

特集：高輝度 X 線 (I) — SPring-8 —

兵庫県ビームライン

千川 純一

兵庫県立先端科学技術支援センター*

Beamline "HARU" for Hyogo Prefecture

Jun-ichi CHIKAWA

Center for Advanced Science and Technology

1. 主旨

シリコンが金属から半導体に変貌したように、今世紀を構築したのは材料の評価・制御技術と言っても過言ではない。それを格段に進歩させるものとして、SPring-8 に対する期待が大きい。

しかしながら、この高輝度ビームの活用には高度の研究力が必要なうえ、研究設備投資も相当な額に及ぶことから、今日の経済環境では、企業の参入への決断が下しにくい状況にある。

そこで、兵庫県ビームライン HARU (Hyogo Advanced Research Union for SPring-8) を建設、SPring-8 で初めて達成できるマイクロビーム技術に焦点をしばって、優秀なリーダーを核として産官学のプロジェクト研究を実施し、新産業の創造や革新的な医療技術の開発をめざすとともに、産業界に SPring-8 の威力を実感する機会を提供、これに加えて数々の人材育成・技術向上プログラムを実施して、高輝度ビーム利用研究の普及を図る。

2. ビームライン

X 線領域で波長を連続的に変えて実施する実

験は全体の10%程度と予想し、波長をほぼ固定して、できるだけ多くの実験ができるようにする。

(1) トロイカ方式

分光器室内に数個のダイヤモンド結晶モノクロメータをタンデムに配置し、導入された放射光ビームから最初のモノクロメータで単色 X 線を取り出し、このモノクロメータを透過したビームは次のダイヤモンド結晶で別の単色 X 線を取り出すという具合に、波長の異なる単色 X 線ビームを、その廻りに配置した実験ハッチに分配して、4~5 つの実験が同時にできるトロイカ方式を採用した。

(2) アンジュレーター光源

トロイカ方式では、ダイヤモンド結晶から水平面内に回折 X 線を取り出すので、縦偏光の光源が理想的である。さらに、できるだけ広い波長領域を隙間無くカバーするよう「8 の字」型アンジュレーター¹⁾を採用した。これは電子ビームの上下、左右に配置した磁場周期26 mm の磁石列で構成され、3~50 keV の光子エネルギー領域で高輝度ビームを取り出すことができる。

* 兵庫県立先端科学技術支援センター 〒678-12 兵庫県赤穂郡上郡町金出地1479-6
TEL 07915-8-1100 FAX 07915-8-1166

(3) ガス雰囲気中の実験

最近、LEEDは、表面構造解析用のソフトが開発されて、広く利用されている。これに対し、X線の特長はガス雰囲気中の構造解析が可能なことである。このため、反応ガスを使用する。

3. 研究課題

県が実施した「兵庫県におけるSPring-8の活用方策に関する調査(平成4年度)」および「SPring-8のビームラインを用いたプロジェクト研究の実現可能性調査(平成6年度)」の調査結果によると、学術研究も、産業界の研究も、ともにマイクロビーム技術を利用した分野に研究課題が集中していた。そこで、高輝度マイクロビームによる材料と医学利用の研究を行うこととなった。

① 結晶表面構造のその場解析

ガスソースMBEやCVDなど、エピタクシー結晶成長による半導体、絶縁体、誘電体、金属等の薄膜の堆積構造のその場解析は、その性質が作成プロセスに敏感に依存することから、世界共通のテーマとなってきた。

本研究では、生産性の高いMOCVD(有機金属CVD)を取り上げ、X線吸収の大きいInやAsなどを供給するガス雰囲気中でのその場解析を行う。さらに、X線による雰囲気ガス、成長表面のX線励起による効果も調べ、薄膜の構造と性質との関係を追求する。

② 微小結晶のX線構造解析

蛋白分子の機能を発現するアミノ酸配列はそのまま特許になり、米国がこの産業分野を席卷している。蛋白分子X線構造解析は現在0.1mmの大きさの結晶まで可能である。高輝度ビームにより0.01mmの大きさ(体積で1000分の1)まで可能となれば、殆どすべての蛋白質の構造が解明できる。また、材料研究分野、とりわけ化学工業では微小結晶しか得られない場合が多く、大きさ30 μm の結晶の構造解析が望まれている。

本研究プロジェクトでは、X線干渉長などを考慮に入れた微小結晶の構造解析技術を確立する。

③ 放射光励起材料創成

X線K殻励起強度がある閾値を越えると、非晶質シリコンは融点よりはるかに低い温度で、無転位の完全な結晶にエピタクシー成長する。この場合、液体中のような高速の拡散が起こり、不純物が偏析することが確かめられ、新しい相が形成されることが分かった。そこで、高輝度ビームを用い、「励起密度」という新しい自由度のもとで相転移の研究や物質創成を目指す。とくに、溶液をX線励起した場合、溶質の溶解度が大きく増進する可能性があり、溶液内に溶解度の変化を人工的に作ることができ、溶液成長の制御が期待できる。

④ ガンの診断技術の開発

兵庫県ではガンの粒子線治療施設をSPring-8の近くに建設する。これにより、「放射光で診断、粒子線で治療」を実現する。粒子線治療の眼目は、健康な部分の被曝をできるだけ低くおさえ、ガンだけを照射することである。それゆえ、治療後の転移を監視することが極めて重要で、小さいガンの検出と同定が要求されている。このため、ガンに栄養を供給する毛細血管(太さ10 μm 、特殊な造影剤を使用)を観察するX線点光源拡大像CTとガンに取り込まれる重元素を含む薬剤を開発する。なお、この研究では主としてファントムを用いて実験し、数年後に完成予定の医学専用の共同利用長尺ビームラインで、動物実験や実用化試験を行う方針である。

ここで、高分解能X線顕微鏡として利用できるキャピラリー集光X線点光源について触れておきたい。これは、入口側が太く出口は細くしぼった長さ40cmほどのガラス管にX線を通して、現在、直径0.05 μm まで収束できる。収束端に金属箔を置けば、アンジュレーターの1次または高次の全ビーム($\Delta\lambda/\lambda\sim 0.01$)を集光効率25%

以上で集光し、変換効率30%以上²⁾で金属の特性X線が発生する。この点光源からの発散X線により光源サイズの分解能をもつ拡大像が得られる。強度が充分あれば金属ターゲットを小さくして、極めて微小な点光源が出来る可能性もある。

4. 体制

姫路工業大学には、ビームライン建設と運営を担当する「X線光学」講座が新設された。この講座は放射光装置技術の研究および産官学のSPring-8利用研究を推進する。

研究プロジェクトを公募し、共同研究を立ち上げ、運営してゆくうえで、産、官、学の間をコーディネートすることが重要である。この推進役を、教官の負担が大きくなるように、知事に直結した審議員室 (Tel: 078-362-3053) が担当する。

文献

- 1) T. Tanaka and H. Kitamura: Nucl. Instrum. Methods **A364**, 368 (1995).
- 2) F. Toyofuku et al.: Rev. Sci Instrum. **66**, 1981 (1995).