

Title	SQUID磁束計の応用 磁性体を用いたサブミリ波ふく射検出器
Author(s)	西田, 良男
Citation	大阪大学低温センターだより. 20 P.8-P.10
Issue Date	1977-10
Text Version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/11094/5380
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

SQUID磁束計の応用——磁性体を用いた サブミリ波ふく射検出器

基礎工学部 西田良男（豊中2355）

電波と光にはさまれたサブミリ波・遠赤外線領域の分光学は、物性、原子・分子スペクトル、天文学、プラズマ計測等の研究分野で重要な役割を担っており、高感度の検出器を作るため、色々の物理現象を利用したふく射検出器の研究が続けられている。電波測から、鉱石検波器はだいたい波長2mmが限界で、それを短波長に延長するものとして、ジョセフソン効果を使った検出器が注目されている。他方、光の領域には熱的検出器と量子的検出器とがある。光子エネルギーの小さいサブミリ波領域で波長依存性のない検出器を作ろうとすれば、ふく射を熱エネルギーとして検出する方法、即ち温度変化の顕著な現象が検出器に利用される。例えば、気体の熱膨張、金属・半導体・超伝導体の抵抗の温度変化、熱起電力、焦電効果を使って検出器が作られている。

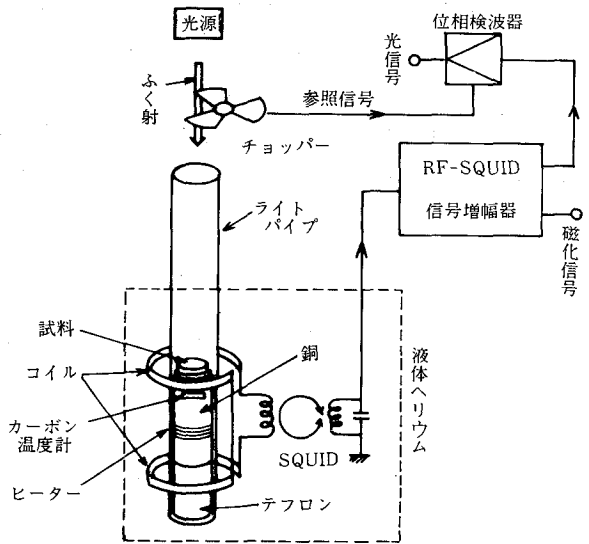
ところで、強磁性体の自発磁化は転移温度の下で著しい温度変化を示すが、この性質がふく射検出器に利用された試みは文献に見当たらない。同じような性質を示す強誘電体の電気分極は焦電橋出器として実用化されているのに、磁化が利用されていないのは不思議である。多分、磁化の測定が分極に比べて簡単でなく、測定精度も劣るという理由によるのであろう。しかしながら、ジョセフソン効果を使ったSQUID (Superconducting Quantum Interference Devices の略、低温センターだよりNo.16に石塚の解説がある)の発見で、磁気測定の不利は過去のものになったと思われる。適当な磁性材料が得られるならば、その磁化がふく射の吸収にともなって変化する効果をSQUIDで検出する方法で、高感度ふく射検出器が作られる可能性がある。理論的評価を行ってみると、現在最高検出能力をもつとされているゲルマニウム・ボロメーターの性能を凌駕することが予想される。実験はまだ糸口にあるが、編集委員長の長谷田教授からアイデアを一筆書けとの仰で、記すことをおことわりしておきたい。

RF-SQUIDの原理については触れないが、磁束の電圧への変換器で、非常に低雑音と考えたらよい。現在これを用いて、 $10^3 \sim 10^4$ μ (μ は磁束量子 2×10^7 gauss \cdot cm²) という微小磁束変化を測定することが出来る。高感度ふく射検出器を作るには熱雑音を少なくすることが必要で、SQUIDが液体ヘリウム温度で動作するのは、却って好都合である。磁性材料としては、液体ヘリウム温度域に転移点を持ち、磁化の温度変化率の大きいものがよい。低温にすることにより試料の比熱も小さくなり、従ってふく射の吸収に伴う温度上昇が大きくなって検出感度の増加という副次効果もある。

問題は適当な磁性材料を見つけることである。低温磁性の専門である長谷田教授に相談したところ、研究中の材料にこの要求にぴったりのがあるので解決した。蟻酸コバルト、蟻酸マンガンがそれである。この物質の磁化を手作りのSQUIDで現在測定されているので、この装置をふく射を導くように改造すれば、検出器としての確認実験がすぐにでも出来る。本格的実験にとりかかる前に、簡単な

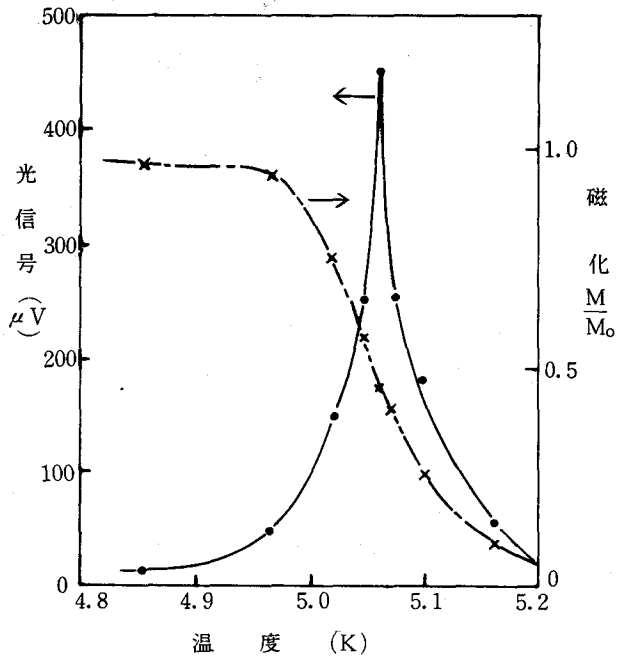
予備実験で見透しを得ておこうと、早速協同実験を始めた。

ふく射検出器の構成を第一図に示す。真空に封じたライト・パイプに試料を、自発磁化がパイプの軸方向になるように切り出して、銅ブロックの上に接着する。試料の温度を一定に保つよう、カーボン温度計とヒーターで制御する。試料の磁化変化はライト・パイプの外に巻いてあるコイルで感知し、SQUID で電圧信号に変えて取り出す。コイルは図のように逆巻き2重コイルからなり、外部からの磁場擾乱には反応しないようにしてある。試料にふく射をチョッパーで断続して当てると、SQUIDからの出力も同じ周期で変化する。それを位相検出増幅器で整流して取り出す。温度制御系の時定数は遅いので、ふく射の断続には追従しない。



第一図 磁性体とSQUIDを組み合わせたふく射検出器

この方式で、蟻酸コバルトの自発磁化および光信号の温度変化を測った結果が第二図である。転移温度は5.1Kで、磁化の温度変化率最大のところで、光信号も最大になっている。物質、装置のパラメーターを用いてふく射検出器としての理論的性能を求めた結果、雑音等価電力 (NEP) は 5×10^{-14} Wとなりゲルマニウム・ボロメーター (NEP = 5×10^{-13} W) の性能を越すことが予想される。しかし、実験的に確かめないと結論は出せない。この性能の良さは、ゲルマニウムの抵抗の温度変化率は緩やかであるのにたいし、自発磁化のそれは急激であることによるので、理由のないことではない。このことは、逆に検出器としての性能を最高に発揮させるには、温度制御を精度よく行うという代償が補償されねばならない。現在カーボン温度計を使って、



第二図 蟻酸コバルト塩の磁化の温度変化と光検出器としての出力の温度変化

1mK の温度変動に抑えることが出来ているが、試料の自発磁化の急激な温度変化を温度制御にも利用すれば、この代価の支払もむずかしくないとされる。また、低温磁性の研究結果から、磁化の温度変化率のさらに大きい物質、特定温度の候補はまだまだあるようなので、楽しみである。

現在、予備実験で見込をつけ、ふく射検出器としての性能を定量的に調べる準備を進めているが、新しい高性能な検出器が実現した暁には、サブミリ波分光の可能性を拓けるものと期待される。おわりに、磁性材料、SQUID 装置について有益な議論、便宜をはかって下さった長谷田泰一郎教授、石塚守氏にお礼を申し上げたい。

応用物理学会関西支部セミナー “低温物理とその応用”

応用物理学会関西支部では今年度低温物理とその応用を主テーマとするセミナーを開催することになりました。セミナーは大阪市大信貴教授と阪大工山田教授を代表者として運営されます。

第1回目の会合が11月2日午後阪大工学部内図書館視聴覚ホールで開かれ約50名の参加がありました。当日の講演は次の通りです。

1. 我が国における低温の歴史

岡山理科大学 奥田毅氏

2. 超電導マグネット応用の現状

三菱電機中研 田中光雄氏

3. SQUIDによるNMR

京都大学理学部 平井章氏