

即発 γ 線ドップラー広がり法のホウ素の状態分析への応用

Application of Doppler Broadening of Prompt-Gamma Ray to Boron State Analysis

酒井 陽一¹⁾ 高山 努¹⁾ 渡辺 裕夫¹⁾ 久保 謙哉²⁾ 松江 秀明³⁾ 瀬川 麻里子³⁾

Yoichi SAKAI Tsutomu TAKAYAMA Yasuo WATANABE Kenya KUBO Hideaki MATSUE Mariko SEGAWA

¹⁾大同工業大学 ²⁾国際基督教大学 ³⁾原子力機構

ホウ素の $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する ^7Li から放出される 478keV-即発 γ 線のドップラー広がり測定・解析を、ホウ素の非破壊状態分析へ応用することを検討・推進した。

キーワード : ホウ素、 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応、即発 γ 線、ドップラー広がり

1. 目的

中性子誘起反応である $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応により生成する高エネルギーで運動している ^7Li から放出される 478keV-即発 γ 線のドップラー広がり測定・解析の分析化学への応用を検討し、進展させる。ホウ素を含む様々な天然物試料などについて測定し、ホウ素の物理的・化学的状态についての情報を非破壊的に得るユニークな手段としての有用性を確立することを目的とした。

2. 方法

1) 測定実験: JRR-3 に設置された即発 γ 線分析(PGA)装置により、 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する ^7Li から放出される 478 keV 即発 γ 線を測定した。

2) データ解析: ドップラー広がりをもった 478 keV 即発 γ 線線形を我々の開発した最小自乗カーブフィッティング法[1]により解析を行った。この解析で導かれる主要なパラメータは減速定数 D である。D は、高速 ^7Li の減速の時定数の逆数である。

3. 研究成果

今回は、ドップラー広がり法の状態分析の有用性を示すデモンストレーション試料としてシリコンウエハー基板上に炭素と微量のホウ素を CVD 蒸着した試料(チップ)を選択し実験を行った。炭素はダイヤモンドの状態に蒸着されることが期待されている。PGA 測定から 45.4 マイクログラムの B が試料チップには含まれていることがわかった。また、測定値から以下の2点がわかった。

(1) 膜厚: 約 20 マイクロメートル、 (2) B in diamond 濃度: $> 1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$

上の実験方法で述べたドップラー広がりスペクトルの解析により、以下に示す D 値(C(diamond)が求められた。これまでに得られた他の金属も D 値も、比較として示している。

D 値 (単位 10^{12}s^{-1})

	実験値	LSS 値
B	2.57	2.54
C(diamond)	3.37 ± 0.01	3.67
Si	1.5	1.37
Fe	2.99	2.67
Co	3.02	2.88

4. 結論・考察

D値は大変大きい値、 $3.37 \times 10^{12} \text{s}^{-1}$ を示した。B金属の値($2.57 \times 10^{12} \text{s}^{-1}$)より大きいので、ダイヤモンド中のBはバルクではなく、ダイヤモンド中に十分に希釈されていると結論できる。LSS理論値(前ページの表参照)と比較したとき、ダイヤモンドのものよりは小さい値となっているが、これについては現時点では理由はわからず、今後の課題である。測定軸とB/diamond面のなす角を45度(デフォルト角度)で、測定したがドップラー広がり線形に非対称性は観測されなかった。このことは、 ${}^7\text{Li}$ の飛程(サブマイクロメートルのオーダー)に比べて、今回使用したチップのB/diamond膜厚はずっと大きいということを示している。

5. 引用(参照)文献等

[1]. A simple derivation of the formula of the Doppler broadened 478keV γ -ray lineshape from ${}^7\text{Li}$ and its analytical application. Michael K. Kubo and Yoichi Sakai, *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences*, Vol.1, 83-85 (2000)