

干渉計によるカー一定数測定と 量子非破壊測定

井元 信之

NTT 基礎研究所

〒180 武蔵野市緑町 3-9-11

近年、光通信や光計測における雑音低減に役立てること
を主目的として、光のスライズド状態や量子非破壊測
定 (quantum nondemolition measurement: 以下 QND
測定¹⁾ と言う) などの研究が行なわれるようになってき
た。本稿では光子数の QND 測定を目的とし、1) 光カ
ー効果と干渉計を用いる QND 測定法の提案、2) その
干渉計を用いた光ファイバの光カー一定数の測定結果、そ
して 3) リング型干渉計による系の改善結果について報
告する。

QND 測定とは、測定の対象となる物理量に影響を与
えずに測定を行なうことである。QND 測定はそれ自体
に意味があるのみならず、量子論的計測、通信、演算処
理における情報の無損失受信および無損失分岐などの応
用がある。

具体的な量子非破壊測定法として、非線形光学効果で
ある光カー効果を用いた光子数の量子非破壊測定法を提
案する。図1にその原理図を示す。被測定光は透明な光
カー媒質を通過して出射する。つまり被測定光の光子は
吸収されずに、したがって光子数は破壊されずに通過す
る。一方プローブ光も光カー媒質を通過して位相検波さ
れる。光カー媒質は入射光の強度に比例してその屈折率
が変化するので、被測定光の光子数に比例した屈折率変
化が光カー媒質内に誘起される。したがって、プローブ
光の位相変化を測定することにより、被測定光の光子数
が測定される。ひとこと言えば、光カー効果により被
測定光光子数とプローブ光位相の間に量子力学的相関を
形成し、後者の破壊測定を通じて前者を非破壊測定する

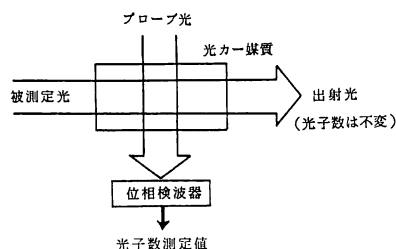


図1 光カー効果を用いた光子数の量子非破壊測定法の原理

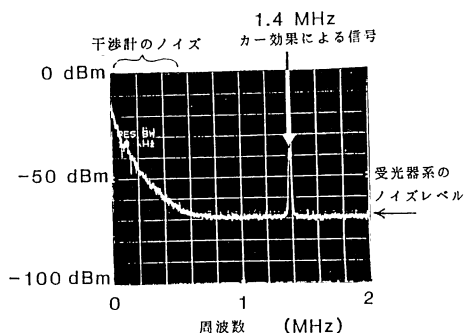


図2 スペクトラムアナライザーで観測されたカー効果の信号

ものである。

以上は直観的な原理であるが、実際のプローブ光の位
相検波は干渉計により行なわれる。すなわち光カー媒質
を通らない参照プローブ光と干渉させる。ここでは詳述
しないが、干渉計まで考慮した系で QND 測定可能であ
ることが量子力学的に証明される²⁾。

上述の QND 測定系は、カー一定数の測定装置にもな
る³⁾。われわれはまず単一モード光ファイバをカー媒質
とする系を組み、そのカー一定数を測定した。図2にスペ
クトラムアナライザー上に表示された観測結果を示す。
その結果約 4×10^{-33} MKS を得た。

前節の測定は周波数成分を見ており、変調パルスの光
子数を実時間で見ていたわけではない。光子数の QND
測定を確認するためには、やはり実時間測定が可能なレ
ベルに達しなければならない。

そこで前述のマッハ・ツェンダー型干渉計を改め、リ
ング型干渉計を採用することにより、変調波形を実時間
で観測することができた。ただし測定精度が不十分のため、
まだ QND 測定と言える段階には達していない。しか
し以上により、QND 測定実現の可能性と課題が明らか
になってきた。すなわち結論としては、1) 光カー効果
を用いた QND 測定法を提案し、QND 測定の条件を
満たすことを証明した。2) その系を光ファイバを用い
て組み、測定原理を確認するとともに、ファイバのカー
一定数を測定した。3) リング型干渉計に改良し、実時間
測定が可能であることを示した。

文 献

- 1) V. B. Braginsky, Y. I. Vorontsov and K. S. Thorne: Science, **209** (1980) 547.
- 2) N. Imoto, H. A. Haus and Y. Yamamoto: Phys. Rev., **A 32** (1985) 2287.
- 3) N. Imoto, S. Watkins and Y. Sasaki: Opt. Commun., **61** (1987) 159.