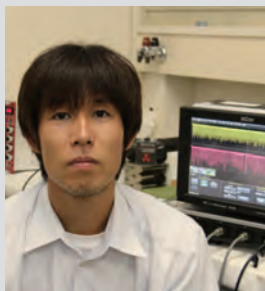


陽電子寿命による空孔欠陥評価用標準物質

金属や半導体中の原子レベル空間解析のためのものさし



山脇 正人
やまわき まさと
yamawaki.masato@aist.go.jp

計測標準研究部門
ナノ材料計測科
ナノ構造化材料評価研究室
主任研究員
(つくばセンター)

2010年に産総研入所以来、陽電子寿命による欠陥評価のための標準物質と普及技術の開発に従事しています。近年の計測技術の高度化・多様化に伴い、標準物質への対応を一層求められると予想されます。ナノ材料評価技術のための標準整備、および普及を目指した技術開発の成果を還元していくことで社会に貢献していきたいと考えています。

関連情報:

● 共同研究者

伊藤 賢志 (産総研)

● 参考文献

[1] 伊藤 賢志: 産総研 TODAY, 11(2), 18(2011); 産総研 TODAY, 12(12), 18(2012); 産総研 TODAY, 14(9), 7(2014).

[2] NMIJ 認証標準物質カタログ 2014-2015. <https://www.nmij.jp/service/C/>

[3] 山脇 正人: 産総研 TODAY, 14(9), 8(2014).

はじめに

金属や半導体中に含まれる空孔欠陥は電気伝導や構造疲労などの特性と密接な関係があるため、それらの欠陥を信頼性高く分析する技術は、部材の機能制御や製品の劣化予測に欠かせません。陽電子寿命測定法を用いると、電子顕微鏡では解析が難しい原子・分子レベルの空隙や欠陥を、非破壊、かつ感度よく評価できます。産総研計測標準研究部門では、この手法のための標準開発を進めてきました^[1]。

陽電子寿命測定法

電子の反粒子で、正に帯電した陽電子は、物質中の空間に捕獲されやすく、また電子に出会うと対消滅して高エネルギーの光(消滅 γ 線)を放出します。この消滅 γ 線のタイミング(陽電子寿命)とその相対強度を計測する陽電子寿命測定法によって、材料中の空孔欠陥の濃度や大きさを分析することができます(図1)。金属や半導体中の陽電子寿命を測定した結果の精度管理や妥当性確認には必要な認証標準物質(CRM)が重要な役割をはたします。

金属・半導体の空孔欠陥評価用CRMの開発

金属や半導体中の陽電子寿命は通常100ピコ

秒(1ピコ秒=1兆分の1秒)から500ピコ秒の範囲にあります。したがって、金属・半導体の空孔欠陥評価に用いるCRMの陽電子寿命の特性値は、すでに供給されている高分子系材料の超微細空孔評価用CRM(石英ガラス、ポリカーボネート)^[1]よりも一桁程度小さい値にする必要がありました。そこで、これまでよりも小さな特性値を決定するため、計測回路、 γ 線検出器の形状や計測プログラムの最適化を行うなどして、高効率化と高信頼性を両立した陽電子寿命計測システムを新たに構築しました。そして、高純度単結晶シリコンを基材とした金属・半導体の空孔欠陥評価用CRMを開発し、2014年6月より供給を開始しました^[2](図2)。材料の均一性や計測システムの時間分解能に依存する統計誤差などを要因とする不確かさを評価した上で、このCRMの陽電子寿命の認証値として220.6ピコ秒の値が付けられています。

このCRMは、半導体分野でのデバイス部材開発や、構造インフラ劣化の原因となる金属部材疲労に関する安全性診断を行う現場での活用が期待されます。これまで高度化してきた技術を駆使して、多様化する計測手法^[3]に対応させるため、実用部材に適応可能なCRMなど関連標準の開発を進めています。

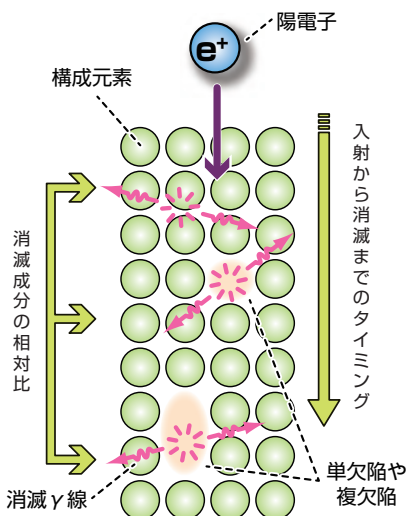


図1 陽電子寿命測定法の原理

金属中の空孔欠陥に捕獲された陽電子は、空間の大きさに依存した寿命で電子と対消滅する。消滅 γ 線の放出のタイミングとバルクと欠陥の各消滅成分の相対比を計測して欠陥の濃度や大きさを評価する。



図2 陽電子寿命による空孔欠陥測定用単結晶シリコン(NMIJ CRM 5606a)^[2]