

CVD ダイヤモンドを用いた高感度 X 線検出器の特性評価

Characterization of Highly-Sensitive X-ray Detectors Fabricated with CVD Diamond Films

伊藤 利道¹⁾、毎田 修¹⁾、岩鍛冶 陽子¹⁾、金杉 将幸¹⁾、齋藤 祐児²⁾、竹田 幸治²⁾

Toshimichi ITO, Osamu MAIDA, Yoko IWAKAJI, Masayuki KANASUGI, Yuji SAITOH, Koji TAKEDA

¹⁾大阪大学 ²⁾原子力機構

高品質 CVD ダイヤモンドを用いて作製した軟 X 線検出器について、印加電圧特性、軟 X 線エネルギー依存性、強度依存性や強磁場印加特性等を調べ、室温における低雑音特性、電圧印加による量子効率の大幅な増大や 10T 程度の強磁場下における使用可能性など、ダイヤモンド検出器の有用性を明らかにした。

キーワード: ダイヤモンド、固体検出器、強磁場、高外部量子効率、室温動作

1. 目的

高出力マイクロ波プラズマ CVD 法による高速成長プロセスを用いて作製した高品質ダイヤモンド層[1]を活用した紫外線・X 線検出器は、室温での低雑音(低暗電流)特性が得られるのみならず、簡単な素子構造で大幅な信号電流増幅を生じさせることが可能であることを見出した[2]。これらの特性は素子構造と密接な関係がある上、入射光子のエネルギーや密度にも強く依存することが判明した。そこで本研究では、表面汚染の影響を受け難い素子構造を有するダイヤモンド検出器について、入射光子のエネルギーや密度に対する検出特性の依存性、並びに、強磁場中の検出特性について知見を得ることにより、同検出器の有用性を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

膜厚が数十 μm の高品質ダイヤモンド層内で照射光子が完全に吸収される軟 X 線領域における検出特性を調べるため、BL23SU ビームラインにて以下の実験を行なった。

- (1) フォトン照射量を広範囲($6 \times 10^9 \sim 1 \times 10^{11}$ photons/s)に亘り変化させ、検出特性のフォトン照射量依存性を調べ、素子構造との相関を明らかにする。
- (2) 検出特性のフォトンエネルギー依存性について、500eV から 1600eV のエネルギー範囲で調べる。
- (3) 超伝導マグネットを用いて発生させた 10T までの静磁場を印加した状態で、上記(1)及び(2)を行うことにより、検出特性の磁場依存性を明らかにする。

3. 研究成果

従来のダイヤモンド検出器とは異なり、表面汚染の影響を受け難い積層構造を有するダイヤモンド検出器の特性評価に関して、得られた研究成果のうち、主なものを以下に列挙する。

- (1) 500eV の軟 X 線を 6×10^9 photons/s 照射した場合でも、印加電圧(V_0)10V 以下の低 V_0 特性として、外部増幅器を付加すること無しに、2桁以上の S/N 比を得ることができた。また、少なくとも測定した $6 \times 10^9 \sim 1 \times 10^{11}$ photons/s の範囲で単位時間当りの入射光子照射量に比例する検出信号強度が得られた。
- (2) 10V 以上の V_0 領域では、 V_0 とともに検出器の外部量子効率(η)は増加し、 $V_0=5\text{V}$ の場合に比べ、 $V_0=60\text{V}$ では数百倍に増大した。ダイヤモンド中における一対の電子—正孔対を形成するのに必要な平均的なエネルギーを 13.2eV とすると、1200eV のフォトン照射に対して、 $V_0=5\text{V}$ で $\eta=0.065$ 、 $V_0=60\text{V}$ で $\eta=28$ であった。
- (3) 10T 程度までの磁場印加下でも、検出特性は殆ど変化しなかったため、高磁場印加下でも積層型検出器は使用可能であることが示された。

4. 結論・考察

積層型ダイヤモンド検出器は、印加電圧に依存する増幅機能を有し、強磁場印加下でも使用可能であるため、室温使用できる小型軟 X 線検出器として今後の実用的展開が期待される。ダイヤモンド検出器の実用化を目指す上で、増幅度の更なる増大、並びに、未解明な研究課題の一つである時間応答特性について、今後の研究進展が望まれる。

5. 引用(参照)文献等

- [1] T. Teraji, H. Wada, M. Yamamoto, K. Arima, T. Ito: Diamond Relat. Mater., 15 (2006) 602.
- [2] H. Matsubara, Y. Saitoh, O. Maida, T. Teraji, K. Kobayashi, T. Ito: Diamond Relat. Mater., 16 (2007) 1044.