

技術ノート

線照射した窒化アルミニウムにおける空間電荷

福地良一*¹⁾ 関口孝之*²⁾Formation of space charge in an AlN irradiated with γ -rays

Ryouichi FUKUCHI and Takashi SEKIGUCHI

1. はじめに

セラミックスは、電気絶縁性、耐熱性、断熱性、耐蝕性など優れた性質を持ち、これらの性質を用いて様々な分野で利用され、また、さらに利用拡大を目指して研究・開発がなされている。それらの中でエレクトロニクス分野に注目すると、集積回路基板、コンデンサー用誘電体、バリスタ、マイクロ波回路素子などへの応用がある。これらの集積回路や電子部品が放射線の場合で使用される場合のため、これらに用いられるセラミックスの電気的特性が、放射線によってどの様に変化するかについて調べてきた^{1) 2)}。その結果、現在集積回路基板として主に用いられているアルミナや高熱伝導性のためこれからの利用が期待されている窒化アルミニウムにおいて、線照射により誘電特性や絶縁破壊特性に変化を示すことが判った。

アルミナや窒化アルミニウムなどのセラミックス電子材料に線照射した時、コンプトン効果や光電効果によって発生する2次電子が、それらのセラミックスを構成する原子の核外電子と散乱を繰り返すことによって、多数の電子が伝導帯に励起される。その伝導帯の電子は、励起された時にできたプラスイオンとその後再結合するが、一部分はトラップサイトにトラップされて空間電荷を形成する。その時形成された空間電荷が、セラミックス電子材料の電気的性質に様々な影響を及ぼすものと考えられる。そこで、試料として線照射効果の大きい窒化アルミニウムを選び、熱刺激電流(ショート TSC)を測定することにより、空間電荷について調べた。ここでは、それらの結果について報告する。

2. 方法

2.1 試料

試料として、窒化アルミニウム(0.65×25×25mm)を用い、電極として試料の両面中央に金を20mmの大きさで400程度厚さに真空蒸着した。

*¹⁾放射線応用技術グループ*²⁾前放射線応用技術グループ

測定に際し、300℃でアニール処理することにより、1枚の窒化アルミニウムを使用した。

2.2 線照射

線源として⁶⁰Coの線を用い、空气中・室温で照射した。線量は、以前の測定結果¹⁾を考慮して300kGy(15kGy/hr, 20hr)とした。照射は、試料の前面(線源側)か背面(線源と反対側)にAl板(3×30×30mm)を密着して行った。

2.3 ショート TSC の測定

熱刺激電流測定装置を用い、2℃/minの昇温速度で室温から200℃までショート TSCを測定した。

a) 線照射後の測定

照射終了後10min以内に試料を測定装置にセットし、170minのあいだ室温で流れる電流をモニターした。その後、照射終了から180min経過した時点で昇温を開始し、TSCスペクトルを測定した。この場合、試料の背面から前面に電流が流れた時熱刺激電流の極性がプラスになる様に、測定装置に試料をセットした。

b) 電気的に分極化した後の測定

最初、乾電池を用いて149Vの直流電圧を3hr印加することにより、試料を分極させた。次に、測定回路をショートして3hr脱分極させた。それから、測定回路をオープンにして19hr保管した。最後に、再び測定回路をショートして1hr後に昇温を開始し、TSCスペクトルを測定した。なお、分極化開始から昇温開始までは、室温である。この場合は、試料を分極させた時に流れる電流の極性が、プラスになる様にした。

3. 結果及び考察

3.1 線照射後のショート TSC

図1は、窒化アルミニウムに線照射を300kGy照射した時のTSCスペクトルである。この図から、Al板を試料の背面に密着して照射した場合、電流の極性は室温から200℃までプラスであるが、Al板を試料の前面に密着した場合は、極性が2度反転していることが判る。

なお、照射直後も室温のまま脱分極電流が流れ、時間の経過とともに減衰した。

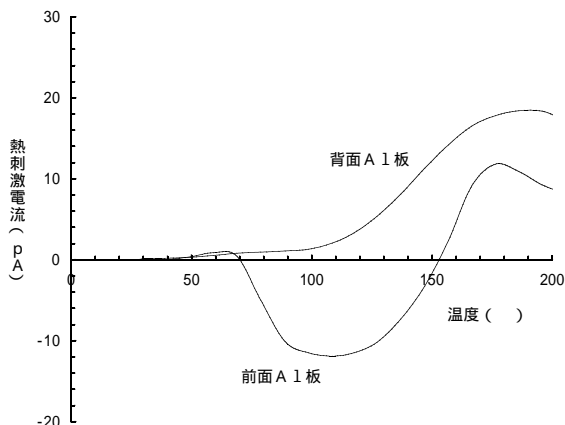


図1 窒化アルミニウムに 線を 300kGy 照射した後の TSC スペクトル

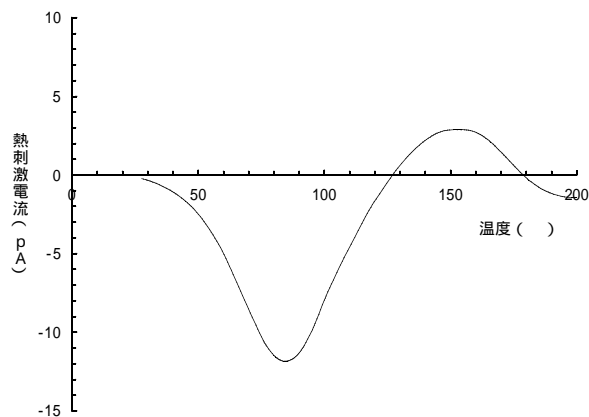


図2 窒化アルミニウムに 149V の直流電圧を印加した後の TSC スペクトル

3.2 電氣的に分極化した後の TSC

図2は、窒化アルミニウムに 149 V の直流電圧を 3 hr 印加して分極させた後の TSC スペクトルである。この図から、電流の極性は2度反転していることが判る。

3.3 窒化アルミニウム内部の空間電荷

既に 3.1 で述べた様に、線照射をする時 Al 板を試料の前面か背面に密着したが、これにより、Al 板内で発生する二次電子やそれに散乱された電子の一部が窒化アルミニウムの試料内に注入されることになる。そのため、前面に密着するか背面に密着するかによって試料内部での空間電荷の分布が異なり、その結果として、図1の様に TSC スペクトルのパターンが異なったものと考えられる。ただし、この違いを考える場合、線照射時に Al 板から放出される電子の数やエネルギーが前面と背面において異なる可能性、Al 板を試料の背面に密着した時、線源の Al 製ホルダーから放出される電子の影響、なども考慮する必要がある。

既に 3.2 で述べた様に、窒化アルミニウムに 149V の直流電圧を印加した場合、それによって試料内部にできた電場とは逆向きに分極する状態に、空間電荷が形成する。その試料を昇温することにより、脱分極過程を加速させた時の結果が図2である。

図1と図2を比較すると、Al 板を試料の前面に密着して線を照射した時の方が、直流電圧印加で分極した時の TSC スペクトルに近くなっている。このことから、Al 板を試料の前面に密着して線照射した場合、試料の前面側にプラス、背面側にマイナスの空間電荷が形成されているものと考えられる。これは、Al 板から窒化アルミニウム試料内に注入された電子のエネルギーが高いため、試料の前面で止まらず背面まで進入したことを示している。

線照射により、この様に試料内部に形成された空間電荷は、トラップサイトにトラップされた電子に起因していると考えられるが、このトラップされた電子が熱的に伝導帯に励起され、そしてプラスイオンと再結合することにより徐々に解消される。この過程において伝導帯に存在する電子が、誘電特性や絶縁破壊特性などの電氣的特性に影響を及ぼすものと考えられる。

4. まとめ

窒化アルミニウムに ^{60}Co の線を照射した時に生じる空間電荷について、ショート TSC を測定することにより調べた。ここでは、線照射時に窒化アルミニウムの前面か背面に Al 板を密着させた場合の TSC スペクトルと、149V の直流電圧を試料に印加して分極させた後の TSC スペクトルを比較した。その結果、試料の背面よりも前面に Al 板を密着した時の TSC スペクトルが、直流電圧印加によって分極させた後での脱分極を示す TSC スペクトルに近いことが判った。このことから、Al 板を試料の前面に密着して線を照射した場合、試料の前面側にプラス、背面側にマイナスの空間電荷が形成されているものと考えられる。この空間電荷が解消される過程で、一時的に伝導帯に励起された電子が、様々な電氣的特性に影響を及ぼすものと考えられる。

参考文献

- 1) 福地良一，関口孝之：東京都立アイソトープ総合研究所研究報告, 14, 15-20 (1997).
- 2) 福地良一他：東京都立産業技術研究所研究報告, 2, 118-121 (1999).

(原稿受付 平成 13 年 8 月 1 日)