



スペクトラム拡散変調の 生体測定への応用可能性について

第7回光脳機能イメージング研究会
2007年7月14日

株式会社スペクトラテック 大橋三男

 **Spectratech Inc.**

略 歴



APPLE II

1981



汎用画像処理装置

1984



nexus9000

汎用画像処理装置

1990



内視鏡画像ファイリング装置

1995



柏木研究所

ネクサス

スペクトラテック

1987



汎用画像処理装置

2002



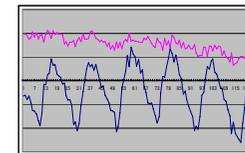
1M 1786階調

2004



3M 7141階調

2005

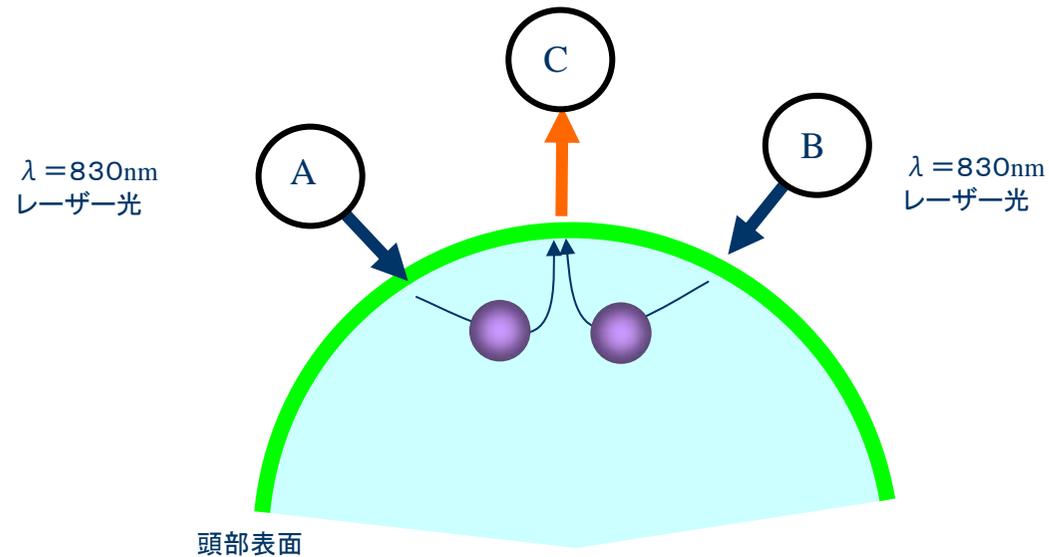


fNIRS生体測定

医療用高精細モノクロモニター

光多重変調の必要な理由

場所Aから来た $\lambda=830\text{nm}$ 上の生体信号と
場所Bから来た $\lambda=830\text{nm}$ 上の生体信号を分離識別する必要がある。



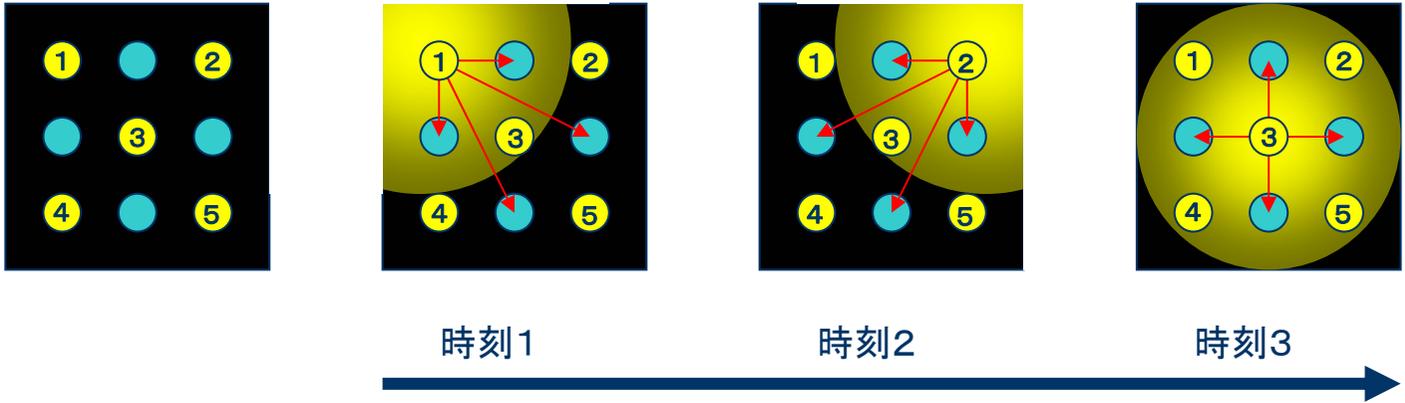
(光)多重変調の手法

TDMA (Time Division Multiple Access 時分割多重)
時間単位で信号を分割伝送

FDMA (Frequency Division Multiple Access 周波数分割多重)
異なる周波数に分けて信号を伝送

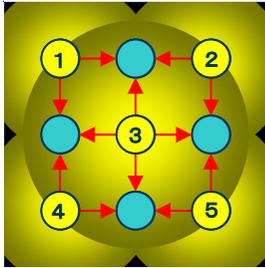
CDMA (Code Division Multiple Access 符号分割多重)
乱数を使って周波数/時間に分割伝送
(=スペクトラム拡散技術を使う)

TDMA

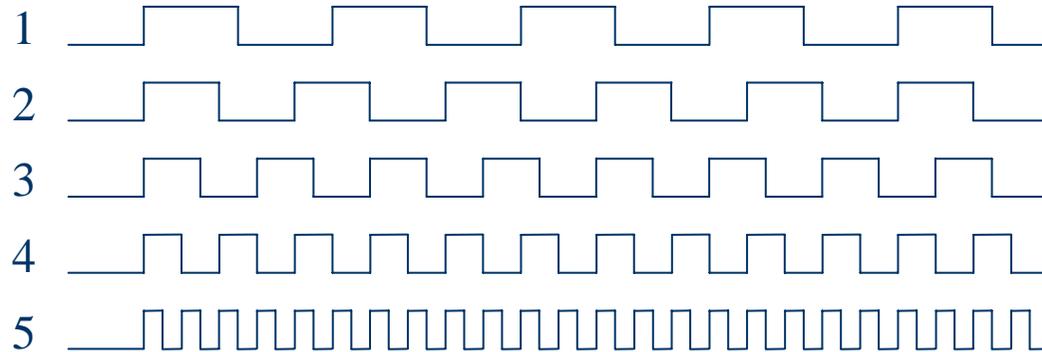


● 光源
● 受光点

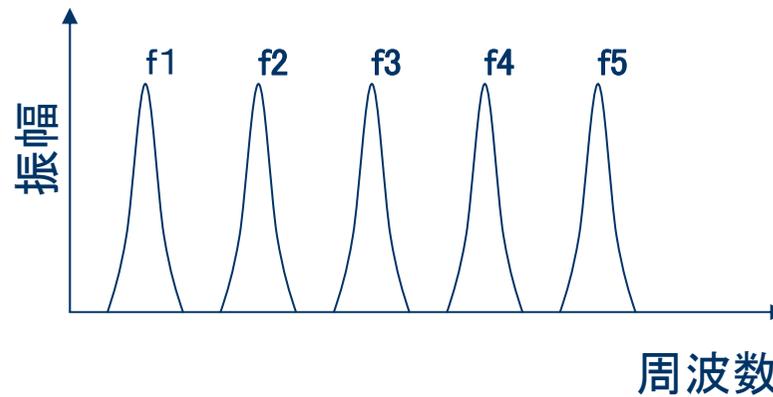
FDMA



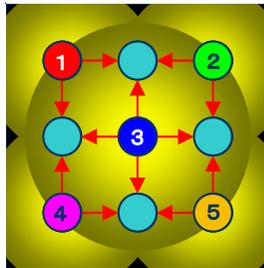
- 光源
- 受光点



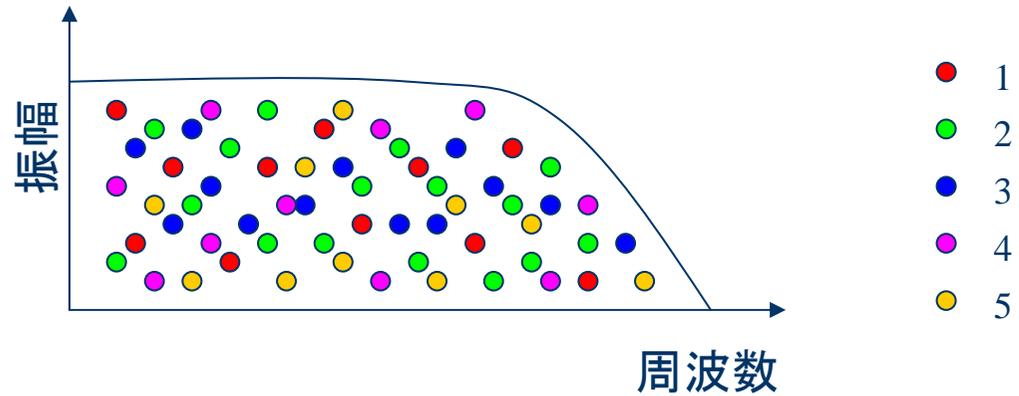
時間



CDMA



●●●●● 光源
● 受光点



各方式の特徴

方式	TDMA	FDMA	CDMA
原理	簡単	複雑	難解
多チャンネル化	△	○	◎
同時測定性	△	◎	◎
高SN化	帯域制限	帯域制限	各種方法がある
外乱ノイズの影響	大(変調手段による)	小	極小
実用化例	インターネットの 伝送パケット	地上波デジタル放送 (13セグメントOFDM)	携帯電話(KDDI方式) GPS

光脳機能イメージングに利用する場合の条件で

スペクトラム拡散変調の歴史

1959年

J. P. Costasによる“Poisson, Shannon and the Radio Amateur”という論文が最初と言われている。

1980年代半ば、

欧州で自動車電話、携帯電話で使う提案がなされた。

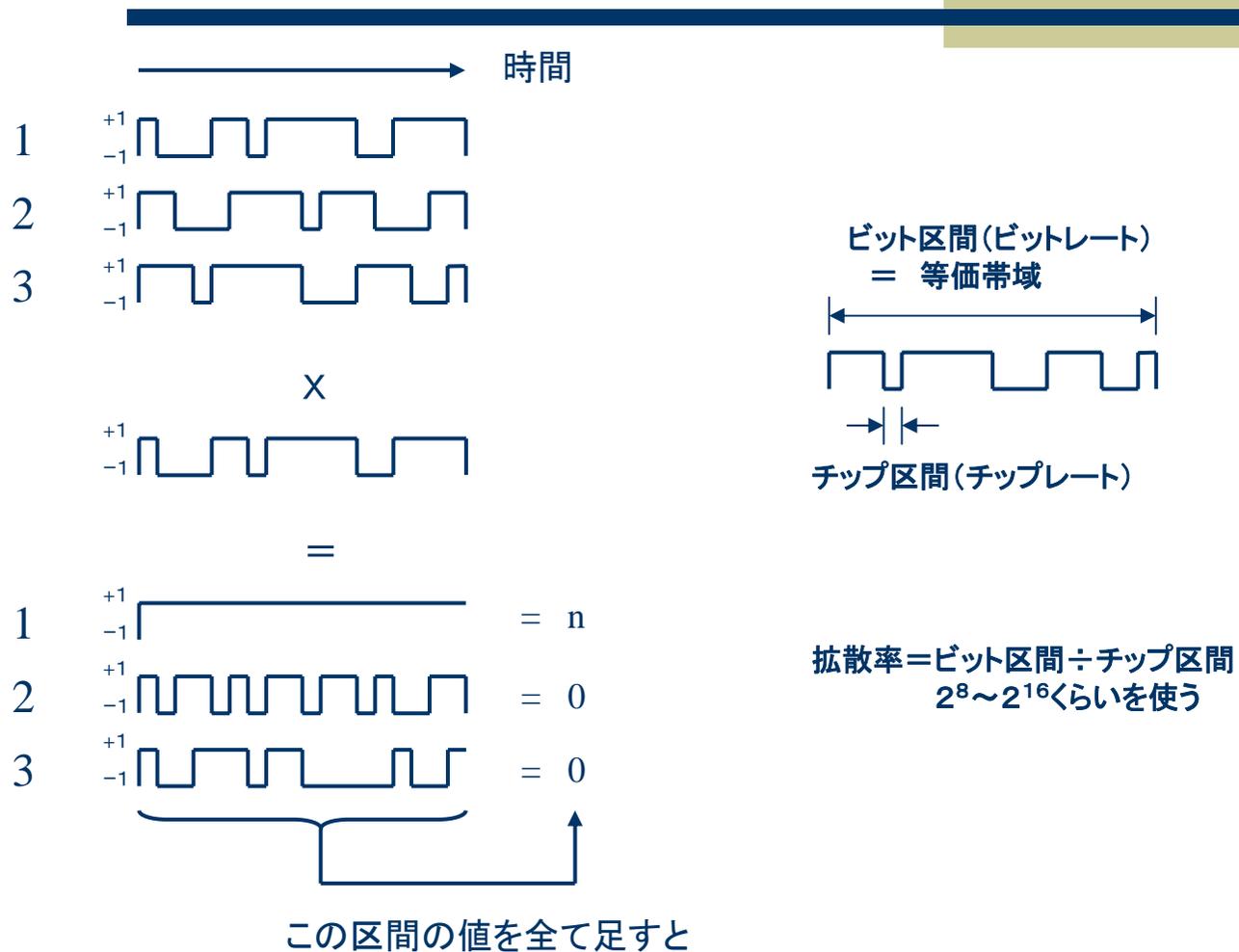
1993年

米国Qualcom社の提案が、米国のデジタル携帯電話方式のスタンダードに採用される。

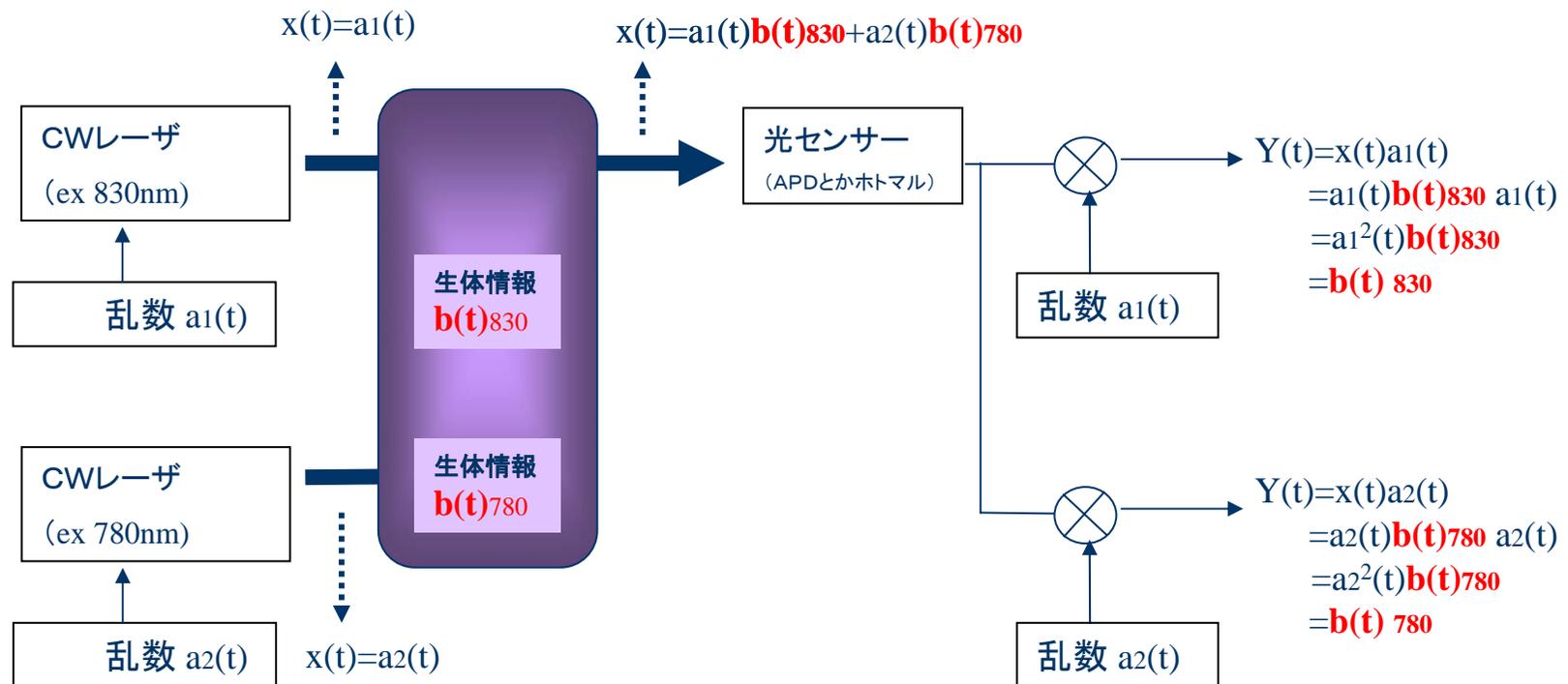
1993年

NCR社性WaveLANが無線LAN用製品として日本に上陸

スペクトラム拡散変調のメカニズム



生体情報の取得

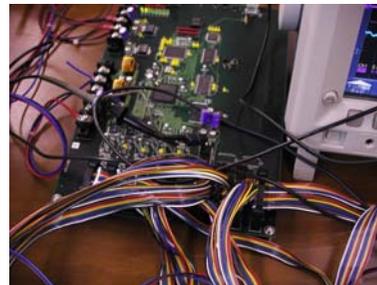


乱数としてはM系列、アダマール系列、Gold系列などが使われ、PNコードと呼ばれる。

基礎実験の測定環境

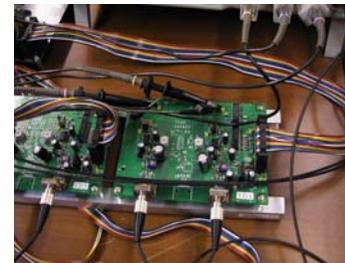


USB交信



FDMA変調部 12CH
FDMA復調部 5CH

CDMA変調部 12CH
CDMA復調部 60CH

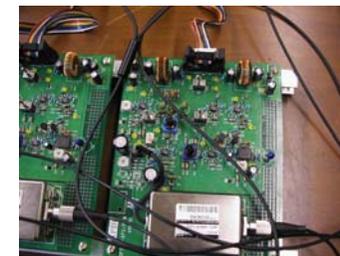


レーザー発信部 12CH (4ブロック x 3波長)



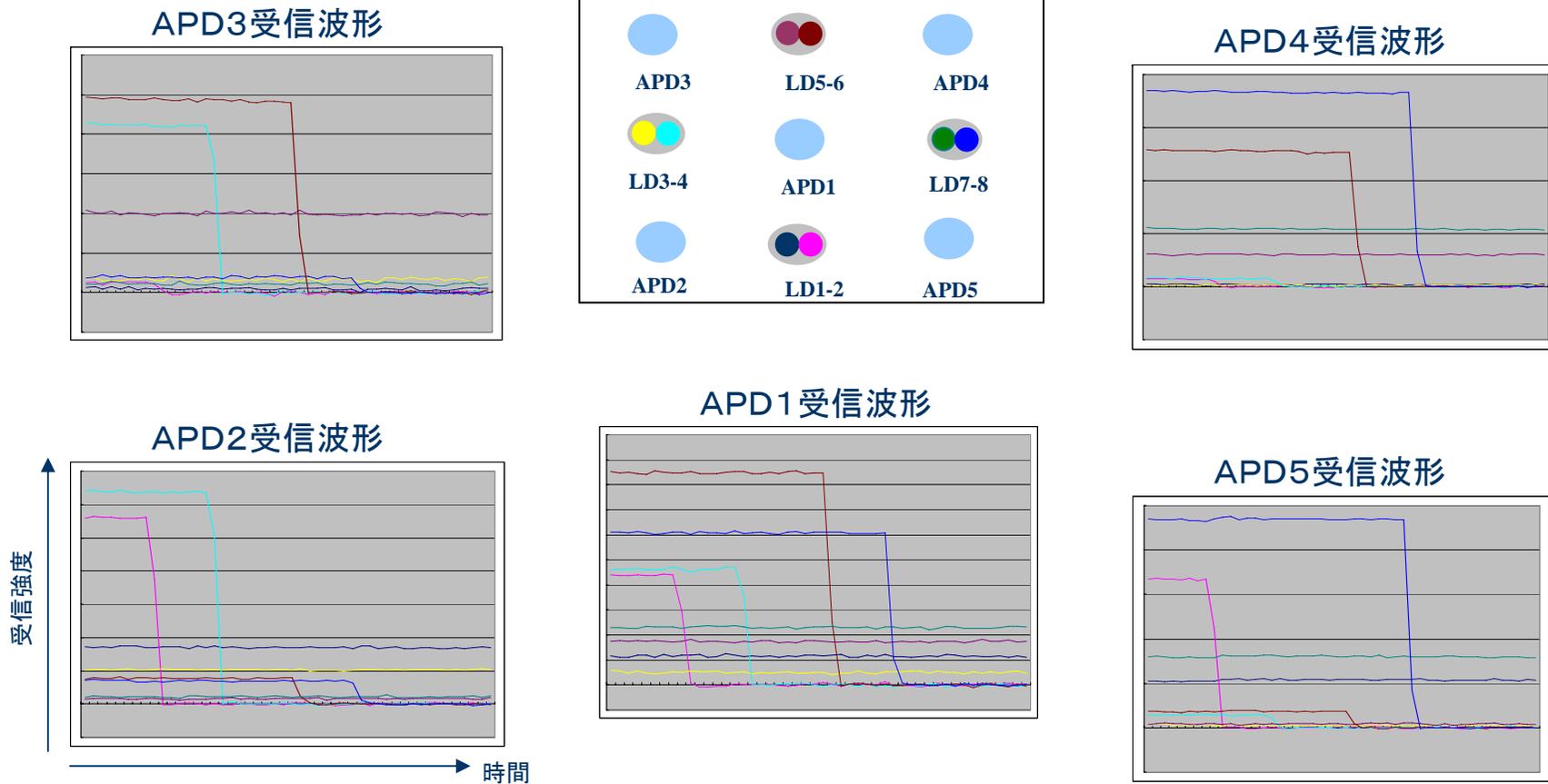
ファントム

3行3列3mm角
散乱体:ホリプロピレン



光センサー部 5ブロック
APD使用 帯域100KHz

CDMAでのチャネル分離能力

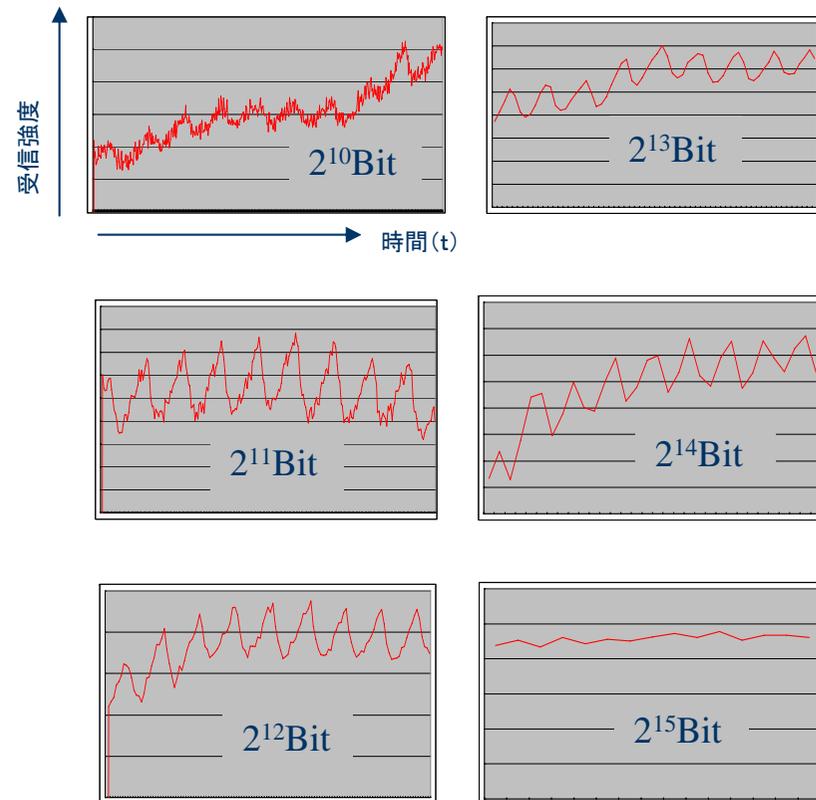


チップレート100KHz 拡散率= 2^{16} APDゲイン= 10^6

側頭葉での計測時の拡散率の違い

拡散率	等価帯域(Hz)
2^{10}	50.-
2^{11}	25.-
2^{12}	12.5
2^{13}	6.2
2^{14}	3.1
2^{15}	1.5

チップレート=100KHz



高速測定への検討

現状

APD

帯域: 100KHz

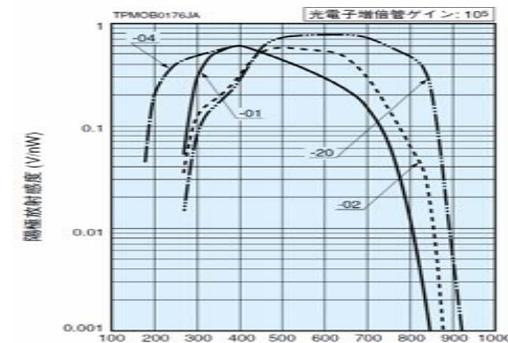


松定Precision APC-3R01V

光電変換感度 $-1.5 \times 10^8 \text{V/W}$

今回、実験したホトマル

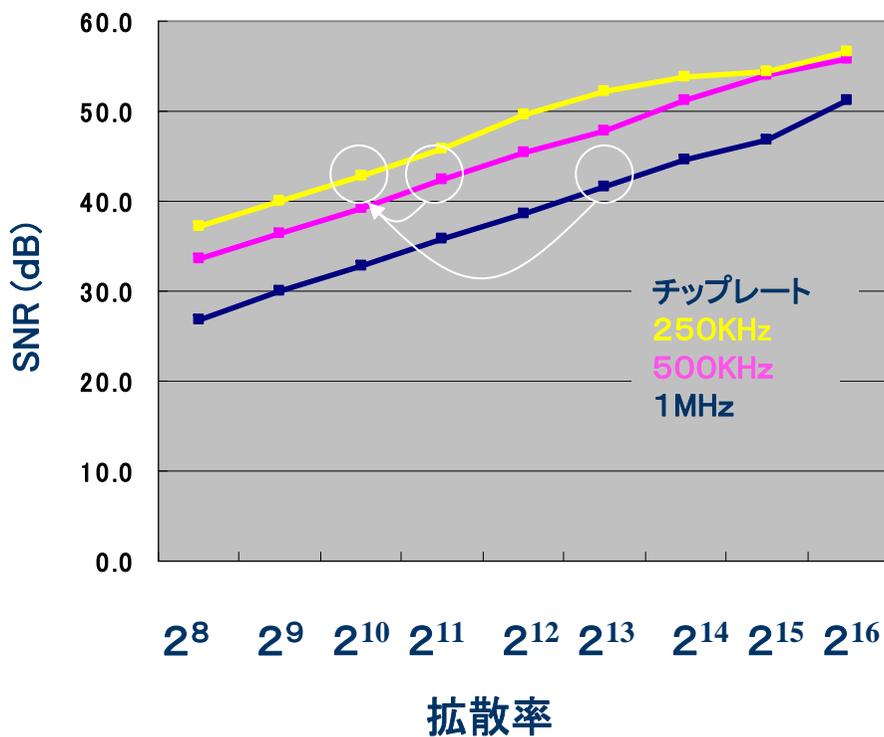
帯域: 5MHz



HAMAMATSU H9656-20 **Special**

光電変換感度 3.9V/nW

拡散率とチップ周波数によるSNRの違い

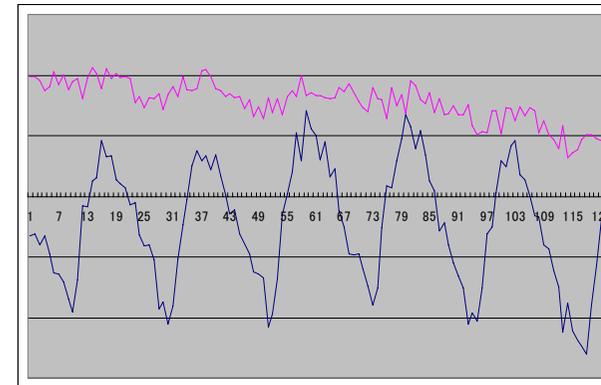
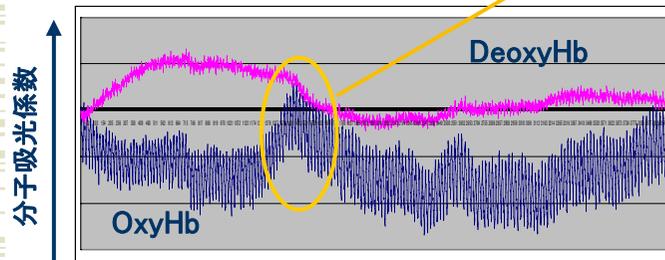
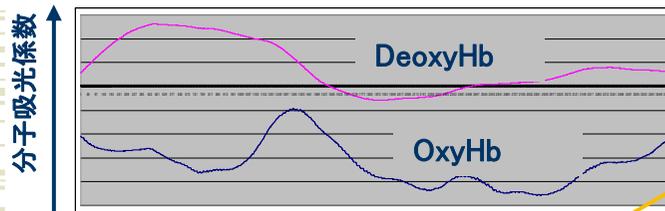
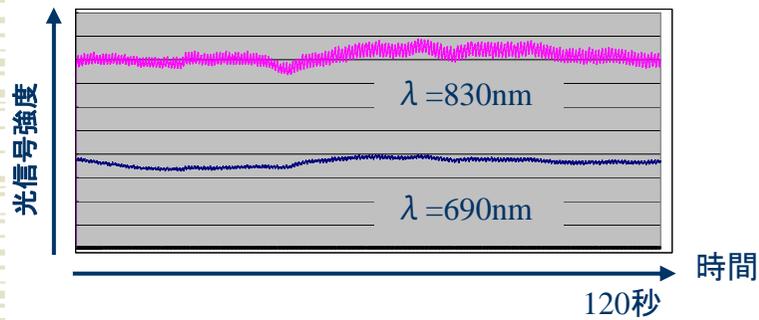


チップレートが同じならば、拡散率を上げて行くとSNRも、それに対応して \sqrt{n} (=3dB)で改善される。

チップレートを高くすると拡散帯域幅が広がり、SNRが悪くなる。

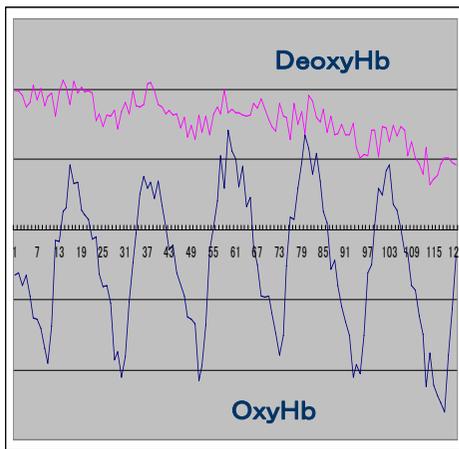
同じ伝送有効帯域幅ならば、どのチップレートでも拡散率を変えることで同じSNRが得られる。(図の白丸)

Coxy, Cdeoxyを求めてみると

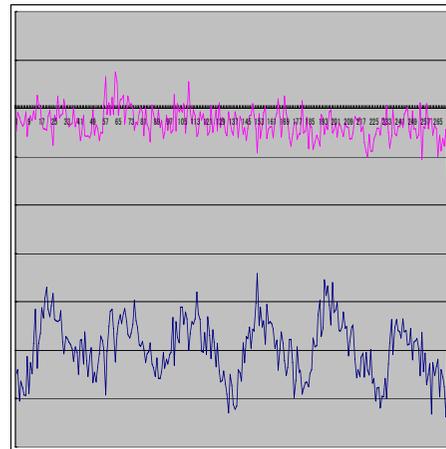


レーザー出力 : 2mW/830nm +690nm
チップレート: 1MHz
ホトマル総合Gain: 5×10^6
計測時間: 120秒
測定箇所: 側頭葉
拡散率 2^{15}Bit
等価帯域 15Hz
等価サンプリングピッチ 33mS
S N R= 49.3dB

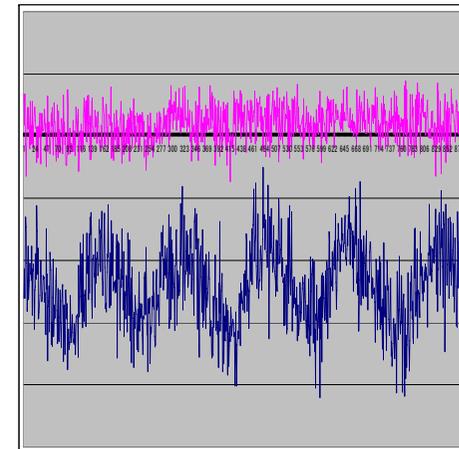
高速測定



拡散率 2^{15} Bit
等価帯域 15Hz
サンプリングピッチ 33mS
S N R= 49. 3dB



拡散率 2^{14} Bit
等価帯域 30Hz
サンプリングピッチ 16mS
S N R= 46. 4dB

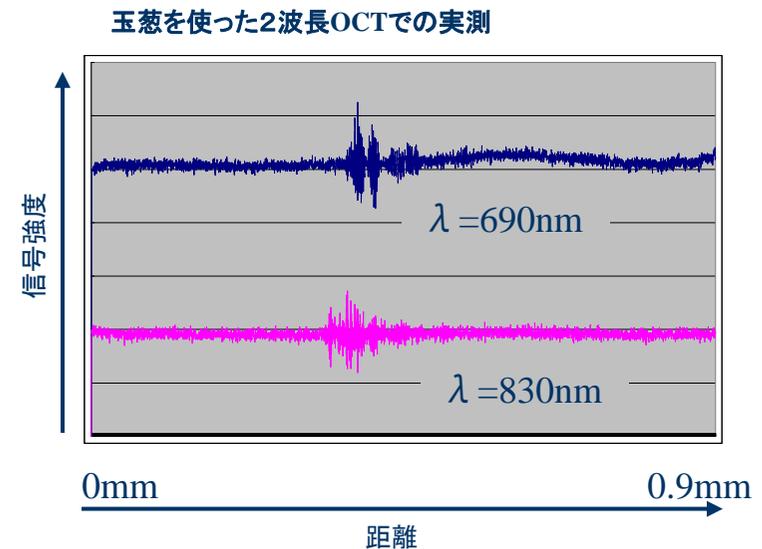


拡散率 2^{12} Bit
等価帯域 122Hz
サンプリングピッチ 4mS
S N R= 40. 0dB

レーザー出力 : 2mW/830nm +690nm
チップレート: 1MHz
ホトマル総合Gain: 5×10^6
測定箇所: 側頭葉

スペクトラム拡散変調の生体での応用分野

- ◆ 光脳機能イメージング
- ◆ 多波長型パルスオキシメトリ
- ◆ fOCT (Functional Optical Coherence Tomography)



まとめ

- 1) 同一条件なら従来方式とほぼ同じかそれ以上の性能を示す。
- 2) チャネル分離能は極めて高い。
- 3) 同時刻性を保ったまま多チャンネル化が可能。
- 4) 外乱要因に極めて影響されにくい。
- 5) 現状のデジタル技術レベルで高速化は容易。
- 6) SNRは拡散率と \sqrt{n} の関係でUPする。
- 7) 従来方法に比べて小型かつ安価に作成可能。

E N D

