HTS-SQUID 磁気免疫計測のためのフェムト秒レーザーを用いた磁気ナノ粒子分散法の開発

Development of dispersion method of magnetic nanoparticles by femtosecond laser for magnetic immune assay using HTS-SQUID

岡大 HS 統合科学　○岸本 航平，黒田 滉人，坪田 美咲，山下 慶，王 璡，堺 健司，紀和 利彦

Okayama -Univ., ○Kouhei Kishimoto, Hiroto Kuroda, Misaki Tsubota, Kei Yamashita, Jin Wang, Kenji Sakai, Toshihiko Kiwa

E-mail: kiwa@okayama-u.ac.jp

【研究背景】

現在，主に強磁性体の微粒子である磁気ナノ粒子の医療応用が盛んに行われており，その一つとして磁気免疫検査がある．この方法は他の免疫検査と比較し，高感度であり，また未結合抗体の洗浄が不要などの特徴を持つ．磁気免疫検査では磁気ナノ粒子に抗体を修飾し，抗原抗体反応による粒子径の増加に伴う磁気応答の低下から抗原量を推定する．しかし，磁気ナノ粒子は凝集することでも磁気応答が変化するため，特に凝集が顕著である夾雑物中での定量計測に課題があった．そこで本研究では，磁気ナノ粒子にフェムト秒レーザーを照射することで磁気ナノ粒子の分散を試みたので報告する．

【実験方法】

本研究で用いた測定装置について説明する．励磁コイルに 1.8 A_{p-p}の電流を流し，サンプルに周波数 1 kHz，8 mT_{p-p} の交流磁場を印加する．検出コイルはリッツ線で作られた同じ巻数の 2 つのコイルを逆向きに直列接続したグラジオメータである.これらのコイルは同軸であり，軸に沿ってサンプルを動かすことで磁気ナノ粒子からの 2 次的な磁場を検出している．HTS-SQUID には Ramp-edge 型のジョセフソン接合を用いた(SASTERA 製).ピックアップコイルと直列に接続されている．ベース電極には $SmBa_2Cu_3O_y$(SmBCO) カウンタ電極には $La_{0.1}Er_{0.95}Ba_{1.95}Cu_3O_y$($L_1$ErBCO)を用いた．グラジオメータで検出した信号は，HTS-SQUID 直上にマウントされた平面型超伝導コイルを介して HTS-SQUID に入力した.HTS-SQUID の出力信号はロックインアンプによって第 3 次高調波成分のみを取り出すことで，磁気ナノ粒子による非線形磁気成分のみを検出する．本研究では磁気ナノ粒子として直径 180 nm，ポリグリシジルメタクリレート被覆のものを用いた．この粒子を鉄濃度が 10 mg/ml となるように純水で希釈したのち，50 µl を直径 3 mm の石英管に注入したのち，磁気計測を行なった．この結果，磁気信号は凝集により約 30 min で 9.78% 低下した．次に，パルスレーザを石英管の底部より照射することで磁気ナノ粒子の分散を行なった．この時，パルスレーザの平均出力は 150 W，中心波長は 1560 nm，パルス幅は 150 fs，繰り返し周波数は 70 MHz であった．

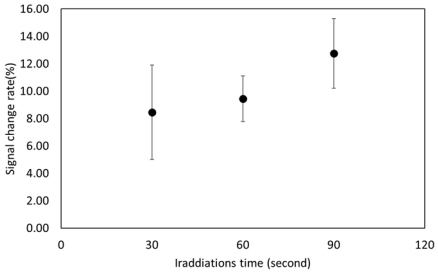

Fig 1: Average signal change rate versus irradiation time

【結果・考察】Fig. 1 はパルスレーザを石英管の底部より照射した時の照射時間と磁気信号の回復率の関係を表している．エラーバーは 4 回の計測から算出した．照射時間が増加するとともに回復率も増加することが示された．パルスレーザを照射した際と同じだけホットプレートで温度上昇させたとき，パルスレーザーを照射した際の方が 36%程度回復率が高かった．この結果は，パルスレーザによる非熱的な効果が影響していると考えらえる．

【まとめ】本研究では，パルスレーザによる磁気ナノ粒子の分散を HTS-SQUID を用いた磁気計測装置により評価した．その結果，非熱効果により分散することが示された．今後，パルスレーザ照射と磁気計測を組み合わせた定量的な磁気免疫計測法を確立していく．

© 2021年 応用物理学会