

メタンガスライダーシステムに用いる波長 $1.67\mu\text{m}$ 光源の開発

中田, 芳樹
九州大学大学院システム情報科学府電気電子システム工学専攻

生田, 光輝
九州大学大学院システム情報科学府電子デバイス工学専攻

東島, 三洋
九州大学工学部電気情報工学科

興, 雄司
九州大学大学院システム情報科学府電子デバイス工学専攻

他

<https://doi.org/10.15017/1498362>

出版情報：九州大学大学院システム情報科学紀要. 3 (2), pp.233-238, 1998-07-22. 九州大学大学院システム情報科学研究所
バージョン：
権利関係：

メタンガスライダーシステムに用いる波長1.67 μm 光源の開発

中田芳樹*・生田光輝**・東畠三洋***・興 雄司**・岡田龍雄*・前田三男**

Development of a 1.67 μm Wavelength Light Source for the Methane Gas Lidar System

Yoshiki NAKATA, Kouki IKUTA, Mitsuhiro HIGASHIHATA,
Yuji OKI, Tatsuo OKADA and Mitsuo MAEDA

(Received July 22, 1998)

Abstract: The remote sensing of methane gas (CH_4) in the atmosphere is important for the safety in industry, or gas pipeline. Sensitive CH_4 monitoring can be accomplished by using DIAL (Differential Absorption Lidar) technique. In this method, high power 1.67 μm light source can be used. In this paper, the OPO (Optical Parametric Oscillator) or OPA (Optical Parametric Amplifier) as a light source required for the 1.67 μm output are developed. The advantages of the system and the present status are discussed.

Keywords: Differential absorption lidar, Methane, Optical parametric oscillator, Optical parametric amplifier, Dye laser, Laser diode

1. はじめに

現在、危険度の高いガスを使用する各種工業における、ガス導管の更新、敷設、あるいは地震などの災害時におけるガス漏洩事故の発生防止の為に、高感度なガス漏れ検知器が求められている。現在のところ半導体センサーなどを用いた直接検知方式が使用されているが、装置を漏洩箇所付近まで近づける必要があるために危険度が高く、また作業効率も悪いという問題がある。一方、被測定ガスの吸収帯の波長を持つレーザー光を測定領域に入射し、レーザー光の吸収によってエアロゾルなどの散乱体からのエコーが減衰したことを検知することで、被測定ガスの濃度測定ができる。この手法は2波長差分吸収ライダー(DIAL, Differential Absorption Lidar)と呼ばれ^{1),2),3)}、レーザーを使用する為非接触であり、一ヶ所から広範囲を測定できるなどの特徴がある。本研究の最終目的は、数百メートルの範囲においてメタンガスを検知できるDIALシステムの開発である。

DIAL測定では原理的に、被測定ガスの吸収波長に同調できる可変波長レーザーが光源として必要である。メタンガスの場合、波長3 μm に最も強い吸収線を持つが、現在その領域で発振する性能の良いレーザー光源が存在しない。一方、より短い波長である1.67 μm にあるQブランチ吸収帯を用いる場合、光パラメトリック発振器(OPO,

Optical Parametric Oscillator)を用いることができる。ただし、市販の光パラメトリック発振器の場合、DIAL測定に必要な2波長交互発振ができない、コンパクトさに欠ける、また高価であるなどの問題点がある。

本論文は、メタンガス検知に用いるDIALシステムのプローブ光として使用するための、波長1.67 μm 光専用の狭帯域光パラメトリック発振器の開発について述べたものである。まず、システムの基本となる非線形結晶の設計を行ない、また励起源も含めた全体のシステムを構成した。次に、シード光にレーザーダイオード(以下LD)を用いた光パラメトリック発振器の特性測定を行なった。また、シードの安定性や良好なビーム質が期待できる、色素レーザーシードを用いた光パラメトリック増幅器(OPA, Optical Parametric Amplifier)の特性測定、及びこれを用いたメタンQブランチ吸収スペクトルの測定を行なった。目標とする光源の特性の一覧を示す。

- | | |
|-----------|-----------------------------------|
| 1. 波長 | 1.67 μm |
| 2. スペクトル幅 | 0.2 cm^{-1} 以下 |
| 3. 出力 | 10mJ以上 |
| 4. 波長安定性 | 0.02 cm^{-1}/Hr |
| 5. 発散角 | 1mrad以下 |
| 6. 波数変更速度 | 1 $\text{cm}^{-1}/50\text{ms}$ 以上 |

2. 実験装置

OPOおよびOPAは、光パラメトリック増幅を行う非線形結晶、励起源、共振器を構成するミラー、シード用のレーザーなどから構成される。ここでは、それらの設計や選定を行う。

平成10年6月22日受付

* 電気電子システム工学専攻

** 電子デバイス工学専攻

*** 工学部電気情報工学科

Table-1 Characteristics of BBO and KTP crystals

Crystal	KTP	BBO
Crystallographic group	mm2 Biaxial	3m Uniaxial
Density	2.934[g/cm ³]	3.85[g/cm ³]
Mohs hardness	~5	~4
Refractive index	$n_x^2 = 3.0065 + \frac{0.03901}{\lambda^2 - 0.04251} - 0.01327\lambda^2$ $n_y^2 = 3.0333 + \frac{0.04154}{\lambda^2 - 0.04547} - 0.01408\lambda^2$ $n_z^2 = 3.3134 + \frac{0.05694}{\lambda^2 - 0.05658} - 0.01682\lambda^2$	$n_{x,y}^2 = 2.7359 + \frac{0.01878}{\lambda^2 - 0.01822} - 0.01516\lambda^2$ $n_z^2 = 2.3753 + \frac{0.01224}{\lambda^2 - 0.01667} - 0.01516\lambda^2$
	$dn_x/dT = 1.1 \times 10^{-5} [K]$ $dn_y/dT = 1.3 \times 10^{-5} [K]$ $dn_z/dT = 1.6 \times 10^{-5} [K]$	$dn_{x,y}/dT = -1.7 \times 10^{-5} [K]$ $dn_z/dT = -0.9 \times 10^{-5} [K]$
Nonlinear optical coefficient (1.06[μm])	$d_{33} = 16.9 [pm/V]$ $d_{32} = 4.35 [pm/V]$ $d_{31} = 2.54 [pm/V]$ $d_{24} = 3.64 [pm/V]$ $d_{15} = 1.91 [pm/V]$	$d_{11} = 2.2 [pm/V]$ $d_{31} = 0.11 [pm/V]$ $d_{22} < 0.11 [pm/V]$
$d_{eff}(I)$	$0.1(d_{15} - d_{24})\sin 2\varphi \sin 2\theta$	$(d_{11}\cos 3\varphi - d_{22}\sin 3\varphi)\cos \theta + d_{31}\sin \theta$
$d_{eff}(II)$	$(d_{24} - d_{15})\sin 2\varphi \sin 2\theta$ $-(d_{15}\sin^2 \varphi + d_{24}\cos^2 \varphi)\sin \theta$	$(d_{11}\sin 3\varphi - d_{22}\cos 3\varphi)\cos^2 \theta$
Optical damage threshold	1[GW/cm ²](1.06[μm],10[ns])	3 to 5 [GW/cm ²](1.06[μm],10[ns]) 0.5 to 1 [GW/cm ²](0.532[μm],10[ns])
$\Delta T \cdot L$	25[°C · cm]	55[°C · cm]
$\Delta A \cdot L$	20[mrad · cm]	1.5[mrad · cm]
$\Delta \lambda \cdot L$	5.6[Å · cm]	9.8[Å · cm]

2.1 非線形結晶の設計

まず、波長1.67μmの光を増幅させる為の、非線形光学結晶の設計を行う。近赤外域用の光パラメトリック増幅で用いられる代表的な非線形結晶には、KTP、BBOがある。KTP及びBBOの各種特性をTable-1に示す。

次に、それぞれの結晶について位相整合角及び非線形感受率の計算を行う。励起源としては、広く市販され、安定した性能を持つYAGレーザーの基本波(1064nm)、及び第2高調波(532nm)を用いた。パラメトリック増幅では次の式が成り立つ。

$$\text{エネルギー保存の式} : \omega_p = \omega_s + \omega_i \quad (1)$$

$$\text{位相整合条件} : k_p = k_s + k_i \quad (2)$$

ここで、 ω_p 、 ω_s 、 ω_i はそれぞれポンプ光、シグナル光、アイドラー光の角周波数であり、 k_p 、 k_s 、 k_i は

$$k(\omega) = \frac{\omega n(\omega)}{c} \quad (3)$$

で表されるそれぞれの波の波数である。また、 $n(\omega)$ は各周波数における屈折率、 c は光速度を表す。また、異常光線屈折率 n_e は以下に表されるフレネルの方程式から求めることができる。

$$\frac{\sin^2 \theta \cos^2 \varphi}{n_e^{-2}(\omega) - n_x^{-2}(\omega)} + \frac{\sin^2 \theta \sin^2 \varphi}{n_e^{-2}(\omega) - n_y^{-2}(\omega)} + \frac{\cos^2 \theta}{n_e^{-2}(\omega) - n_z^{-2}(\omega)} = 0 \quad (4)$$

KTPの場合、たとえばxz平面内での進行波の場合は $\varphi = 0^\circ$ であるから、xz平面入射のときの常光線、異常光線の屈折率 n_o, n_e は式(4)から

$$n_o = n_y \quad (5)$$

$$n_e = \frac{n_x n_z}{\sqrt{n_x^2 \sin^2 \theta + n_z^2 \cos^2 \theta}} \quad (6)$$

となる。BBOは一軸性の結晶であるので、 $n_x = n_y$ を上式にあてはめる。以上の式から、結晶軸への励起光の入射角とシグナル、アイドラー光の波長の関係を表した位相整合曲線が求まる。

位相整合曲線の計算例をFig. 1に示す。計算の条件は、KTP結晶xz平面内で $\lambda = 532\text{nm}$ の光を入射した場合の、タイプII(OEO)位相整合の場合である。図から、 $\theta_m = 57.1^\circ$ で波長1.67μmでの増幅が得られる事が分かる。次に、波長1.67μmで増幅をする為の位相整合角の計算結果をまとめたものをTable-2に示す。Table-1中の式から求められる有効非線形光学係数 d_{eff} も同時に示してある。YAGレーザー光を波長変換して波長1.67μmの出力を得る条件がいくつかあることが分かる。ポンプ光の波長に532nmを用いる場合、有効非線形光学係数の大きさからKTPでxz面入射で位相整合を行うのが有利である。一方、ポンプ光の波長に1064nmを用いる場合も同様に位相整合が得られるが、アイドラー光の波長2.96μmがKTPの吸収帯にわずかにかかる。またシグナル光、アイドラー光が共に波長1μm以上の赤外光であり、適当なシー

Table-2 Phase-matching angles and d_{eff} for 1.67 μ m emission. O - ordinary wave, and E - extra ordinary wave.

Crystal	λ_p (nm)	Plane of incidence	Polarization(pump-signal-idler)	Phase matching angle	d_{eff} (pm/V)
KTP	532	xz($\varphi=0^\circ$)	OEO	57.1°	3.06
		yz($\varphi=90^\circ$)	OEO	46.5°	1.38
		xz($\varphi=0^\circ$)	OEE	46.4°	0
		yz($\varphi=90^\circ$)	OEE	35.6°	0
	1064	xz($\varphi=0^\circ$)	OEO	46.3° ,70.4°	2.63,3.43
		yz($\varphi=90^\circ$)	OEO	36.6° ,60.2°	1.13,1.65
BBO	532	$\varphi=0^\circ$	EOO	21.9°	2.09
		$\varphi=30^\circ$	EOE	40.6°	1.25
		$\varphi=30^\circ$	EEO	26.8°	1.75

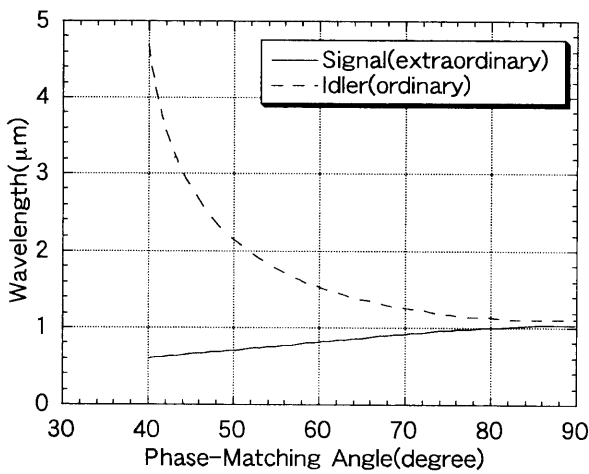


Fig.1 Phase-matching curves: $\lambda_p=532$ nm, ordinary wave: Input plane xz

ド源が無い為スペクトルの狭帯域化に不利である。

以上から、ポンプ光にはYAGの第2高調波(波長532nm)を用い、KTP結晶を用いてxz面内で位相整合を行い、位相整合角 $\theta_m=57.1^\circ$ で結晶をカットするのが最良である。この場合、シグナル光の波長は781nmとなる。

2.2 OPO共振器の構成

本研究では非線形結晶をミラーではさんで構成するOPO、およびシード光の増幅のみを行うOPAの実験を行ったが、ここではOPO共振器の構成を説明する。OPOの共振器のタイプは、出力の安定性から一重共振器を選択した。また、DIAL測定での感度を向上させる為にはアイドラー光の狭帯域化が必要である。ここで、アイドラー光の波長を持つ適当なシードがないことから、シグナル光の波長でシードすることにし、また共振器はアイドラー光共振型とした。よって、シード光及びシグナル光は透過するようになっている(**Table-3**)、**Fig. 2**に共振器の構成図を示す。以下にOPOの主な構成パラメーターをまとめた。KTPについては、OPAも同様である。

Table-3 Transparencies of mirrors

Wavelength	Transmissivity of input mirror(%)	Transmissivity of output mirror(%)
532 nm	83.7	96.7
781 nm	98.8	94.1
1.67 μ m	0	17

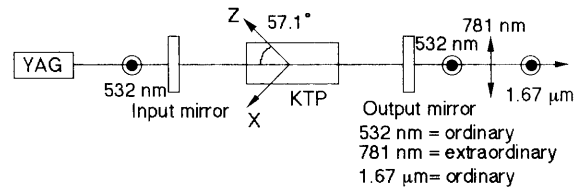


Fig.2 Setup of OPO

1. KTP :xz面内、結晶軸に対して 57.1° で光を入射する様にカット、結晶サイズ $4 \times 4 \times 15$ mmまたは $8 \times 8 \times 15$ mm、端面は波長532,781nm,1.67 μ mに対して無反射コート。
2. 共振器用ミラー :波長1.67 μ mを共振させる一重共振器。入射ミラー、出射ミラー共に平板。

2.3 シード用光源

メタンガスのDIAL測定では、シードを用いてプローブ光を狭帯域化することで測定の高感度化が期待できる。また、OPAの場合では必ずシード光が必要である。本実験では、シグナル光の波長(~ 781 nm)をもつシード源として色素レーザー、またはLDを用いた。色素レーザーの場合、色素溶液にはオメガオプティカル社LDS765(発振波長域738nm \sim 800nm)をDSMO(Dimethyl Sulfoxide)に溶解させたものを用いた。色素レーザーの励起光にはYAGレーザー光の一部を用いた。また、色素溶液はテフロン製のスターラーによって常に攪拌されている。これによって、出力やビーム質が改善される。発振段のみの出力が0.04mJ、増幅段を用いた場合で0.15mJが得られた。また、色素レーザーを狭帯域化するために、波長分散素子としてグレーティング及び3つのプリズムを用いた。色素

Table-4 Characteristics of different Nd:YAG laser sources

Pump source	Output-SHG	Spectral width	Beam quality	Size of laser head	Size of power supply	Portability
GCR-290	500mJ	0.3cm^{-1}	○	508×1149×270mm	537.1×767.7×757mm	×
Surelite I	160mJ	$\sim 2\text{cm}^{-1}$	△	178×770×159mm	266×622×527mm	○
Surelite III	400mJ	↑	×	↑	↑	○

レーザーの出力のスペクトル幅は 0.3cm^{-1} 前後である。一方、LDはシャープ社LD024PDを用いた。発振中心波長788nm、単一横モード発振、最大出力30mW、動作温度-10~50℃であり、温度を変えることで発振波長をスキャンできる。また、温度が低い場合はシングルモード発振となり、その場合のスペクトル幅は 0.01cm^{-1} 以下である。電源にはナムテック社NTBL-300を用いた。半導体レーザーはパワーが小さいのでOPOの実験でのみ用いた。

2.4 励起源の選定

先に述べたように、励起源には、出力、安定性の面から市販のYAGレーザーの第2高調波を用いた。Table-4に、本研究室が所有する各YAGレーザーの諸特性を示す。ビーム質はバーンパターンを用いて比較を行なった。

使用目的である移動可能な簡易型OPOである為には、可搬性の点からコンテニウム社のSurelite I, IIIを用いるのが良いが、スペクトル幅及びビーム質が悪く、励起レーザーとしての性能が期待できない。一方、可搬性に問題があるが、スペクトル幅、ビーム質の面から考えるとスペクトラフィジックス社のGCR-290が適しており、今回はこちらを励起源として用いた。実用化の際には、良好なビーム質と可搬性を兼ね備えた励起源が必要である。

3. 実験結果と考察

3.1 LDシードを用いたOPO発振実験

この組み合わせにおける目的は、励起光とシード光にスペクトル幅が十分に狭いものを用いて、アイドラー出力のスペクトル幅を可能な限り狭くすることである。また、色素レーザーをシードに用いる場合と異なり、全固体化を実現でき、また装置全体の小型化も期待できる。

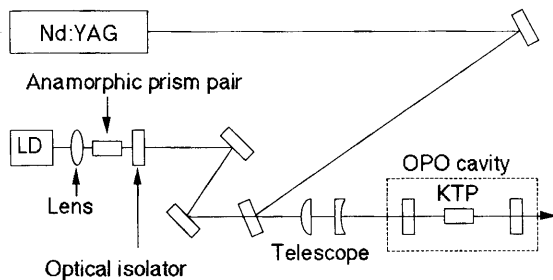


Fig.3 Setup for LD seeded OPO

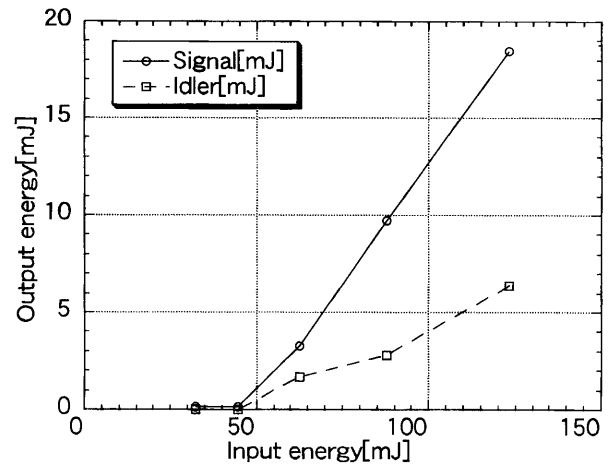


Fig.4 LD seeded OPO output as a function of pump energy

実験装置図をFig. 3に示す。YAGレーザーからの励起光及びシード光を同軸にしてOPOに入射する。共振器前でのシード光強度は1.3mWである。また、結晶を回転して位相整合をとった。

OPOの入出力特性をFig. 4に示す。最大出力は、シグナル光18.5mJ、アイドラー光6.4mJ(励起光強度123mJ)であった。

次に、スペクトル幅を測定する為に、シグナル光をファブリーペロー干渉計に入射し、干渉リングをCCDで測定した。観測結果をFig. 5に示す。測定で用いたファブリーペロー干渉計のFSR(Free Spectral Range)は 5.37cm^{-1} 、測定時の励起光強度は87.8mJである。なお、赤外域ではCCDの感度が無い為、アイドラー光を直接測定する事はできない。また、図から信号強度の1次元分布を求めたものも同時に示す。計算から、スペクトル幅は 0.35cm^{-1} であった。また、これはシード光を直接測定した場合の値も同様であった。この値はファブリーペロー干渉計の、この実験で用いたセッティングにおける解像度程度であり、実際のスペクトル幅はさらに狭く、シングルモードになっていると思われる。よって、エネルギー保存則から考えると、アイドラー光のスペクトル幅は励起光と同程度($\sim 0.3\text{cm}^{-1}$)まで狭帯域化されていると予想される。以上より、LDによるシードは狭帯域化に大きな効果を持つといえる。しかし、シード光にパワーの小さなLDを用いたことで色素レーザーの場合よりもシードが

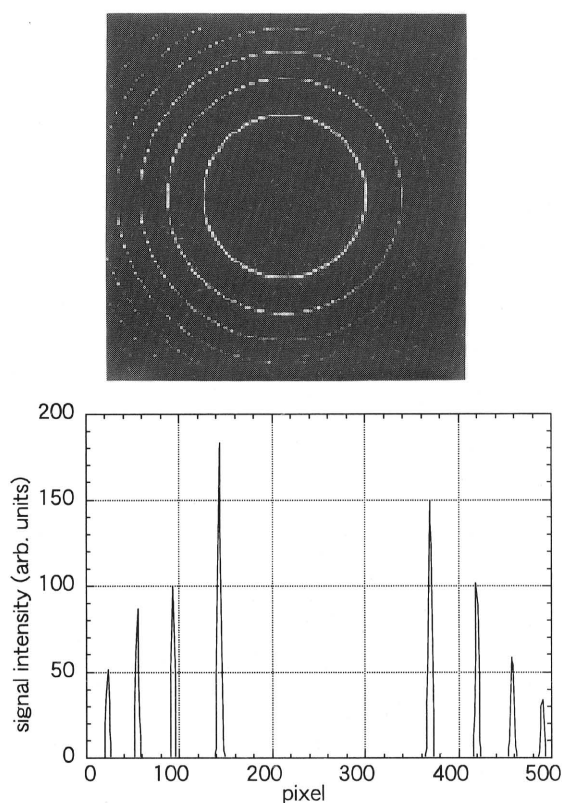


Fig. 5 Fabry-Perot interference fringe pattern of signal output. Single mode output was observed.

困難になっており、安定性に欠けるといふ欠点もあった。安定したシードを実現するには、LDのマウントを安定させる、より高出力のLDを用いるなどが必要である。

3.2 色素レーザーシードを用いた OPA 実験

以前の研究によれば、アイドラー共振型のOPOの場合、共振器内のロスが大きく、またビーム質が悪いという欠点があった⁴⁾。そこで、ミラーを使わずにOPAによるシード光の増幅実験を試みた。この場合、ビーム質及び出力は、シード光と励起光の特性、マッチングによって決まる。実験装置をFig. 6に示す。OPAによる増幅効率をよくするため、励起光とシード光のパルスのピークが同じになるようにオプティカルディレイを調整した。一般にパルスレーザーを用いたシードの場合、OPAと比較してオプティカルディレイが小さくてよいため、装置全体のコンパクト化には有利である。

OPAの入出力特性をFig. 7に示す。励起光強度192mJに対し、シグナル光出力40.2mJ、アイドラー光出力20.2mJを得た。また、先程と同様にシード光の干渉リングを測定したものをFig. 8に示す。FSRは 1cm^{-1} である。スペクトル幅を求めたところ、 0.3cm^{-1} であった。ただし、この値はシード用色素レーザーの調整によって前後する。

次にアイドラー光を用いて、光音響分光法(PAS,

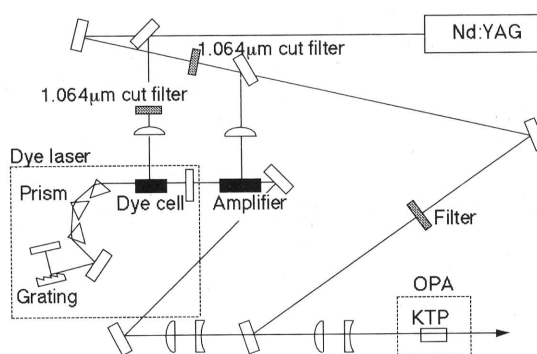


Fig. 6 Setup for dye laser seeded OPA

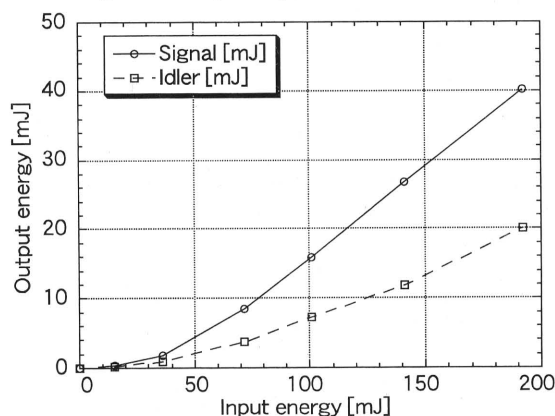


Fig. 7 Output energy as a function of pump energy

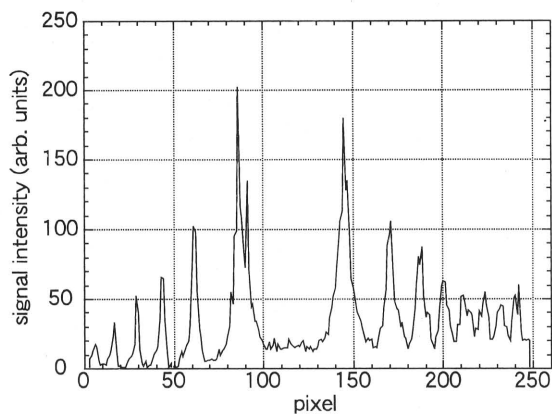
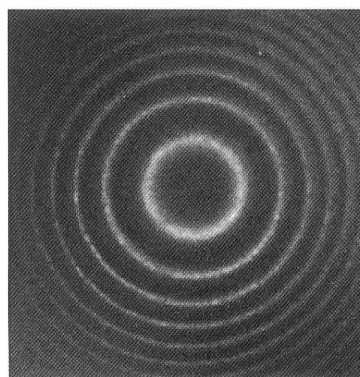


Fig. 8 Fabry-Perot interference fringe pattern of seed dye laser.

Table-5 Characteristics of OPO and OPA

Scheme	LD seeded OPO	Dye laser seeded OPA
Pump energy	123mJ	225mJ
Max. energy of signal wave	18.5mJ	40.2mJ
Max. energy of idler wave	6.4mJ	21mJ
Spectral width of signal wave	Single mode	0.3cm ⁻¹
Spectral width of idler wave	0.3cm ⁻¹	0.4cm ⁻¹
Beam divergence of idler	—	0.5mrad

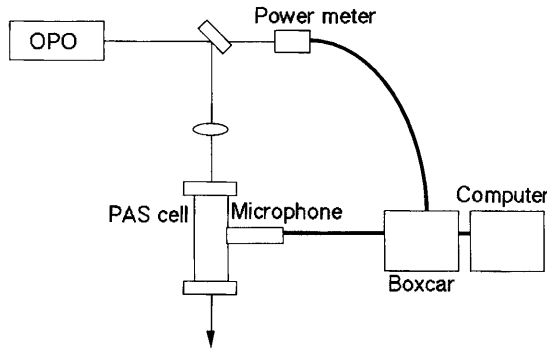


Fig.9 Setup for PAS measurement

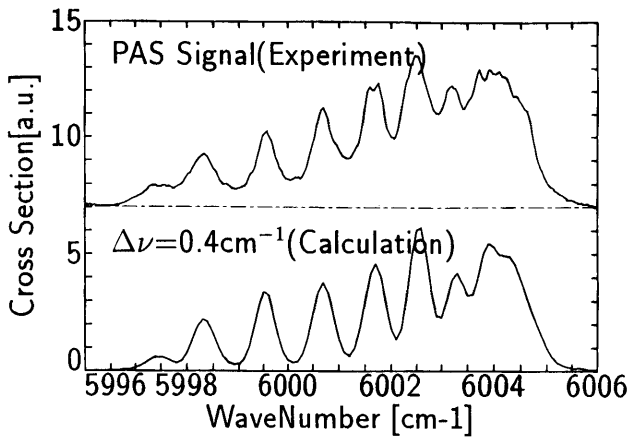


Fig.10 Absorption spectrum of methane at Q branch

Photo-Acoustic Spectroscopy)によるメタンスペクトルの測定を行った。実験装置をFig. 9に示す。アイドラー光をレンズで絞リ、メタンを1気圧(10%)つめたPASセルに入射し、得られるPAS信号をBOXCAR積分器で測定した。測定結果をFig. 10に示す。横軸は波数(cm⁻¹)で示してある。HITRANデータベースを用いたスペクトルシミュレーションをフィッティングした結果、アイドラー光のスペクトル幅は0.4cm⁻¹程度という値が得られた。

次に、IRカード及びIRスコープを用いて、アイドラー光のビーム拡がり調べた。位相整合方向の拡がり角は十分小さく、これに垂直な方向にはレンズ補正なしで

3.5mrad程度という結果が得られた。さらに、レンズでコリメートを行った場合は0.5mrad程度であった。以上のように、実際にDIAL測定で十分用いることができる光源が開発された。

4. ま と め

本研究では、メタンガスのDIAL測定で用いる光源として、狭帯域光パラメトリック発振器及び増幅器の開発を行った。今回は全固体化及び小型化を目指してLDをシード光に用いたOPO実験、出力及びビーム質の向上を目指したOPA実験を行った。Table-5に今回開発した光源の性能一覧を示す。性能を比較すると、一長一短である。

LDを用いたOPO実験では、スペクトル幅は良好であったが、出力が低く、シードの安定性に問題があった。一方OPAの実験では、実際にDIAL測定に用いることができる特性を持つ光源が開発されたが、実用的には色素の劣化、励起源の大きさなどの面で問題がある。今後の予定として、まずOPAを用いてメタンのDIAL測定の初期実験を行う。将来的には、LDを用いたOPOレーザーを改良することによって、安定した、高性能の光源を開発する。具体的には、2つのLDを用いたショットごとのON, OFF波長スキャンの実現、安定したシードのためのLDマウントの改良および高出力LDの選定、ビーム質の改善及び出力向上を目指した不安定共振器の導入、小型で高性能の励起源の導入などが考えられる。

5. 謝 辞

本研究は三菱重工業(株)広島研究所の協力を得て行なわれました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 5.3微量成分計測技術の将来展望, 大気微量成分計測のための航空機・人工衛星搭載レーザーレーダーに関する基礎調査報告, 国立環境研究所 (1991).
- Uchino, O.; Maeda, M.; Hirono, M.; *IEEE J. Quantum. Elect.* **QE-15**(1979)1094.
- 内海通弘; 前田三男; 村岡克紀; 内野修: *レーザー研究*, **21**(1993)1031.
- 新町哲哉: *卒業論文* (1998).

脂質高分子膜の電荷密度の調整による甘味物質の選択性向上

池崎 秀和*・谷口 晃**・都甲 潔***

An Improvement of Selectivity to Sweet Taste Substances by Changing the Charge Density of Lipid/polymer Membranes

Hidekazu IKEZAKI*, Akira TANIGUCHI**, Kiyoshi TOKO***

(Received June 22, 1998)

Abstract: We have developed a multichannel taste sensor with lipid membranes which can detect and quantify taste substances in aqueous solution. The purpose of the present study is to improve selectivity to sweet taste substances by changing the charge density of lipid/polymer membranes. We found that the selectivity to sweet taste substances increases as the density of charged lipid is low and the membrane is neutralized.

Keywords: Taste sensor, Lipid/polymer membrane, Multichannel, Charge density

1. はじめに

食品メーカーにおける味の評価は、現在でもパネラーと呼ばれる人間が実際に味わって行う官能検査に大きく依存している。しかし、パネラーの個人差や体調等による官能データの客観性・再現性に問題があり、さらに官能検査は大変神経を使い、疲労度が大きいという問題がある。このような現状から、食品の新製品開発や製造ラインでの品質管理において、人の感じる味を検出してパネラーをサポートする味センサの開発が望まれていた。

現在一般には、酸味はpHメーター、塩味は電気伝導度計、甘味は屈折率計等が使われている。しかし、これらは味を測定しているとは言えない。酸味は一般に水素イオン濃度に比例する量とされているが、人は同じpHの溶液でも酸の種類により味の違いを感じる。さらに電気伝導度には苦味を生じる塩化マグネシウム、屈折率には塩味を生じる塩化ナトリウムも大きく寄与し、味を総合的に論じることはできない。

そこで、細胞の生体膜の構成成分である脂質を利用した人工の味センサの開発が行われた¹⁻³⁾。味センサは、生体を模倣した性質の異なる複数の脂質高分子膜から得られた信号をパターン認識することで味を識別しようというものである。その概要をFig.1に示す。味検出に重要な働きをする脂質を高分子化合物で固定化して脂質高分子膜センサを作り、呈味物質と脂質高分子膜と間の静電相互作用や、呈味物質の物理化学的吸着による脂質高分子膜の膜電位変化を情報として取り出す。その際、応答

特性の異なる脂質高分子膜センサから得られる複数の信号をパターン認識して味の識別を行う。測定方法の改良により⁴⁾、応答再現性も向上した結果、これまでビール、日本酒、コーヒー、牛乳、味噌、醤油等へ適用され、その銘柄差のみならずロット（製造工場、製造日）間差の識別も行うことができるようになった⁵⁻¹⁰⁾。また、情報量を増加する測定方法の改良により、官能とのマッチングも取れるようになってきている¹¹⁻¹⁵⁾。

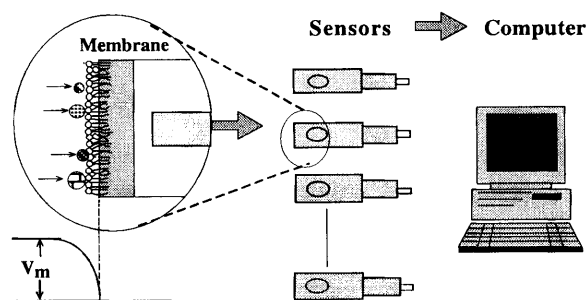


Fig.1 Taste-recognition system

本論文では、脂質高分子膜の電荷密度を調整することで、非電解質である甘味物質に対する選択性の向上を目指した。従来の脂質高分子膜の電位測定では、非電解質の甘味物質への感度は、電解質の味物質の感度に比較して、1/5~1/10と低く、両者が混合されたサンプル中では、甘味の信号を特徴抽出することが難しかった。他方、脂質高分子膜のインピーダンス測定では、脂質高分子膜を用いた非電解質の検知の可能性が示唆されたものの、応答再現性の点で課題が残っている^{16,17)}。本研究では、膜電位計測を用いて、膜中の脂質の量と各基本味物質の感度の関係を調査し、甘味物質に対する選択性向上の可

平成10年6月22日受付

* 電子デバイス工学専攻博士後期課程

** アンリツ株式会社研究所

*** 電子デバイス工学専攻