

16. 電子線照射した希薄 AlFe 合金のメスバウアー効果

富士沢 敦

金属を高温から急冷したり高エネルギー粒子線を用いて照射を行うと、金属中に原子空孔や格子間原子及びそれらの結合した様々な格子欠陥が多量に導入される。これらの点欠陥は、その金属の物性や力学的性質に重要な影響を与える。一般に、これらの点欠陥の挙動はもともとその金属中に微量に存在している溶質原子によって大きく影響を受けるため、点欠陥と溶質原子との間の相互作用を知ることは非常に重要である。

本研究では、fcc金属であるAlに溶質原子として ^{57}Fe を微量にドーブしたものを試料として用い、点欠陥との相互作用を明らかにすることを目的とした。77Kでの電子線照射によって、原子空孔と格子間原子を点欠陥として導入した。照射後、 ^{57}Fe メスバウアー効果測定を行い、 ^{57}Fe 原子と点欠陥とが結合したときの原子核の超微細構造がAl格子位置を占めた時と異なっていることを利用して、Fe原子-点欠陥複合体による成分を分離解析した。また、その動的な振る舞いはモデルに基づいてメスバウアー・スペクトルを計算し、測定結果と比較した。照射中の点欠陥の反応については、反応速度論を用いて議論した。

電子線照射したAl-100at. ppm ^{57}Fe のメスバウアー効果測定の結果、格子間原子と結合した ^{57}Fe によるDefect-lineは、その面積強度が15~20Kの比較的狭い温度範囲で急激に減少し、温度に対して可逆的な振る舞いを示す。このような変化は格子振動、例えば単純なデバイモデルでは説明することができず、混合亜鈴型格子間原子を形成したFe原子がある限られた範囲内で、核レベルの寿命の逆数に近い頻度で局所的なジャンプを行う、いわゆるcage motionを行っていることのみで説明することができる。cage motionが、吸収体実験で初めて本研究で確認された。また、四極子分裂の緩和効果も観測された。半値幅の温度依存性より求めたcage motionの活性化エネルギーは $11 \pm 4\text{meV}$ であった。cage motionによる、 γ 線の位相変化と四極子分裂の緩和効果を考慮したメスバウアー・スペクトルを計算した結果、そのジャンプ振動数の温度依存性は測定結果と良い一致を示した。反応速度論を用いた照射中の点欠陥の反応の計算からは、格子間原子-溶質原子複合体は早い時期に多量に形成され、格子間原子と溶質原子との間の結合エネルギーは0.2eV以上であることが評価された。