

## レーザーコンパス

## 超高速コヒーレント相互作用の世界

— 超高速現象会議に出席して —

張 吉 夫\*

Yoshio CHO\*

十年ほど前には、ピコ秒がやっとだったのが、最近ではフェムト秒という単位が超高速の世界ですっかり日常化してしまっただけでなく、それは主として光パルス発生過程の過程か、それを用いた超高速時間分解分光においてである。このような超短光パルスもいわゆるオプトエレクトロニクスへの応用という面では、まだまだピコ秒領域でさえ、そんなに一般化してきているわけではない。この間のギャップを乗り越えて、フェムト秒光パルスの超高速性をオプトエレクトロニクスの世界に有効に生かすためにはどうすればよいだろうか。

ものの大きさ、または、そのものの中に作りつけられる構造のサイズが小さくなってゆくと、マクロなサイズでは気付かなかった、いわゆる、量子サイズ効果が現れてくる。多重量子井戸構造中の室温エキシトンの発現とか、10ナノメートルの構造をもつ電子波デバイスなど、その例である。これは構造のサイズが物質粒子の持っているドブロイ波のコヒーレンス長を下回るときに現れてくる。このように空間的なスケールの階段を降りてゆくと、波動関数の秩序性の保たれている空間的広がりを境にしていわゆるメゾスコピックと称される新しい世界が開けてくる。

上の議論で、空間を時間に置き換えても、類似のことが云える。すなわち、光と物質との相

相互作用を考えると、相互作用の継続時間をどんどん短くしてゆく。継続時間が物質のもつコヒーレンス時間—ものにもよるが、ピコ秒からフェムト秒—を下回るようになると、それまで気付かなかったコヒーレント現象が顔を出すはずである。つまり、物質の持つコヒーレンス時間内に相互作用が完了するのであれば、われわれは完全にコヒーレントな世界に住んでいることになる。そうなれば、通常われわれが知覚する時間単位で計るような完全に無秩序化し熱平衡に達した系で経験するノーマルな現象とは全く異なる現象が現れてくるはずである。たとえば、普通、物質の入射光に対する応答速度、したがってまた、その物質の帯域幅は、そのコヒーレンス時間、つまり、物質の持つ位相緩和（無秩序化）時間できまるものと考えられているが、「コヒーレント相互作用」の世界には、もともと帯域幅というような固定したパラメータは存在しない。この世界で応答速度を決定するのは、物質・光コヒーレント系とも呼ぶべき一体系がもつ固有振動数、いわゆるラビ周波数である。

ラビ周波数は、物質の双極子モーメントを $\mu$ 、そこにかかる光の電場強度を $E$ として、 $\mu E/\hbar$ で表される（ $\hbar$ はプランク定数）。ピークパワー100Wの光を直径 $2\ \mu\text{m}$ に絞った場合、たとえば、多重量子井戸中の室温エキシトンを物質系

\*大阪府立大学工学部電気工学科（〒591 堺市百舌鳥町4-804）

\*Department of Electrical Engineering, University of Osaka Prefecture (4-804, Mozu-Umemachi, Sakai, Osaka 591)

と考えると双極子モーメントを $10^{-29}$ クーロン・mと仮定すると、ラビ周波数は大体、数百GHzものオーダーになる。数百GHzの逆数はピコ秒である。従ってサブピコ秒経度のパルス幅の光パルスで、十分コヒーレント相互作用を期待できる。

このコヒーレント相互作用を利用して、何か超高速なオプトエレクトロニクスデバイスを作ろうとすると、その光源としては、半導体レーザと行きたいところである。直径 $2\mu\text{m}$ のスポット径は手頃な値だが問題は100Wというピークパワーである。しかし、これも半導体レーザを高効率にモード同期するなどすれば、そう遠くない将来得られそうな値である。

つまり、多重量子井戸中の室温エキシトンとモード同期半導体レーザの組み合わせでコヒーレント相互作用デバイスを実現する可能性は十分にある。そうなれば、光-光デバイス（光で光を制御するデバイス）で、これまで問題となってきた実励起による遅い回復時間（ナノ秒オーダー）の問題は完全に解決されることとなる。その上、普通云われている物質の帯域幅はもは

や存在しないわけだから、デバイスの速さを決めるものは、デバイスの応答速度ではなくて、光パルスのパルス幅そのものということになる。すなわち、最初に云ったフェムト秒光パルスの超高速性がそのままオプトエレクトロニクスの世界で生かされることになる。

モントレーでの超高速現象会議 (Ultrafast Phenomena Meeting; UFP) (5月14~17日)を終えて、今、次のロサンゼルスでのCLEO-IQEC '90に向かう機中で、今回のUFPで最も印象的だったフェムト秒光パルス発生急速な発展と、一方、オプトエレクトロニクス面への応用との間に横たわる大きなギャップについて、上のようなことをぼんやりと考えているうちに、727(日本ではもう使用中止となったと聞く)の機体が右に大きく傾いて、ロサンゼルス空港への着陸態勢に入った。いつの日にCLEOというオプトエレクトロニクス寄りの会議でフェムト秒光-光デバイスの話が当り前の話題として話されるようになっていいるだろうか。そう遠い日ではないと思うが。