****

Development of Diamond Compton Recoil Telescope

Toshisuke KASHIWAGI* Kinya HIBINO** Shoji OKUNO*** Yukio UCHIHORI****
Hisashi KITAMURA ***** Takeshi TAKASHIMA ***** Kaori YAJIMA *****
Yukio OHTA ***** Mamoru YOKOTA *****

1. 緒言

ダイヤモンドはエネルギーバンドギャップが最も大きい半導体素材として知られ、様々な検討が行われているが、我々としてはこの素材を用いた放射線センサの開発を行っている。

センサとは物を測る、というある意味簡単な装置と考えられがちだが、完全なセンサを開発するには、多くの難題の解決が必要であり、そのハードルは他の電子デバイスを開発するより困難であることが多い。

その代表が「放射線センサ」であり、このセンサでは

電子100個程度の揺らぎを測定するレベルが要求されている。

このダイヤモンド放射線センサが近い将来、完全に開発できれば電子工学関連の他のダイヤモンド・デバイス開発にも大いに役立つ結果が得られるだろう。この放射線センサ開発から得られる電子工学的な事項とは、半導体としてのキャリア(電子・正孔)のドリフト移動度、電子飽和速度、適切なショットキー電極やオーミック電極の製作といった、様々なダイヤモンド半導体素子開発で直面している性能である。

ところで、他のダイヤモンドセンサとしては、「紫外光だけに感ずるセンサ」、「圧力センサ」「温度センサ」等の物理的センサが考案されていると共に、ダイヤモンドが安定であることを利用した「超微量物質検出センサ」「ガスセンサ」などの特殊な応用も考えられている。我々の研究開発は、この様な他のダイヤモンドセンサ開発にも、影響を与えることになるだろう。

ダイヤモンドを用いたセンサは特殊な目的として使われていくことになるだろうが、今後多くの研究者が、様々な観点からダイヤモンド素材に対してアプローチしていくことで、この素材の有効性が明らかになっていくだろう。また、我々の行っているダイヤモンド放射線センサの製作もその一助になりたいと考えている。

2. ダイヤモンド・コンプトン・リコイル・テレスコープの発案

現在、ダイヤモンド・コンプトン・リコイル・テレスコープ(DCRT)を発案している。ダイヤモンドは原子番号が小さいため光電効果を起こしにくく、約10keVのエネルギーを超えたX・γ線に対して、ほとんどがコンプ

*専任講師 情報システム創成学科

Lecturer, Dept. of Information Systems Creation

**助教授 物理教室

Associate Professor, Physics

***助手 情報システム創成学科

Research Associate, Dept. of Information Systems Creation

****放射線医学総合研究所

National Institute of Radiological Sciences

*****宇宙航空開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

*****東邦大学

Department of Physics, Toho Univ.

*****学校法人工学院大学

The Special Engineering College of Kogakuin

*****学校神奈川県立向の岡工業高校

Mukainooka Technical Highschool

トン散乱を引き起こす素材である。

例えばダイヤモンド検出器を数枚重ね、 $X \cdot \gamma$ 線を入射させると散乱を続けていくことになり、最終的にエネルギーが低くなった時点で全エネルギーが吸収されることになる。この性質を利用してやると、 $X \cdot \gamma$ 線の入射方向と共に、入射粒子の全エネルギーを決定することができる。

現在のシミュレーションでは一つの 500keV のエネルギーを持った γ 線に対して0.5度程度の角度分解能(入射角度の決定精度)が得られている。また実際の測定としてエネルギー分解能(エネルギー決定精度)は、Si 検出器と同等な結果が得られている(後述)。

現在、医療現場はX線やCTなどの放射線装置が使用されているが、多量の放射線線量を照射しなければ鮮明な画像を得ることはできない。簡単には約10年間、X線医療検査を受け続けた人は、1/1000程度の確率で、放射線被曝からガンを生ずる、ということが話題になっている。

このDCRTという装置が実現化すれば、患者に対して約1/100程度に被曝線量を減らすことができるだけでなく、画像もより鮮明になると考えている。またこのDCRTは医療方面だけでなく、宇宙における $X \cdot \gamma$ 線観測に関しても、今まで考えられていなかったような方向決定精度とエネルギー決定精度を持った観測を行うことができると考えている。本研究では、このDCRTの基礎研究を行っているのである。

そしてDCRTのアイデアが実証されると、全世界でこのDCRTを用いたX線検査やCTの装置が取り入れられ使用されることになるだろう。また、宇宙 $X \cdot \gamma$ 線検出機器としても独壇場の計測機器になるだろう。

ところで、本研究で使用しているダイヤモンド素材は住友電工から購入しているが、実際のダイヤモンド検出器の製作は、情報システム創成学科(旧経営工学科)のクリーンルームを使用している。現在、このクリーンルームでは、DCRTの基礎研究を行うことができるような施設を備えており、これらを活用して研究を行っている。

この研究に関して、今まで様々な結果を得ることに成功している。特にエネルギー分解能(入射放射線のエネルギー決定精度)に関して、ダイヤモンド検出器の性能は、従来のSi検出器に匹敵した性能を得ている。

現在、研究が不十分な点は、ダイヤモンド検出器に入射する $X \cdot \gamma$ 線の入射位置を100 μ 程度の位置分解能で決定できるかどうかを検証することにある。このため、ダイヤモンド検出器の電極を100 μ m程度のストライプ電極に構成し、それぞれの電極にアンプを付け、位置分

解能という観点でも十分な特性が得られることを確認したいと考えている。なお、この位置分解能を実験するためにマスクライナーという装置を、科学技術研究費で購入済みであり、このための製作および検査を行う準備が出来ている。今後は様々な製作と検査を行う現状である。

ただし、実際にDCRTを元にしたCT装置等の製作には、アンプ系とコンピュータによる多チャンネルデータ取得システムを備えることが重要な問題である。このアンプ台数は、数100チャンネルが必要である。このためのシステムとして、CAMACやVMEというシステムを導入する予定であるが、予算としては数千万~億が必要である。しかしこの様な金額は大学予算でまかなえる額では無く、外部の競争的資金の調達を行わなければならないと考えている。我々は今までに、科学技術研究費(B)(A)をこの研究のために頂いてきたが、本研究を達成するためには、さらに多くの資金を必要としている。

そのため、今からこの様な医療や宇宙での予算取得や応用を考えるべきと思ひ、特に放射線医療で日本の中核をなす「放射線医学総合研究所」や、宇宙 $X \cdot \gamma$ 線観測に関しては「宇宙航空開発機構(JAXA)」のメンバー等と共に共同研究を行っている。今後、これらの研究者と共同研究を行うと共に、各研究所での資金を獲得していくことを検討していきたいと考えている。

なお具体的には、数億円の資金が応募可能なJSTなどの計測関係のプロジェクト研究に関しても積極的に応募を考えているなど、今回の研究で得られる基礎データの結果を元に、様々な競争的予算申請へアプローチしていきたいと考えている。

3. ダイヤモンド放射線センサ開発の現在

前述した様に、ダイヤモンド放射線センサを開発することは、センサとして使用すると共に、ダイヤモンドの半導体としての性能を検査するという点においても有効である。

半導体材料としての性能は、キャリア(電子・正孔)の挙動で決まる。これを明らかにするためにダイヤモンドセンサを構成し、放射線を入射させることによるキャリアの観測方法がある。放射線の使用は、電子工学分野には異質として考えられがちだが、この方法は実に50年以上前から様々な半導体のキャリアの測定に用いられてきた。そして以前より良質な人工ダイヤモンド素材が得られるようになってきた現在、ダイヤモンドセンサに対して、この様な研究が必要と考えている。

ところで、ダイヤモンドを用いたセンサ開発、特に放射線センサとしての開発は、1940年代に「クリスタル・カウンター」という名前ではじめての研究が行われていた。しかし本格的な研究は1970年代頃に主に旧ソ連を中心とするグループによって行われ、固体センサとして代表的なSi放射線センサとくらべて遜色の無い性能を持つ可能性があることが知られている。しかし、その当時用いられていた天然ダイヤモンドが、あまりにも高価であり、大面積で均一な結晶が得られない、という欠点から、有望であるにもかかわらず、研究は進まなかった。

その後、約30年を経過し、ある程度良好な人工ダイヤモンド素材が入手できるようになったことで、現在は様々なグループによってダイヤモンド放射線センサの開発が行われている。しかし、他のグループが扱っている材料は、大きな面積が得られるCVD法を使用したものばかりである。また、このCVDを用いた放射線センサからは良好な結果は得られていない。

CVDという方法はある基板を高温中に置き、その上に炭素を積もらせて共有結合結晶を作っていく方法だが、ダイヤモンドと格子間距離が近い基板物質が見つからず、完全な単結晶を得ることは今のところ無理である。また、CVDダイヤモンド結晶を用いた放射線センサでは、放射線入射によって発生した全ての電荷を集めることができず、放射線に対して応答があることが確かめられている程度である。

ところで、この様な発展途中のCVDダイヤモンド材料に対する検査と、ダイヤモンドが本来持っている真の性能を測定することは別問題と考えている。大面積のCVDダイヤモンドの放射線による検査を進めると共に、小さいながらもダイヤモンドが本来持っている真の性能検査を進めるべきである。その為には、現在結晶として最も良い品ができる、超高压合成法によるIIaダイヤモンドを調べることが重要と思ひ、我々はこの素材に対する研究を行っている。

様々な研究がダイヤモンドに対して行われ、最終的にN型半導体が形成でき、大面積の製品が可能になったとしても、ダイヤモンド本来の半導体としての性能が他の半導体に勝っていなければ、ダイヤモンドに対する研究開発は、無意味なものになってしまう。

現在、様々な推測、およびシミュレーションからダイヤモンドはSi半導体に対して利点があるからこそ開発が行われているが、現状では、その多くのデータが未確定である。我々の様に良好な結晶を持ったIIaダイヤモンドに於いて、真のダイヤモンドの半導体としての性能を出しておくことは、将来のダイヤモンド半導体産業が

確立できるのかどうかという答えを出すことにつながっていくと考えられるだろう。

前にも述べた様に、特に半導体材料としては、キャリアの性質を明らかにすることが重要である。そしてこの目的の為に放射線を利用し、センサ開発を行うことは有効な方法と考えている。なぜなら、ダイヤモンド放射線センサ開発とは放射線が作り出した数100個程度の微小なキャリアの挙動を観察することができ、他のいかなる測定よりも詳細にキャリアの移動を観察することができるからである。

また、ショットキー、オーミック電極構造が完全であることがこの放射線センサには求められており、この点でも完全な放射線センサができれば、他のダイヤモンド半導体デバイスにも役に立つと考えている。

逆に言えば、放射線センサを作ることは半導体デバイスの中でも、おそらく最も難しいことであり、この放射線センサを製作することで、ダイヤモンドという材料が他のデバイスとしても有効かどうか解ってくると考えている。

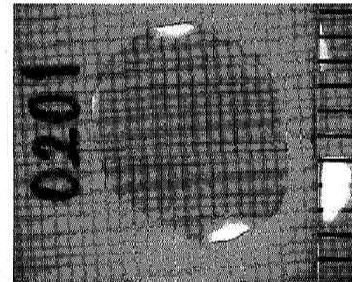


図1 使用している、超高压合成法によるIIaダイヤモンド (~9 mm × ~7 mm の面積で厚さは183 μm)

3. ダイヤモンド検出器の構成

まず購入したダイヤモンドを図1に示す。約8mmφで、会社で183μmまで研磨を行ってもらっている。このダイヤモンドは超高压合成法によるIIaダイヤモンドであり、現在この方法では、これ以上の大きさのダイヤモンドを製作することはかなり難しい。

入手したダイヤモンドは酸や有機洗浄を行い、高温処理などを行った後、ガラスエポキシの樹脂に糊で接着し、両側から、アルミ、Ti/Ptなどの電極を真空蒸着法で着けている。

実際に構成したダイヤモンドセンサの側面断面図を図2に示す。正面から撮影したものを図3に示す。

ダイヤモンドはボロンがドーピングしてあるp型半導体である。またエネルギーバンドギャップが大きいので、ほ

とんどの金属とショットキー接触となる。また我々が製作しているセンサでは、真空蒸着によってアルミ着け、ダイヤモンドとショットキーバリアを形成している。

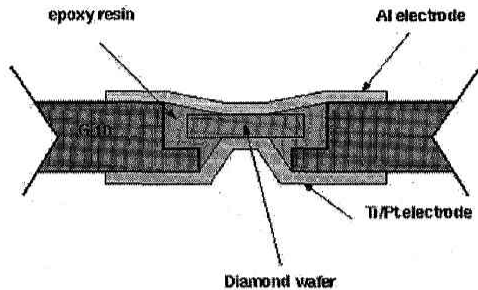


図2. ダイヤモンドセンサの側面断面図 (G-10 のガラスエポキシ樹脂にダイヤモンドを糊付けしている。その上からアルミ電極を、例えば表面は Ti/Pt 電極を真空蒸着によって着けている。(注)表面の構造は本文中を参照)

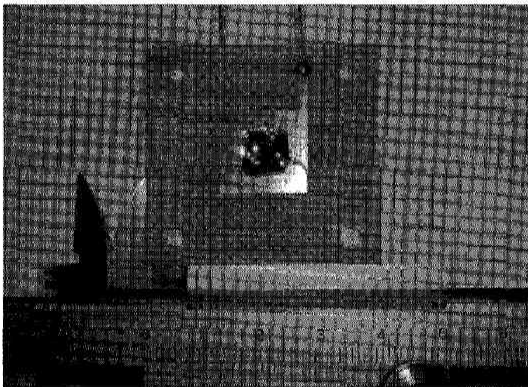


図3. ダイヤモンドセンサの正面写真

問題は裏面でありショットキー面に対して、オーミック接触になっていなければならない。単に裏面に Ti/Pt をつけることでも、ある程度のオーミック特性は得られるが完全ではない。他の方法では、ダイヤモンドに数 100°C に熱を与えたうえで水素を流すことによって、表面に水素を着ける、という水素終端法や、ダイヤモンド表面に高濃度にボロンをドーピングしたエピタキシャル層を着けることでオーミック電極を得ることが有効であるとされていた。しかし、前者は実際に試してみたところ、完全なるオーミック接触には成らず、かつ後者も完全な電極は得られていない。

本研究ではこの難しいオーミック接触電極を DLC (Diamond Like Carbon) 膜を使用することで可能であることを突き止めている。

この方法では、超高圧合成法のダイヤモンド基板の中心に DLC 膜を成長させ、約 800°C の高温炉の中で Ar (95%) + H (5%) を数時間流すことによって DLC の抵抗値が下がり、この上に金属を真空蒸着することで完全なオーミック接触電極が得られることが解ったのである。この方法は比較的簡単であり、汎用性という観点においても有益だろう。

ただし、この方法による DLC 膜は水素の影響で剥がれやすく、密着性に欠けている。そこで現在、図4に示す様に taC 膜を着けたオーミック接触の検討を行っている。この taC 膜は、水素終端処理を行った後も、密着性に優れ、かつ、オーミック膜が得られることがある程度は解ってきた状況である。

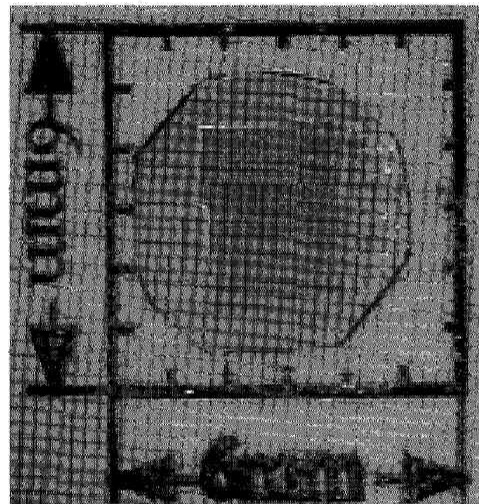


図4. オーミック接触として taC 膜を使用した場合の写真 (ダイヤモンドの中心に長方形に写っている物が taC 膜である。)

ただし、高温処理の方法は未解決な問題が多く、現在検討中である。

ところで、この taC 膜は別の観点が考えられる。現在この膜は島津製作所に依頼して着けているが、島津製作所では、直径 8inch φ にも及ぶ taC 膜が出来ている。

また、この taC 膜は、今までの DLC に比べて良質なダイヤモンドを構成することができている。

ダイヤモンドの製作法として我々が用いている超高圧合成法以外に、CVD 法による製作法が考えられるが、さらに、この taC という全く新しいダイヤモンドをオーミック接触を得るための目的だけでなく、この素材を用いた大面積ダイヤモンド・センサが出来る可能性がある。

またこの taC 膜は、今まで機械的な特性はかなり検査されているが、キャリア(電子・正孔)がどのような動きを

示すか、という電子工学的なアプローチは殆どなされていない現状である。我々は、この taC 膜を基に放射線センサを開発し、そのキャリアの動きを検査してみることを現在検討している。

もし、この taC 膜でのキャリアのドリフト移動度が大きいことが確認できれば、センサだけでなく、各種の大面积ダイヤモンド開発への大きな貢献がなされるだろう。

前述した様に、ドリフト移動度などの電気的特性は、他の方法より放射線を用いることで、より精度の高い測定ができる。また、こういった方法は、我々のみのグループでしか行うことができないと考えている。

4. 漏れ電流の測定

ダイヤモンド放射線センサが製作された後、真っ先に行うテストは高電圧を印加した場合の逆方向漏れ電流の測定である。様々な洗浄、高温処理、糊の塗布、金属電極を着ける際にも、汚染に注意しながら作業を行っており、図5に示す様に実際に良好な漏れ電流の測定結果が得られている。

図5で明らかな様に、ダイヤモンドセンサに 1000[V] 以上の電圧を印加しても、漏れ電流は、数 p~10pA 程度しか流れないことがわかる。

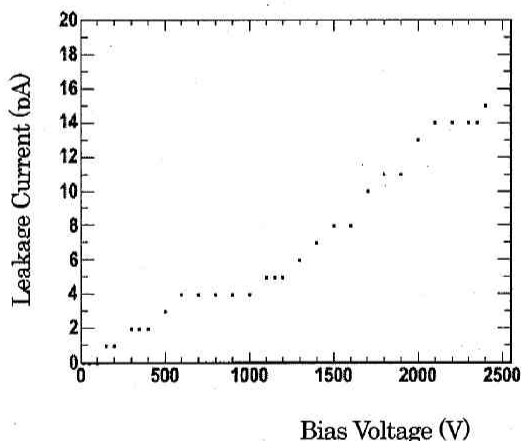


図5. 高電圧を印加した場合の逆方向漏れ電流の値

例えばシリコンセンサの漏れ電流は良い場合でも数 10nA であることを考えると、1/1000 程度の良好な値である。この結果は、シリコンよりもダイヤモンドのエネルギーバンドギャップが5倍程度大きいことに依存している。シリコン検出器でも十分低温にしてやれば 1nA を下回ることが出来るのだが、ダイヤモンドでは、低温にしなくても、この様に低い漏れ電流値が得られるのであ

る。

放射線センサにとって、この電流測定は重要である。この漏れ電流は直流的にセンサを流れる電流であり、ノイズ源になる。ダイヤモンドセンサは、この漏れ電流値が低いことで放射線を検出する際に、高エネルギー分解能を得ることができるのである。

5. α 線によるダイヤモンドの測定

DCRTを製作する予備実験として、 α 線による測定を行った。つまり製作されたダイヤモンドセンサが放射線センサとして、どの程度のエネルギー分解能(エネルギー決定精度)を得ることができるかどうかを実際に放射線を入射させて行ったのである。使用した線源は Am-241 から放出される 5.486MeV からなる α 線である。

計測された結果を図6に示す。

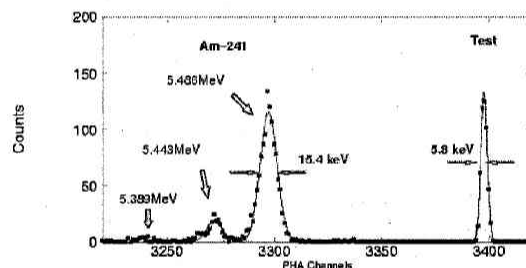


図6. Am-241 から放出される 5.486MeV からなる α 線を製作したダイヤモンドセンサに入射させた場合のエネルギー分解能

図を見て解る様に、5.486MeV の入射エネルギーに対して 15.4keV (FWHM) のエネルギー分解能が得られていることが解る。この値はシリコンセンサで測定された値にほぼ匹敵した良好な値である。また、Am-241 から放出されるエネルギーは 5.486MeV が圧倒的に多数であるが、少量ではあるが、5つのエネルギーを持った α 線も放出されている。図6では、そのうち3種類のエネルギーも検出されており、これもダイヤモンドセンサが良好に働いているということを意味している。

6. α 線を測定する回路とキャリアの測定

半導体センサにおいて放射線を検出するには、センサに使用されている物質が、N型であるか、p型であるかが重要である。また、センサは片面はショットキーバリア電極であり、もう片面はオーミック電極となっている

が、空乏層はショットキーバリア電極側から発生し、印加電圧を上げるにしたがってオーミック電極側に広がっていくことになる。

前述した様に、現在使用されているダイヤモンドは、超高圧合成法で作成された物であるが、ボロンが少量のこっているp型素材である。

ところで、ダイヤモンドでn型素材は現在までは製作されていない。通常、Si等でn型半導体を製作するためにドーピングする物質であるP(リン)のエネルギー準位は、ダイヤモンドの場合は充満帯から上に1.7eVあり、このリンでは、N型素材にはなり得ない。ダイヤモンドでn型となるドーピング物質が見つければ大発見である。つまり、現在世界中で様々な開発が行われているダイヤモンドは全てp型である。

このp型ダイヤモンドに対してアルミを真空蒸着してショットキーバリア電極を作り、アルミに向き合った電極にはDLC膜(またはtaC膜)を着けた後、真空蒸着で金を蒸着する、というやりかたでオーミック電極を形成す

る方法を現在はとっているが、その構成を図7に示す。また、この図では同時に α 線計測を行うための4種類の回路が示されている。

全ての図ではアルミ電極側にショットキーが形成され、印加電圧を上昇させるにしたがって空乏層(depletion layer)がオーミック電極である金(Au)電極側に向かって成長することが示されている。

ここで、 α 線はアルミ電極側から入射させるか、金電極側から入射させるかの2種類になっている。また、アンプをどちら側につなげるかも2種類になる。つまり、合計4種類の検出方法が考えられるのである。(注)この図の中で、放射線によって発生した電荷を捕らえる電荷有感型アンプは、Bias側に設置してある。

また入射 α 線はダイヤモンドの中で $\sim 13\mu\text{m}$ しか走れず、持っている全てのエネルギーをダイヤモンドセンサの表面付近だけに与えていることも考慮に入れて考えなければならない。

以下に、4種類の計測方法を述べることにする。

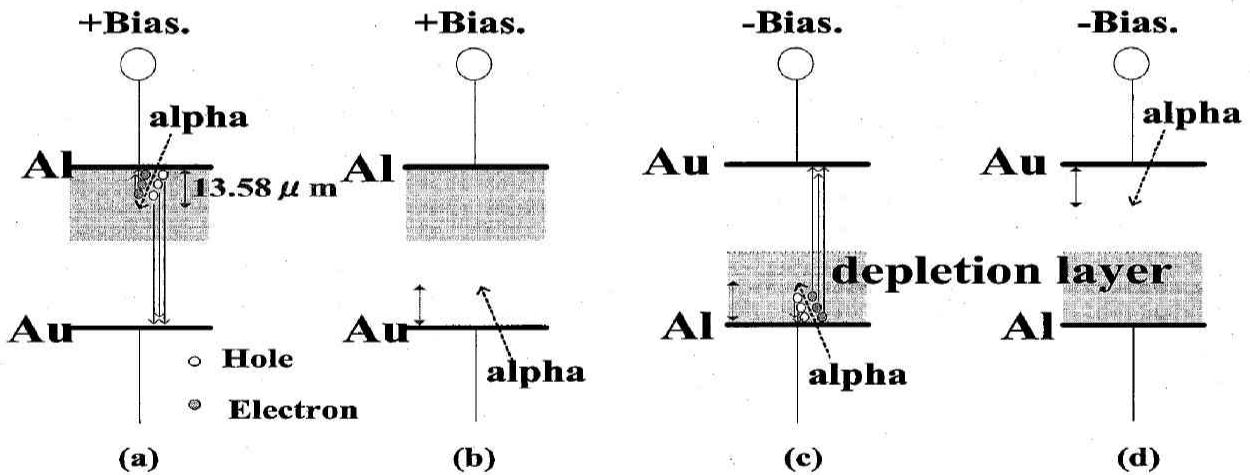


図7 ダイヤモンド放射線検出器で α 線を測定する方法 (注) Bias側に電荷有感型のアンプが接続されている

まず、図7(a)では α 線はショットキー接触であるアルミ電極側から入射され、与えられたエネルギーに比例した電子と正孔対が生じることになる。電子は+Bias側に走り、正孔は逆の金電極側に向かって走るようになる。ここで注意しなければならないことは誘導電荷という問題である。普通に考えると、+Bias側にアンプが着けられていることから、+Bias側に走っていく電子だけが検出される様に思われがちだが、金電極側に走って行く正孔も考えなければならないのである。+Bias側には、放射線入射によって発生した電子と正孔の両方の電荷が誘

導されることになるのである。その両方の電荷を+Bias側に着けた電荷有感型のアンプで測っているのである。

印加電圧を上昇させていった場合の飽和特性を図8に示す。図7(a)の回路の場合、低電場でもアルミ電極側はショットキー電極なので空乏層が作られており、入射させた α 線の全電荷(つまりエネルギー)を測定することができている。

それに対して、図7(b)の回路の場合、低電場では電荷収集率が低い、電圧を上げるに従って大きな値を持つことになる。この結果によって、アルミ電極側から

生じた放射線に有感な空乏層が金電極側に広がっていくにつれて、金電極側でも α 線のエネルギーが徐々に検出されていくことが解る。ただし、電荷収集率が100%にならないのは、印加電圧が不十分であると考えられる。

図7(c)の場合は、図7(a)と同じくショットキー電極を作っているアルミ電極側から α 線を入射させ、今度は金側に-Biasを印加し、同時に電荷有感型アンプにつながれている。図7(d)は、図7(b)の場合と同じく、オーミック電極である金電極側から α 線を入射させ、その入射に-Biasを印加している。

結果として図7(c)の飽和特性は、図7(a)と殆ど同じ特性を示し、また図7(d)の場合は、図7(b)と殆ど同じ飽和特性を示した。

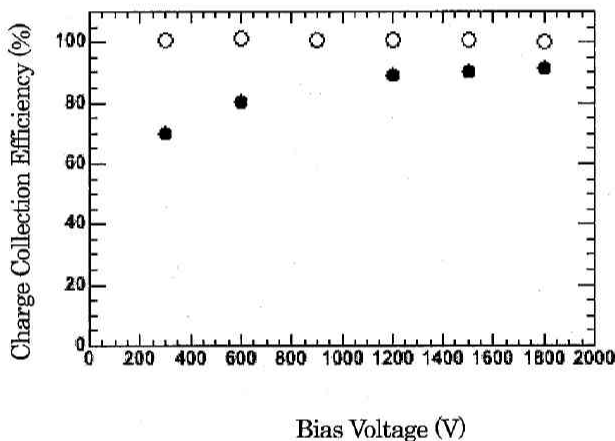


図8 ダイヤモンド検出器に α 線を入射させた場合の印加電圧と電荷収集率の依存性 ○:図7(a)の回路で測定した場合、●:図7(b)の回路で測定した場合を示す。

図7(a)の場合は正孔が長い距離を走り、図7(c)の場合は電子が長い距離を走るが、両方の飽和特性が同じであったということは、正孔も電子もダイヤモンドの中をトラッピングせずに良好に移動しているということを示している。また図7(d)と図7(b)と同じであったことも、図7(a)と図7(c)が同じ特性を持っていたことと同じであり、電子、正孔が長い距離を移動できたことを示している。

通常、半導体シリコンセンサでは、以上と同じ良好な値を示すが、アモルファス・シリコンなどを用いたセンサでは、特に正孔の移動度が電子に比べて数桁も低く、センサとしては良好な結果を得ることができない。

このようなキャリアの移動度を μ とし、電場をEとすれば、キャリアの平均ドリフト速度 v は、

$$v = \mu E$$

で表すことができるが、移動度が低い場合には、キャリアのスピードが上がらず、格子欠陥などのトラッピングセンターにつかまってしまい、放射線で発生させた全電荷を検出することができない。

アモルファス・シリコンなどのセンサでは、この問題があり、電子のみを検出しなければならない、センサとして良好な性能を得ることはできない。

それに対して、ダイヤモンドセンサでは、以上の様に4つの回路で試した結果、電子・正孔の両方のキャリアが共に良好に移動することができるという結果を得ることができたのである。

7. α 線によるダイヤモンドの品質調査

現在までに、 α 線によってダイヤモンドセンサのテストを行ってきたが、図6で示した様な良好な結果が得られない場合がある。図9はその様子を表している。

この図では、横軸に得られたエネルギー(ch)を示し、縦軸に各エネルギーであるchごとにカウントされた値(counts/ch)によるヒストグラムを示している。

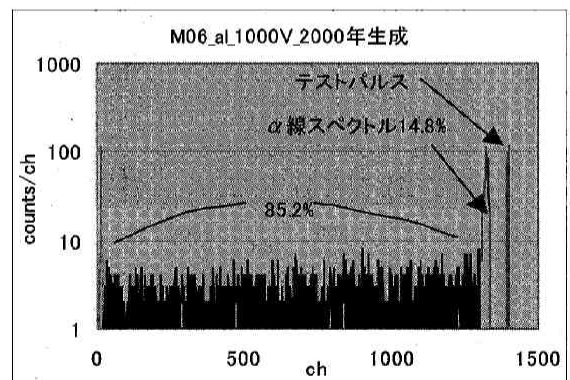


図9. 2000年に製作されたダイヤモンドを使用したセンサの α 線入射テスト。きれいなピークを形成しているのは14.8%だけであり、あとの85.2%はピークより下にてしまっていることが解る。

この図9は2000年に住友電工で製作されたダイヤモンドを使用したセンサの α 線入射テストである。見て解るとおり、きれいに α 線スペクトルのピークを形成しているのは14.8%だけであり、あとの85.2%はピークより下にてしまっていることが解る。

この結果は、入射させた α 線がダイヤモンドの良好な

場所に当たった場合に発生した電子・正孔対は、きれいなピークを形成しているが、ダイヤモンドの中の格子欠陥やひずみがある場所に α 線が入射された場合には発生したキャリアがそれらのトラッピングセンターに捕まってしまう、放射線によって発生した全ての電荷が検出できていないと考えられる。

2002年に製作されたダイヤモンドに対して、同じ測定を行った場合を図10に示す。

この場合はきれいな α 線スペクトルを示すピークは80.1%もあり、2000年に製作されたダイヤモンドセンサより良好であることが解る。

このような結果は、ダイヤモンドセンサの開発と言うよりも、ダイヤモンド素材の善し悪しを表している結果である。つまりダイヤモンドセンサを製作し、 α 線を入射するテストを行うことは、ダイヤモンド素材の品質を評価できる、新しい方法であると考えられる。

また、2000年に製作されたダイヤモンドより、2002年に製作されたダイヤモンドのほうが、良好な値を示しているのは、年々ダイヤモンドを製作している住友電工の技術が向上していると考えられる。

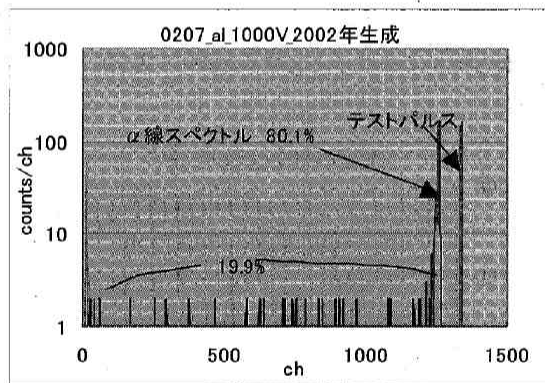


図10. 2002年に製作されたダイヤモンドを使用したセンサの α 線入射テスト。きれいなピークを形成しているのは80.1%であり、あとの19.9%はピークより下にでていることが解る。

8. まとめ

現在は、ダイヤモンド放射線センサに対して、本編で述べた様に、漏れ電流測定や α 線による検査を行っている。またそれ以外に、放射線医学総合研究所において、鉄などの重粒子入射させた場合の測定も行い、その反応検査も行っている。

この様に多角的にこのセンサ調べ、最終的には、ダイヤモンド・リコイルテレスコープ(DCRT)を製作して行きたいと考えている。

参考文献

- (1) 「Investigation of Basic Characteristics of Synthetic Diamond Radiation Detectors」IEEE-NS (in press)