

超高分解能単一光子 分光システム

横浜国立大学 大学院工学研究院
知的構造の創生部門
准教授 堀切 智之

2021年6月10日

従来技術とその問題点

◎分光器

- 回折格子にもとづく比較的**粗い分解能** ($> \text{GHz}$)
- ファブリーペロー干渉計 ($< \text{MHz}$ 可能) による**非シングルショット**

◎単一光子レベルという極微弱光に対する

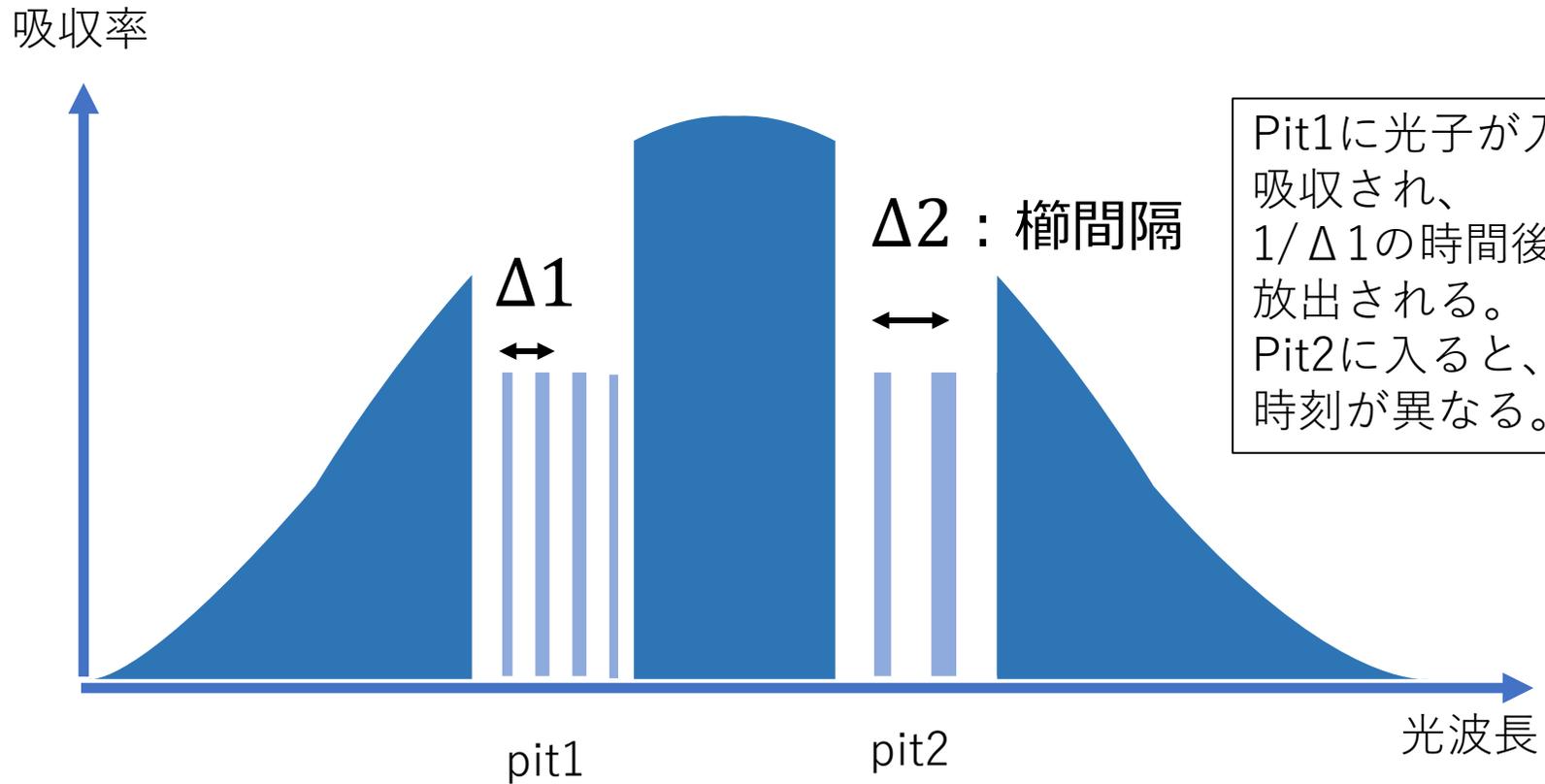
- 高分解能 ($< \text{GHz}$)
- シングルショット性 (一度の測定で波長情報が得られる)

が得られていなかった。

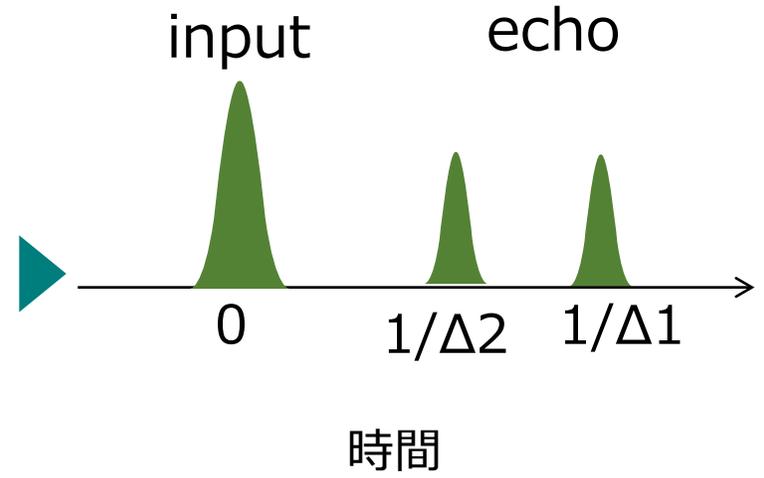
新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来の分光器ですべてを満たすことができなかった、
「高分解能・シングルショット・単一光子分光」
を可能にする。
- 本技術を用い、単一光子信号をシングルショット分光することにより、
量子通信長距離化に向けた波長分割多重量子通信へ
とつながる。

単一光子シングルショット高分解能分光器の原理



Pit1に光子が入ると吸収され、 $1/\Delta 1$ の時間後放出される。
Pit2に入ると、放出時刻が異なる。



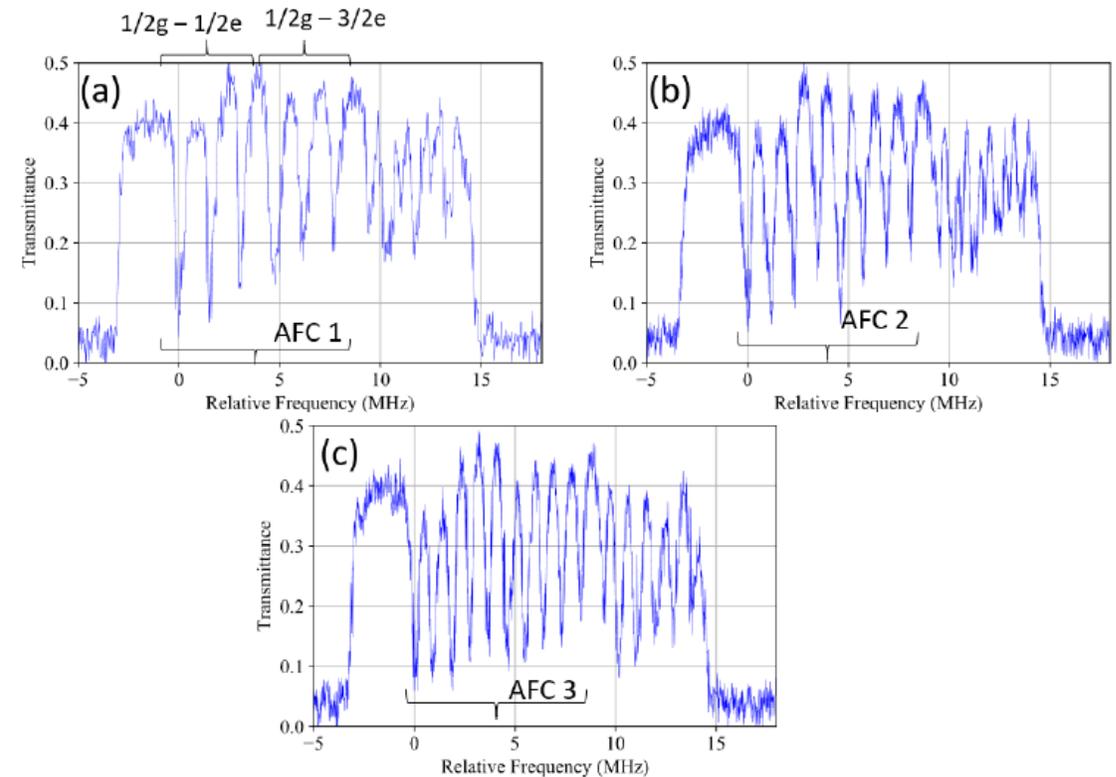
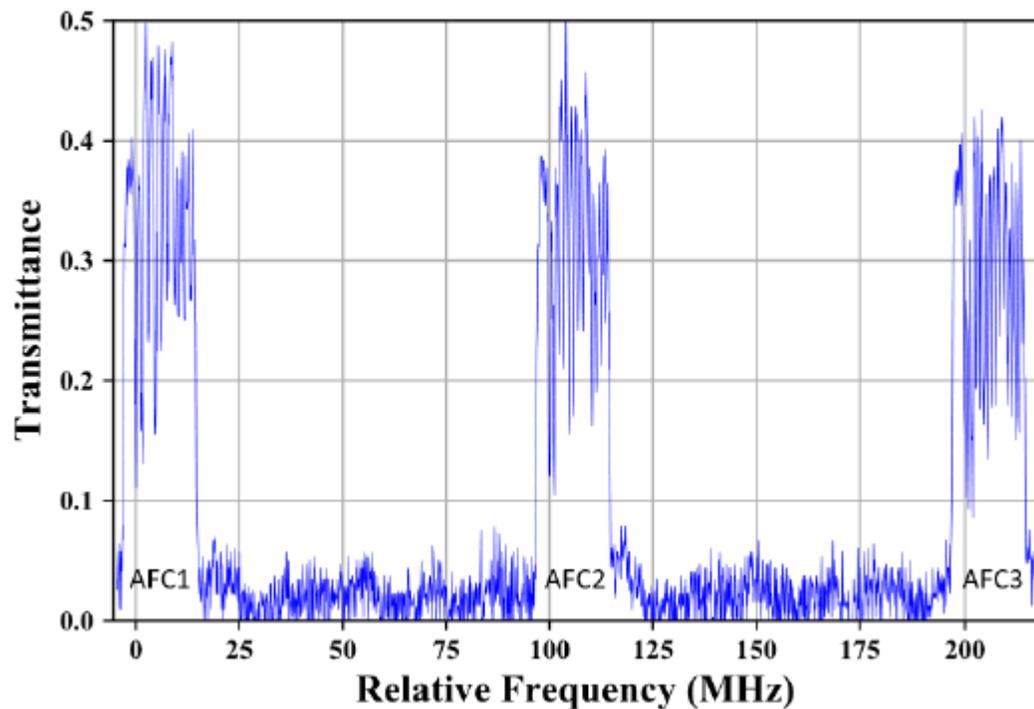
pit1とpit2の櫛間隔の違いから、放出される時間が異なる
→光子の波長情報が時間情報として検出可能。

図：分光用物質の吸収スペクトル例
比較的広い吸収スペクトル（不均一広がり）
内に透明領域と櫛構造領域を作る。

想定物質例：Pr:YSO
ならpit幅~10MHzのため、
これまでの単一光子シングルショット分光より**分解能が2桁以上改善**。
Pit数を増やす、もしくはピット内での櫛構造間隔を徐々に変えることで、**高い分解能と広い測定範囲が可能**。

代表的な実験結果 (1)

(1) 100MHz毎に下記3波長チャンネル作成

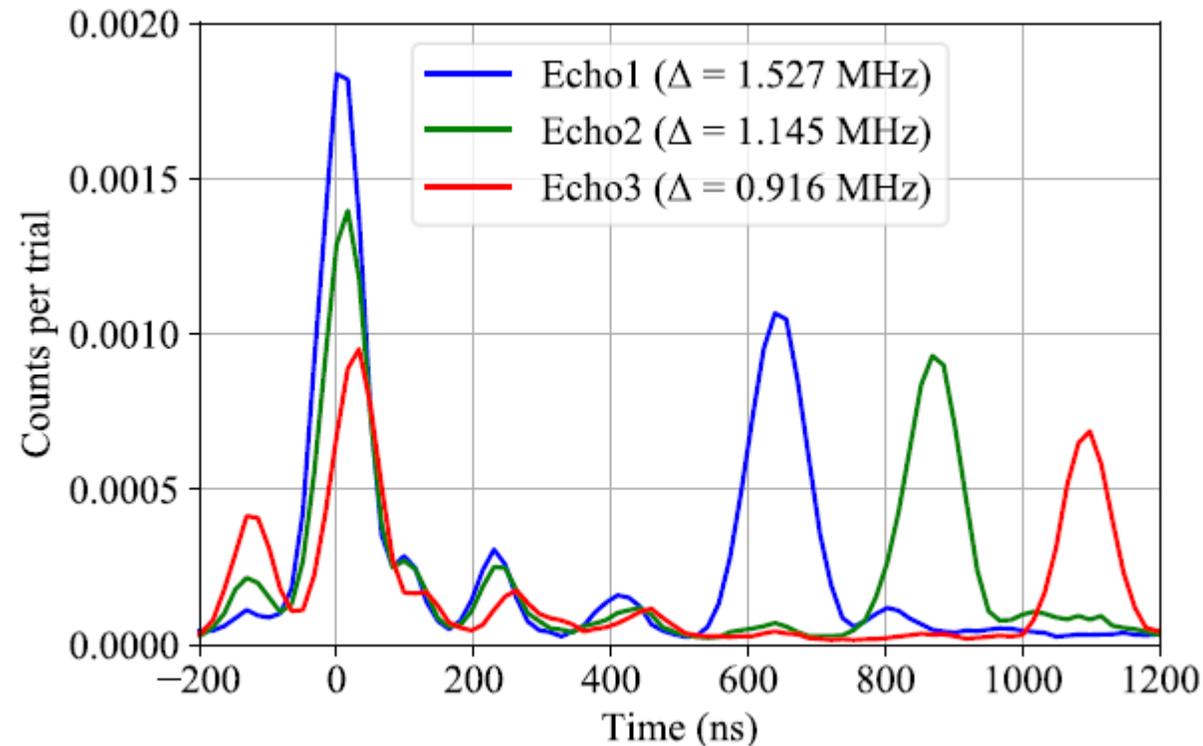


(a) $\Delta_1 = 1.527$ MHz の AFC. (b) $\Delta_2 = 1.145$ MHz の AFC. (c) $\Delta_3 = 0.916$ MHz

• 各櫛構造間隔が異なる → 放出時刻差につながる

代表的な実験結果（2）

（2）各波長チャンネルからの時間差放出光子



• 各櫛構造間隔が異なる → 放出時刻差につながる

→ 青・緑・赤がそれぞれ異なる波長チャンネルからの放出光子

想定される用途

- 量子通信分野

量子通信システムの波長分割多重中継

→波長チャンネルを時間差で読みとるため、
中継技術に必須のベル測定用識別不可能性が得られる。

実用化に向けた課題

- 製品化に向けては、分光器部分の、堅牢でコンパクトなモジュール化等が必要
- 最終製品・システムを念頭に於いた技術のブラッシュアップが必要
- 量子通信を想定する場合、中継ノードでの同期システムが必要となる

企業への期待

- 分光器部分のモジュール化の開発、事業化を、共同で取り組んで頂ける企業との協業を期待しています。
- 特に、リモート要素間の同期通信技術を保有していると非常にありがたいと思っています。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 分光器、分光システム、波長演算装置、
分光方法、波長測定方法、及び波長算出方法
- 出願番号 : 特願2020-043394
- 出願人 : 横浜国立大学、
(地独) 神奈川県立産業技術総合研究所
- 発明者 : 堀切智之、吉田大輔、新関和哉、中村一平

産学連携の経歴

- ◎2017年 JST 研究成果展開事業 大学発新産業創出プログラム
(START事業) 採択
- ◎2017年 JST 戦略的創造研究推進事業 個人型研究 (さきがけ)
量子の状態制御と機能化 採択
- ◎2019年 (地独)神奈川県立産業技術総合研究所
戦略的シーズ育成事業 採択
- ◎2020年 大学発ベンチャー・LQUOM株式会社 設立

お問い合わせ先

横浜国立大学 研究推進機構
産学官連携推進部門
山本亮一

TEL: 045-339-4450

FAX: 045-339-3057

Mail: sangaku-cd@ynu.ac.jp