

お客様とSMTを結ぶ



com-mu-ni-cation bul-letin

2003夏 NO.40

●2003年7月1日発行

SMT

住友金属テクノロジー株式会社
本社 ● 尼崎市扶桑町1-8 ☎660-0891
☎06-6489-5778 FAX06-6489-5799
http://www.smt-inc.co.jp/

夏号・表紙は、ナノテクノロジーによる欠陥評価技術を取り上げます。「ナノ」とはラテン語の「小さな人」という意味で、ナノメートル(nm)は1mの10億分の1。つまり、ナノメートルという極微世界の舞台上、原子・分子精度の物質の構造制御による新しい材料やデバイス、システムを創造する技術がナノテクノロジー。情報技術やバイオテクノロジーと並び21世紀における科学技術のドライビングフォースとして期待されている分野です。

新技術紹介 陽電子消滅法によるナノ欠陥評価技術

1 陽電子消滅法とは

陽電子(e+)とは電子(e-)の反粒子であり、質量は電子と同じですが、正の電荷を持っています。そして、陽電子の消滅による評価対象は、ナノメートル(10^-9m)、あるいはサブナノメートルの結晶格子欠陥であり、具体的には原子空孔・空孔集合体・ボイド・転位・結晶粒界・ナノクラックなどであります。

図1に、基本的な陽電子消滅法の原理を示します。22Naは、陽電子を生成するのとほぼ同時に、1.28MeVのエネルギーを持ったγ線を放出します。一方、試料中に入った陽電子は、試料中の電子と対消滅して、多くの場合、2本の消滅γ線(0.511MeV)をほぼ正反対の方向に放出します。したがって、1.28MeVのエネルギーを持つγ線を検出してから、0.511MeVのエネルギーを持つ消滅γ線を検出するまでの時間差を計測すれば、陽電子寿命が測定できます。

図2には、モリブデン(Mo)の陽電子寿命スペクトルを示しますが、陽電子寿命は、このスペクトルにおいて、分解関数としてガウス関数を当てはめ、統計誤差(χ^2/q)が1.1以下に収束するようにデータ解析することによって得られます。得られる情報は、陽電子寿命(τ)とその強度(I)で、τは結晶格子欠陥の種類を、Iはその量を表わします。通常、特定できる格子欠陥の数は、3~4種類とされています。

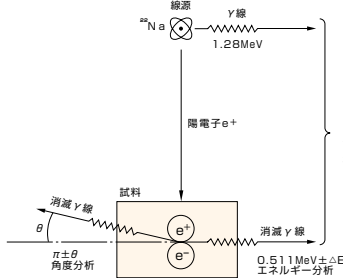


図1 陽電子消滅法の測定原理を示す模式図
時間分析を行うのが寿命法、エネルギー分析をダブルラフ法、角度分析を角相関法と呼ぶ。

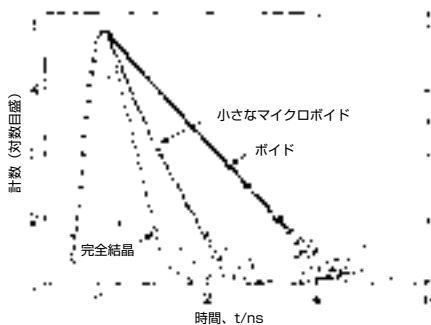


図2 モリブデン(Mo)の陽電子寿命スペクトル
小さなマイクロボイド、ボイドを含む試料および完全結晶試料

2 陽電子寿命による余寿命診断

図2に示したような陽電子寿命スペクトルは、従来一円玉程度の大きさの試料を2枚準備し、これらの試料で陽電子線源をサンドイッチする方法(γ-γ同時計測法)によって得られておりました。最近、線源と試料を空間的に離れた状態で陽電子寿命を測定できる装置(β+γ陽電子寿命スペクトロメータ)が開発され、クリープ試験(3)や疲労試験(4)を行いながら、その場で陽電子寿命が測定できるようになりました。

図3(5)は、β+γ陽電子寿命スペクトロメータを用いた蒸気温度600°C級火力発電プラントに使用されている高Crフェライト耐熱鋼のクリープ変形曲線と陽電子平均寿命(τav)の関係を示したものです。クリープ損傷が進行するにつれ、τavが低下していくのがわかります。現在、現場仕様のβ+γ陽電子

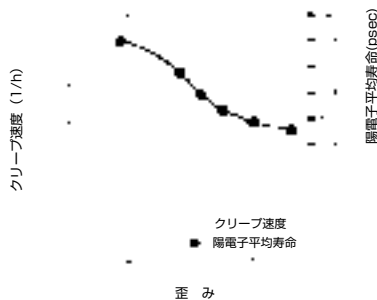


図3 クリープ損傷と陽電子平均寿命の関係

寿命スペクトロメータの開発も進められております。

3 低速陽電子ビームによる機能材料評価

薄膜や表面の結晶格子欠陥を評価する手法として、低速陽電子ビームがあります。線源から放出された陽電子を一旦減速し、分析する表面の深さに応じて加速し、試料に照射します。従って、薄膜材料のナノ欠陥検出が可能となります。

システムLSIの高集積化には、新ポラス低誘電率(Low-k)膜材料の開発が必須であると言われております。図4(6)は、Low-k膜の孔径分布を各種方法により解析した例ですが、陽電子消滅法のみ孔径形態(オープン、クローズド)の識別や孔径サイズの特が可能となっております。

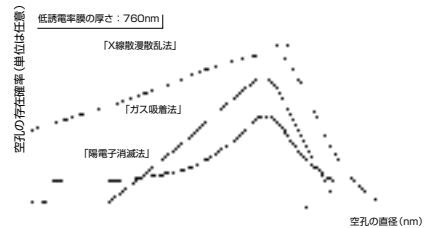


図4 Low-k多孔質膜と孔径分布

4 おわりに

弊社におきましては、平成10年度科学技術振興事業団へ応募して、大阪大学大学院工学研究科白井教授にご指導をいただき、世界で初めてβ+γ陽電子寿命測定装置の開発に成功しました。そして、平成12年度には、当時の金属材料技術研究所(現在の物質・材料研究機構)にβ+γ陽電子寿命測定装置を組み込んだクリープ試験その場測定装置を納入しました。

現在、装置販売のみならず、依頼分析や低速陽電子ビームによる機能材料評価についても対応しております。

皆様の研究開発に活用していただければ幸いです。

受託研究事業部 材料機能研究部

浅野鐵夫

TEL : 06-6489-5779 FAX : 06-6489-5799

E-mail asano-tto@smt-co.com

●お問合せはこちら

【参考資料】

- 1) 白井泰治 他: 原子サイズの穴を遡る バウンダリー 1989.6 2) 長谷川雅幸: 陽電子消滅法の原理と格子欠陥研究 まてりあ 第35巻 第2号(1996) 3) 吉田政司 藤城泰文 他: β+γ同時計測 陽電子消滅法によるクリープその場測定法の開発(社)日本鉄鋼協会 第140回秋期講演大会 2000.10 4) 白井泰治: 陽電子を用いたナノ計測技術 JEMIMA計測プラザ2002.5 5) 五十嵐正晃 他: 陽電子消滅寿命測定による耐熱鋼のクリープ変形機構の解析 耐熱金属材料 123委員会報告 Vol.43 No.2 2002.7 6) NIKKEI MICRODEVICES 2000.11 P76-77