

フェムト秒時間領域における高次分散に起因する 表面プラズモン波束の変形の解析

Deformation of surface plasmon wave packets in femtosecond time domain induced by higher order dispersion

○中村 圭佑、久保 敦 (筑波大物理)

○Keisuke Nakamura, Atsushi Kubo (Univ. of Tsukuba)

E-mail: s1520252@u.tsukuba.ac.jp

分散媒質中を伝搬する光パルスは、群速度分散(2次分散)のためにパルス幅が広がり、さらに、高次分散の影響により包絡線の形状が大きく変形する。このようなパルスの変形は幅広いスペクトル成分を有する超短パルス光で特に顕著である。パルスの変形は光通信の最大帯域を制約し、また光電場の尖頭値を低減させるため、特に光ファイバー光学やレーザー工学、非線形光学等の観点から多くの研究がなされてきた。電磁光学に基づくパルスの解析解は2次分散まで考慮した場合が一般的に知られているが、これらの解析ではパルスの「時間応答」を記述したものが大部分であり、「空間分布」についての報告は理論・実験ともほとんどない。しかし、時間分解顕微鏡法を用いることで伝搬する超短パルスの「空間分布」を観察し、パルス形状の変形を定量的に解析することが可能になる。

今回我々は、光パルスと性質が類似する表面プラズモン (Surface Plasmon: SP) 波束を Au 表面に励起し、10fs パルス対によるポンプ-プローブ法を用いた時間分解二光子蛍光顕微鏡法により、伝搬の様子を可視化した。特に、フェムト秒時間領域における位相情報をも含めた SP 波束の変形に注目し、伝搬に伴う搬送波周波数の変化(チャープ)の発現や波束の空間的広がり、包絡線形状変化の空間的非対称性に注目し評価を行った。

図1に代表的な遅延時間における顕微像の断面と、チャープガウスパルス関数によるフィッティング(青線)を示す。パルス的前方部(x :大)を緑線、後方部(x :小)を赤線で示しており、遅延時間の増加に伴い前方部の波長が後方部の波長よりも長くなる(アップチャープ)傾向が明瞭に見られるようになる。光パルスの解析解との比較からアップチャープの傾向は2次分散が支配的であることが確認された。また包絡線形状は、橙線で示したように、ガウス型の左右対称な状態(遅延時間: $\tau=27$ fs)から、まず前縁が伸び(54 fs)、再び左右対称な波形(108 fs)を経て、後縁が伸びる(189 fs)という、振動的な変形を伴い波束幅を増加させていく。このような振動的な変化は3次分散以上の高次分散の影響で発現することが、SP分散関係を用いた数値計算から確認された。

謝辞 本研究での試料は筑波大学微細加工プラットフォームで製作しました。

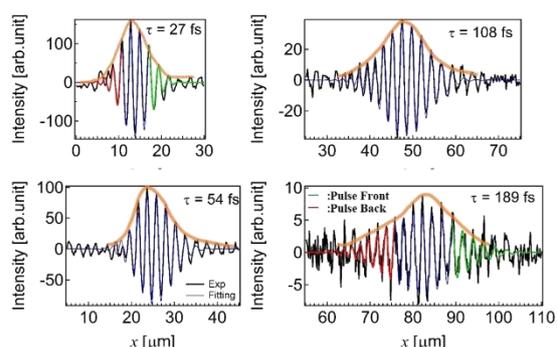


Figure 1. Selected profiles of time-resolved micrographs of SP wave packets. Blue lines show fittings. Green lines and Red lines show front and back portions of fitting respectively. At the delay of $\tau = 189$ fs, the wavelength at pulse front is clearly longer than that at the pulse back. Orange lines show envelopes of pulses. With increasing delay time, the envelope expands in a vibrating manner.