

氏名(本籍)	井上英幸(大分県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第1543号
学位授与年月日	平成11年7月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	フェムト秒レーザーパルスを用いた金属超微粒子含有ガラスにおける非線形光学応答の研究
主査	筑波大学教授 理学博士 中塚宏樹
副査	筑波大学教授 理学博士 大成誠之助
副査	筑波大学助教授 理学博士 竹森直
副査	筑波大学講師 理学博士 服部利明
副査	筑波大学教授 理学博士 舛本泰章

### 論文の内容の要旨

ガラス中に分散させた金、銅のような金属微粒子の吸収スペクトルには、バンド間遷移(dバンドからフェルミ準位)による吸収端と共に、明瞭な表面プラズモンによる吸収ピークが現れる。金属微粒子分散系における光学特性は古くから研究が行われ、その吸収ピークにおけるナノ秒(ns,  $10^{-9}$ 秒)光パルスを用いた測定より、3次の非線形感受率 $\chi^{(3)}$ が $10^{-7}$ esuという大きな値を示すことが報告されている。特に近年、超短パルスレーザーが登場してからは、非線形応答速度が数ピコ秒(ps,  $10^{-12}$ 秒)であることが観測され、基礎と応用の両面から精力的に研究が行われている。しかしながら、その大きな $\chi^{(3)}$ の起源は依然明らかになっていなかった。

本論文は独自に構築した高精度のフェムト秒白色光ポンプ・プローブ測定装置を用いて、金属微粒子系における過渡吸収スペクトルの観測を行い、そのスペクトル変化をMie散乱理論によって解析を行うとともに、その非線形性の原因を時間応答も含めて明らかにすることを目指したものである。

非線形性の原因が、非平衡な電子系であるということはこれまででもいわれていたが、本研究の精密な過渡吸収スペクトルの解析により、その起源がレーザーパルス入射によって生成された非平衡な「熱い」電子系によるものであることを明確に示すことに成功した。実際の測定結果からその時間変化も含めてこのことが示されたのは初めてである。同時に、これまで明らかでなかった、「熱い」電子系が非線形性に寄与するプロセスの問題に関しても、電子系のフェルミ分布の「ダレ」が重要な役割を果たしていることを明確に示すことに成功した。

電子のダンピングのメカニズムについても、上記の解析から得られた電子系および格子系の温度の時間変化から、粒径数nmの金属微粒子においては、そのダンピングの大部分は微粒子表面における電子の散乱過程により決まっており、その他に電子-格子散乱に因る寄与を考慮すれば説明できることを示した。

さらに、金属微粒子分散系の非線形光デバイスとしての可能性を調べるため、光Kerrシャッター測定による超高速光スイッチのデモンストレーションを試みた。その結果、実励起を伴う系にもかかわらず、ほぼ電場相関時間で決まる非常に高速な応答を観測することに成功した。

本研究により、これまで明らかになっていなかった金属微粒子分散系における、非線形応答の起源、及びレーザーパルス入射によるエネルギーの流れに関する統一的な理解が初めて可能になった。

## 審査の結果の要旨

本論文は、独自にフェムト秒の時間分解能をもつ高精度な白色ポンプ・プローブ測定装置を構築するとともに、金属微粒子の光過渡吸収を測定し、Mie散乱理論を用いた解析から、その非線形性の原因を時間応答も含めて明らかにしたものである。これまで明らかでなかった金属微粒子分散系における、非線形応答の起源およびレーザーパルス入射によるエネルギーの流れに関する統一的な理解が初めて可能になった点は高く評価できる。さらに、実励起を伴う金属微粒子分散系においても、入射光パルスの電場相関時間程度の非常に高速な光スイッチングが可能であることを示し、非線形光デバイスとしての可能性を実証した点も意義深い。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。