

新世代放射光源における NEG コーティング技術の応用

Application of NEG-coating Technology in New Generation Light Sources

高エネ研 谷本 育律

KEK Yasunori Tanimoto

E-mail: yasunori.tanimoto@kek.jp

従来の蓄積リング型放射光源加速器では十分に長い電子ビーム寿命を確保するためにビームダクト内を 10^{-8} Pa 台の超高真空に保っているが、近年の新世代高輝度放射光源ではこの圧力を実現することが極めて困難となってきた。その主要因は、電子ビームを究極的に絞って $1 \text{ nm}\cdot\text{rad}$ 以下の超低エミッタンスを実現する小型強磁場電磁石が密に配置され、真空システムが空間的に大きく制限されるためである。言い換えれば、ビームダクトは内径 $20\sim 25\text{mm}$ 程度に狭小化され、内面への放射光照射による光刺激脱離 (Photon Stimulated Desorption; PSD) ガスを効率良く排気できないためである。

一般に真空システムの圧力 p は、ガス放出 Q と実効排気速度 S の釣り合い式 $p = Q/S$ により与えられる。新世代放射光源のような限られた条件下においても超高真空を維持するためには、可能な限りビーム路における実効排気速度 S を向上させ、かつ PSD によるガス放出 Q を低減させることが不可欠である。これらを同時に実現させる手段として、ビームダクト内面に非蒸発型ゲッター (Non-Evaporable Getter; NEG) 材を成膜する技術「NEG コーティング」が注目されている。

NEG コーティングは 2000 年頃に欧州原子核研究機構 (CERN) の陽子衝突型加速器 LHC で開発された技術である。ビームダクトの内面に $1 \mu\text{m}$ 程度の TiZrV をマグネトロンスパッタリングで成膜することで化学吸着作用を持たせ、大きな実効排気速度のゲッターポンプとして機能させることができる。超高真空における主要な残留ガスである H_2 や CO 、 CO_2 などを高い効率 (吸着確率) で排気する。結晶粒がナノサイズの良い NEG 膜の場合、 180°C という比較的低温でも表面の酸素が膜の内部に拡散して活性化される。

電子蓄積リングの主要ガス放出源である PSD の洩れ具合を表す指標は PSD 係数 (η) [molecules/photon] と呼ばれ、放射光光子 1 個当たりに放出される気体分子数で定義される。図 1 に示されたように、NEG コーティングは一般的な材料に比べ運転初期から低い値を示し、ビームダクトのコンディショニング時間の短縮に大きく寄与する。

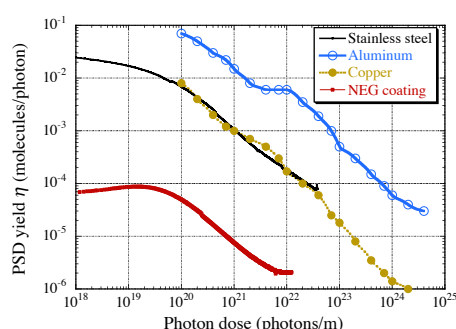


図 1 各種材料の PSD 係数測定例

新世代放射光源の例として、2015 年に立上げ運転を開始したスウェーデンの MAX IV は Multi-Bend Achromatic Lattice と呼ばれる電磁石配置により $0.3 \text{ nm}\cdot\text{rad}$ という世界一の低エミッタンスを実現している。ビームダクトの内径は 22mm に制限されているが、リング全周にわたって NEG コーティングを施すことで良好な真空性能を達成している。高エネ研の次期放射光計画 KEK-LS においても NEG コーティングを採用する方針で技術開発と詳細設計を進めている。