

Title	Overhauser効果を用いた短寿命ベータ放射核の動的偏極
Author(s)	杉本研究室
Citation	大阪大学低温センターだより. 1976, 14, p. 7-9
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/10074
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Overhauser 効果を用いた短寿命 ベータ放射核の動的偏極

理学部 杉本研究室 (豊中 2557)

我々の研究室では、短寿命ベータ放射核(半減期10ms~100s)に適用できるNMRを開発して、核モーメントの測定による核構造の研究を始めとして、ベータ崩壊の基礎的研究と、それに強磁性体の内部磁場の物性的研究等、幅広い研究を行ってきた。この方法は、核反応による反跳核の偏極と、偏極核からのベータ崩壊が非対称性を示すことを利用したNMRであるので短寿命核がより大きい偏極を持つ事が望まれる。そこで、短寿命核を核反応によらず任意に偏極させる目的に、Overhauserの方法が有効である事に着目し計画を進めているので、現状を報告する。

磁場中におかれた金属に、十分強い高周波磁波を加え伝導電子系の偏極を崩すと、それが熱平衡分布に緩和する過程で、伝導電子と核との超微細構造相互作用(HF結合)により、核スピン系と角運動量を交換し核スピンを偏極させる可能性が、Overhauser によって指摘された。¹⁾ これによって得られる核スピンのIの核の偏極度は、

$$\langle I_z \rangle / I = A(I+1)T_1 / T_1' \dots\dots\dots (1)$$

但し、 $A = \gamma_e h H_0 S / 6\pi kT$, である。Sは電子磁気共鳴の飽和パラメータと呼ばれ、完全飽和(電子偏極=0)では1となる($0 \leq S \leq 1$)。T₁/T₁'は核スピン格子緩和の全過程の内、伝導電子と

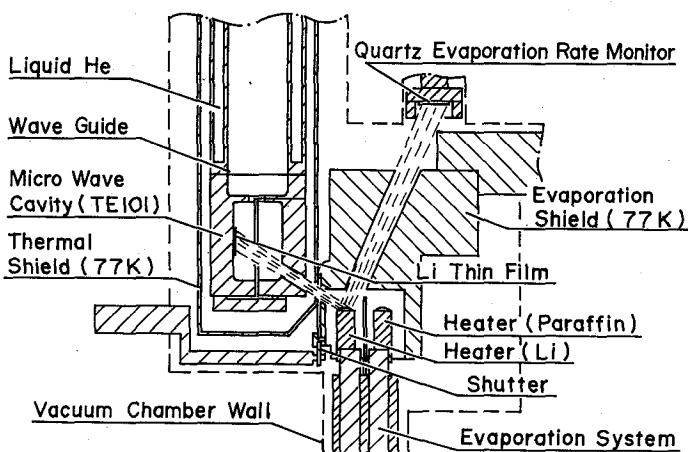


図1. マイクロ波系及び蒸着装置。紙面に垂直に静磁場がかかる。

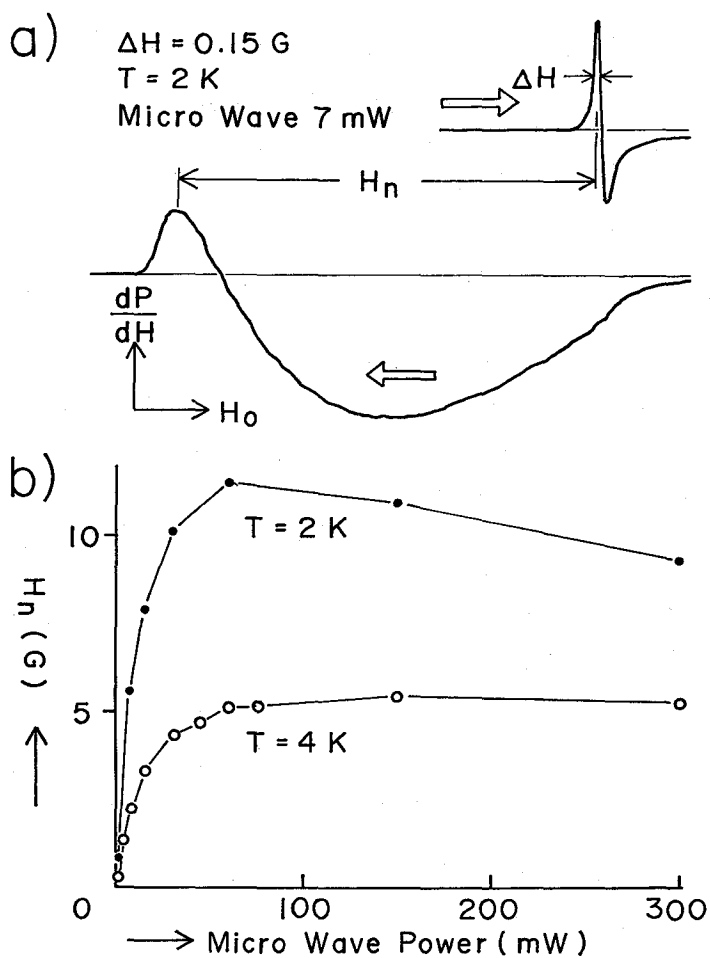


図2. a) Li 金属薄膜 ($0.3 \mu \text{ m t}$) の ESR スペクトラム
 矢印は H_0 ($= 3.3 \text{ kG}$) 掃引の向きを示す。
 b) Overhauser シフト対マイクロ波電力の測定結果。

のHF結合による部分の比率であり普通1に近い。核偏極に要する時間は核スピン格子緩和時間(T_1)の程度である。例えば金属Li中の ${}^7\text{Li}$ 核($I = 3/2$)の場合、 $H_0 = 3.3 \text{ kG}$ 、 $T = 4.2 \text{ K}$ 、 $S = 1$ 、 $T_1/T_1' = 1$ として偏極度 $\langle I_z \rangle / I = 0.09$ となり、また $T_1 = 10 \text{ s}$ である。一方、このように核が偏極した場合、やはり電子とのHF結合により、電子磁気共鳴のシフト(Overhauserシフト)が起こる。大きさは核偏極に比例し、例えばLiの場合上記の条件で8Gとなる。Ryterは、LiFの結晶中に放射線照射によってLi金属を微粒子として析出し、 $T = 4.2 \text{ K}$ 、 $H_0 = 3.3 \text{ kG}$ で、ほぼ8Gに近いOverhauserシフトを観測している。²⁾

我々の場合、短寿命核は核反応で生成され、反跳エネルギーを利用して捕集体金属に植え込まれる。そのためには金属薄膜が望ましいので、液体He温度において蒸着法でLiの薄膜を作成し、9.6GHzのマイクロ波を用いて $T = 4 \text{ K}$ 及び 2 K でOverhauserシフトを観測した。実験装置及び測定結果を図1及び図2に示す。Li膜の厚さは $0.3 \mu\text{m}$ であり、 $0.1 \mu\text{m}$ のパラフィン層で純銅製キャビティと絶縁した。膜厚は水晶膜厚計を用いて制御した。試料は共鳴幅 0.15 G のものが得られ、最大 750 mW のマイクロ波系を用いてESRのほぼ完全飽和が得られた。膜厚を $1 \mu\text{m}$ 以上にすると、表皮効果のためESRの飽和が不十分となる様子が見られた。今までのところOverhauserシフトは 4 K で最大 5 G であるが、金属薄膜でこれを観測した例は他に見られない。難点はマイクロ波によるキャビティの温度上昇であった。現在、この点の解決のため直接キャビティ壁まで液体Heを下ろすように、クライオスタットの改良を行っている。

次の段階は、この薄膜を用いて実際に短寿命核を偏極させ、ベータ線の非対称放出によって偏極を観測することである。予めESRを飽和させたLi中に植え込んだ場合、核偏極させるのに必要な時間は、 $Z = 10$ 付近の軽い核で $10 \sim 1 \text{ s}$ 程度であり、重い核ではより短くなると思われる。Li中での電気四重極効果のため核偏極が崩される恐れもあるが、核スピン $1/2$ の場合は電気四重極能率 $Q = 0$ のため影響はない。この偏極法では、LiのOverhauserシフトから偏極度の式(1)中のAが実験的に決まるので、 $T_1/T_1' = 1$ を仮定すると短寿命核の偏極度が比較的精度良く決まる。このため例えばベータ放射の非対称定数の測定には非常に有利である。

参 考 文 献

- 1) A. W. Overhauser, Phys. Rev. **89** (1953) 689.
- 2) Ch. Ryter, Phys. Rev. Letters **5** (1960) 10.

(越智 志郎, 野尻 洋一, 南園 忠則, 杉本 健三)