

CCD 技術の新展開

New breakthrough of CCDs

宮田 恵美 [1]
Emi Miyata[1]

[1] 阪大・理・宇宙地球科学
[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ

これまでのX線天文衛星は、10keV以下の結像光学系を備えた衛星が多かった。10keV以下の領域は主として、重力や衝撃波により加熱されたプラズマからの熱輻射が観測されるが、日本のX線天文衛星あすか等により、10keV以上の硬X線領域で非熱的輻射の成分が観測され始めてきた。超新星残骸や銀河団など多くの天体で、10keV以上の硬X線を撮像観測することにより、宇宙における粒子加速の現場を直接的に観測することができる。現在、10keV以上の硬X線領域での結像光学系として、名古屋大学を中心として開発されているスーパーミラーが注目されている。スーパーミラーの集光能力は80keVに到達し、超新星残骸からの ^{44}Ti 起源の核ガンマ線を観測することができる。 ^{44}Ti は超新星爆発時に星の最深部分で生成されることから、爆発時のミキシング、中性子星やブラックホール生成などの物理現象に対する直接的な知見を得ることができる。

私はスーパーミラーの焦点面検出器として、CCDとシンチレータを組み合わせた新しいタイプの広帯域高精度X線検出器(SD-CCD)を開発している。CCDはX線の直接撮像素子として優れたエネルギー分解能と位置分解能を併せ持つ。しかし、珪素を用いて製造されているために10keV以上での検出効率は下がり、60keV以上ではコンプトン散乱が主となり、これ以上の硬X線を珪素で光電吸収により検出することはできない。そこでCCDの裏面にシンチレータを直接塗布、もしくは接着することにより、CCDで吸収できない硬X線をシンチレータで吸収し、その放出光を同じCCDで検出する方式である。0.2keVから10keVは従来通りCCDで直接検出し、10keV以上の硬X線はシンチレータで吸収することにより、0.2keVから100keVにわたる極めて広いエネルギーバンドの電磁波を一つの検出器で検出することが可能となる。

硬X線に対する検出感度を高めるためには、厚いシンチレータを使う必要があるが、厚くすることで放出光の拡がりが大きくなりすぎて、個々のX線を分離して検出することができない。そこで、我々は浜松ホトニクス社の柱状に結晶成長させたシンチレータ(CsI(Tl))に注目した。結晶の径を10ミクロン程度まで細くすることができるため、放出光の拡がりを低く抑えることができる。実際にアモルファスカーボン基板上に結晶成長させたCsI(Tl)をCCDの表面に接着し、その放出光の拡がりを100ミクロンまで抑えることが出来、光子計数することに成功した。解像度を調べるために、SD-CCDの直前にシャープエッジを置き17.4keVの平行X線を照射し、解像度として10ミクロンを達成していることが確認できた。大型放射光施設SPring-8(BL20B2)において20keVから80keVまでの単色X線を照射し、エネルギーに対する波高値の線形性を調べ、線形近似からのずれはわずか4%であることが確認できた。エネルギー分解能はエネルギーの平方根に比例することが確認でき、シンチレータからの放出光の統計限界で決まっていることが判った。