

仕様書

1. 件名

ウイルスセンサモジュール製作

2. 研究の目的

国立研究産業技術総合研究所先端半導体研究センター（以下、「産総研」という）では、受託事業である「飛沫中のウイルスを検出するグラフェン共振質量センサの研究」の一環としてウイルスセンサ向け計測用集積回路（以下、「LSI」という）に関する研究開発を行っている。これらにおいて、小さなウイルスセンサモジュール（以下、「モジュール」）の実機設計・製作を通じて、有効性を確認することが目的の1つとして挙げられている。

3. 本件の概要

本作は産総研が仕様として与えるモジュール形態や要求性能に基づき、実機製作を行い、設計図面や検査関連書類、及び、操作手順書を添付したモジュールを納品するものである。本モジュールは、主に電気系、光学系、機械系から成り、これらはマイクロコントローラ（以下、「MCU」）により制御され、その組み込みソフトウェアまでを含む。

4. 作業項目

4.1 モジュール製作

4.2 組み込みソフトウェア設計

5. 作業項目別仕様内容

5.1 モジュール製作

以下の内容で各種製作を行うこと。

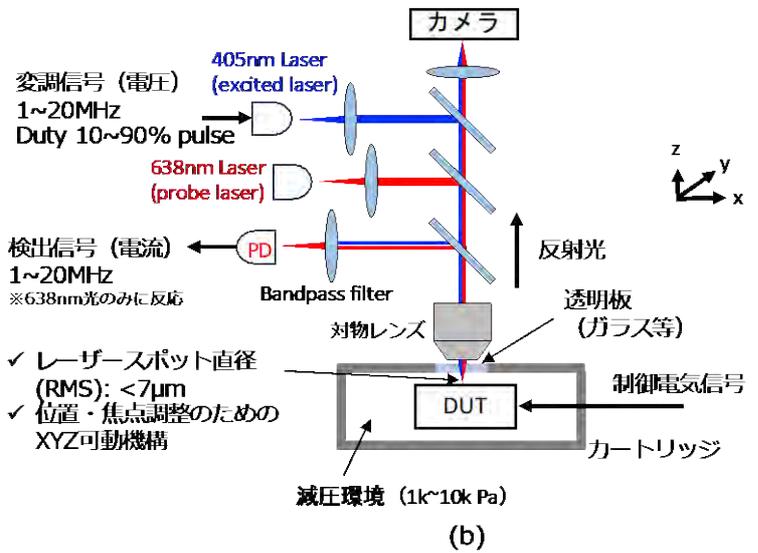
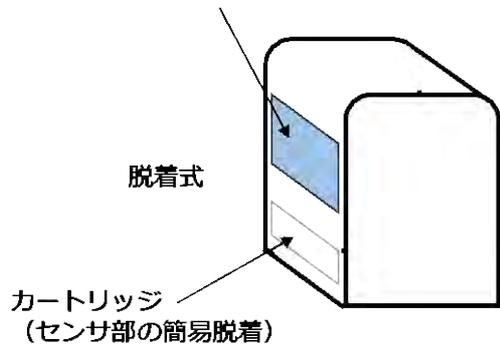
(1) 全体構成

全体構成の構想として、センサモジュールは図 5.1.1(a)のような外観であり、脱着可能なカートリッジ部にウイルスセンサ（DUT）がある。センシング結果や操作は表示用モニタか外部モニタを介して行う。尚、同モニタは外部 PC に出力投影する形態でも良い。カートリッジ部は真空引きできるものとする。5.2 記載の組み込みソフトウェア含めて、卓上（700mm x 1000mm 以下）に収まる大きさであること。ただし、本製作においては必ずしも同図のような外部カバーは必要としない。

(2) 光学系

図 5.1.1(b)のように DUT (以下、「DUT PCB」という) はカートリッジ内に設置され、1kPa~10kPa の減圧環境であるものとする。尚、同図に記載は無いが、カートリッジ内を減圧するためのポンプも本モジュールに含まれる。本 DUT PCB には透明板 (ガラス等) を介して 405nm, 638nm の 2 波長のレーザーが 7 μ m より小さいスポット直径(RMS)で照射でき、また、DUT PCB にはカートリッジ外から電氣的に制御するための制御線群を設けていること。ここで 405nm レーザーは 1~20MHz、10%以上、90%

LCDディスプレイの表示用の窓
(外部ディスプレイモニタへの接続でも可)



(a)

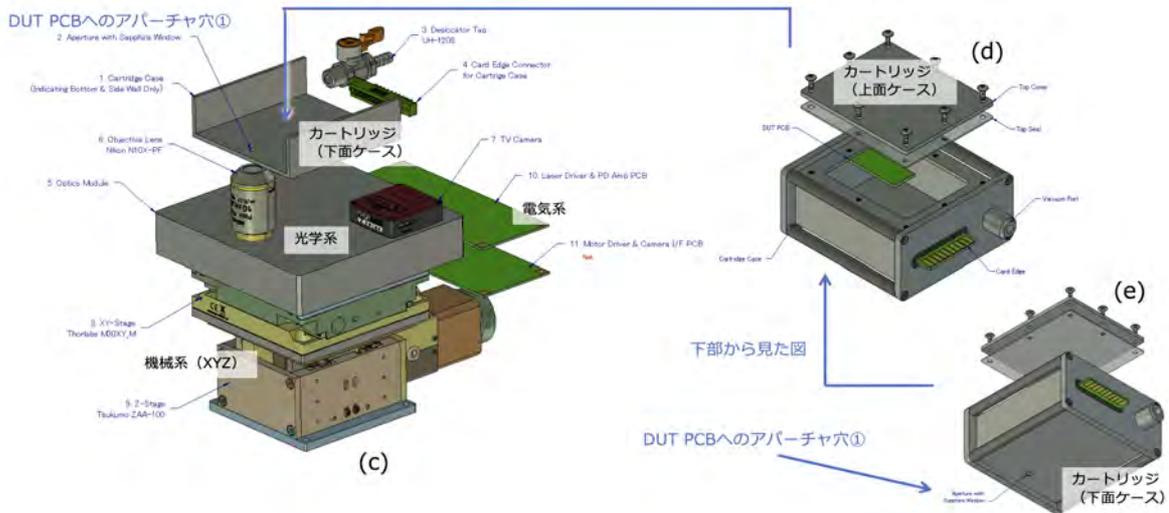


図 5.1.1 センサモジュールのイメージ図 (機能・性能要件を満たせばこれに限らない)

以下の可変デューティ比のパルス電圧で変調され、638nm レーザーは一定強度（使用者にて調整可能であること）であるとする。一方、DUT PCB から反射された 638nm の光は、DUT PCB の作用により、上記の変調と同じ周波数で変調されている。そのため、この光のみをフォトディテクタ（PD）で光電変換し検出可能であるとする。また、DUT PCB 上を観測するために可視光を検出するためのカメラも備えている。

図 5.1.1(c)は、同図(b)をより具体的に示した構成例の図となっている。(b)と(c)は上下が逆の配置になっており、カートリッジ部分は下面ケースのみが描画されている。また、このカートリッジ部は上方から見た同図(d)、下方から見た(e)のような構成となっている。つまり、同図(c)の「DUT PCB へのアパーチャ穴①」と、同図(e)のそれは同じものを指していることになる。上述のとおり、カートリッジ内は減圧する必要がある一方で、このカートリッジそのものを同図(a)のように差し込み等により脱着できるようにするため、配線やバルブとの接続における機密性に注意した部材やタップを設ける必要がある。

光学系は同図(c)のように独立した筐体内に実装し、そこにカートリッジのアパーチャ穴に向けての対物レンズやカメラモジュールが取り付けられる。尚、光学系の筐体内の構成例を図 5.1.2 に示す。ただし、本構成や部材等は一例であり、先述の通り DUT PCB での干渉効果により、反射してきた 638nm レーザー光を適切に光電変換できるよ

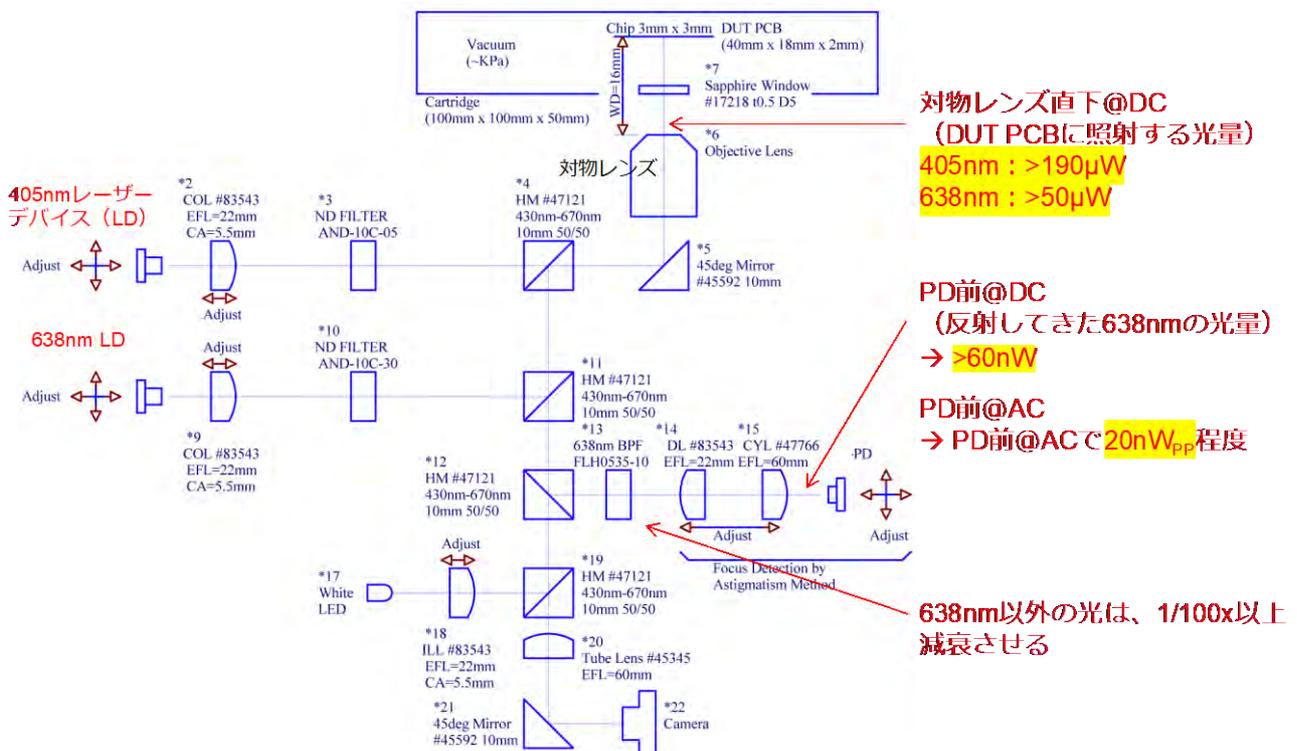


図 5.1.2 光学系の構成例と各ポイントにおける光電力仕様

う設計・製作される必要がある。ここで、レーザーデバイス(LD)から来る対物レンズ直下の直流 (DC) 光電力は、405nm と 638nm の光それぞれで $>190\mu\text{W}$ 、 $>50\mu\text{W}$ の LD の出力能力があるものとする。ただし、DUT PCB への照射 DC 光電流は $50\mu\text{W}$ 以下になるよう調整可能であること。フォトディテクタ (PD) 直前での 638nm 干渉計反射光の DC 光電力は $>60\text{nW}$ となるよう光学系は設計され、ここで、PD 直前までに 638nm 以外の波長は $1/100\text{x}$ 以下に減衰されていること。PD 直前の 638nm の交流光電力 (AC) 分は $>20\text{nWpp}$ とする。ただし、DUT PCB の干渉計による反射率は 5%程度である。

(3) 機械系

DUT PCB における平面軸上で、405nm と 638nm レーザー照射の $7\mu\text{m}$ 径(RMS)以下スポット位置の調整が可能であり、これは、平面軸上 (つまり XY 軸上) の位置調整が可能な可動ステージ等で実現されること。また、この調整は上記 5.1(2)のカメラを介して目視で位置調整行うものとし、 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ の DUT PCB 上から約 $10\mu\text{m}$ 直径程度のターゲットにスポット照射するための位置を探索することを想定している。そのため、XY 軸の可動域はこの範囲 ($3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 以上) を探索可能である必要がある。これらは、後述する MCU により GUI 上で調整できるものとする。一方、カメラ像、照射スポットや反射光の焦点を自動で合わせるための機構 (オートフォーカス、Z 軸焦点自動調整、等。以下、「AF」という) などの機械的可動機能も備えていること。尚、Z 軸の AF においては、405nm 及び 638nm のレーザー光の DUT PCB 上で $7\mu\text{m}$ 以下 (RMS)

XYステージの性能諸元

移動量	30mm X 30mm
テーブルサイズ	115mm X 115mm
駆動方式	ブラシレスDCモーター
電流値	500mApeak at DC15V
分解能	2.5 μm
MAXスピード	2.4mm/sec
繰り返し位置決め精度	$\pm 0.001\text{mm}$
耐荷重	5kgf
重量	1.2Kg

Zステージの性能諸元

移動量	20mm
テーブルサイズ	100mm X 100mm
送りネジ	$\phi 8$ リード2
駆動方式	5相ステッピングモータ
電流値	0.75A/相
分解能	$\sim 0.002\text{mm}$
MAXスピード	$\sim 5\text{mm/sec}$
繰り返し位置決め精度	$\pm 0.001\text{mm}$
耐荷重	10kgf
重量	約3Kg

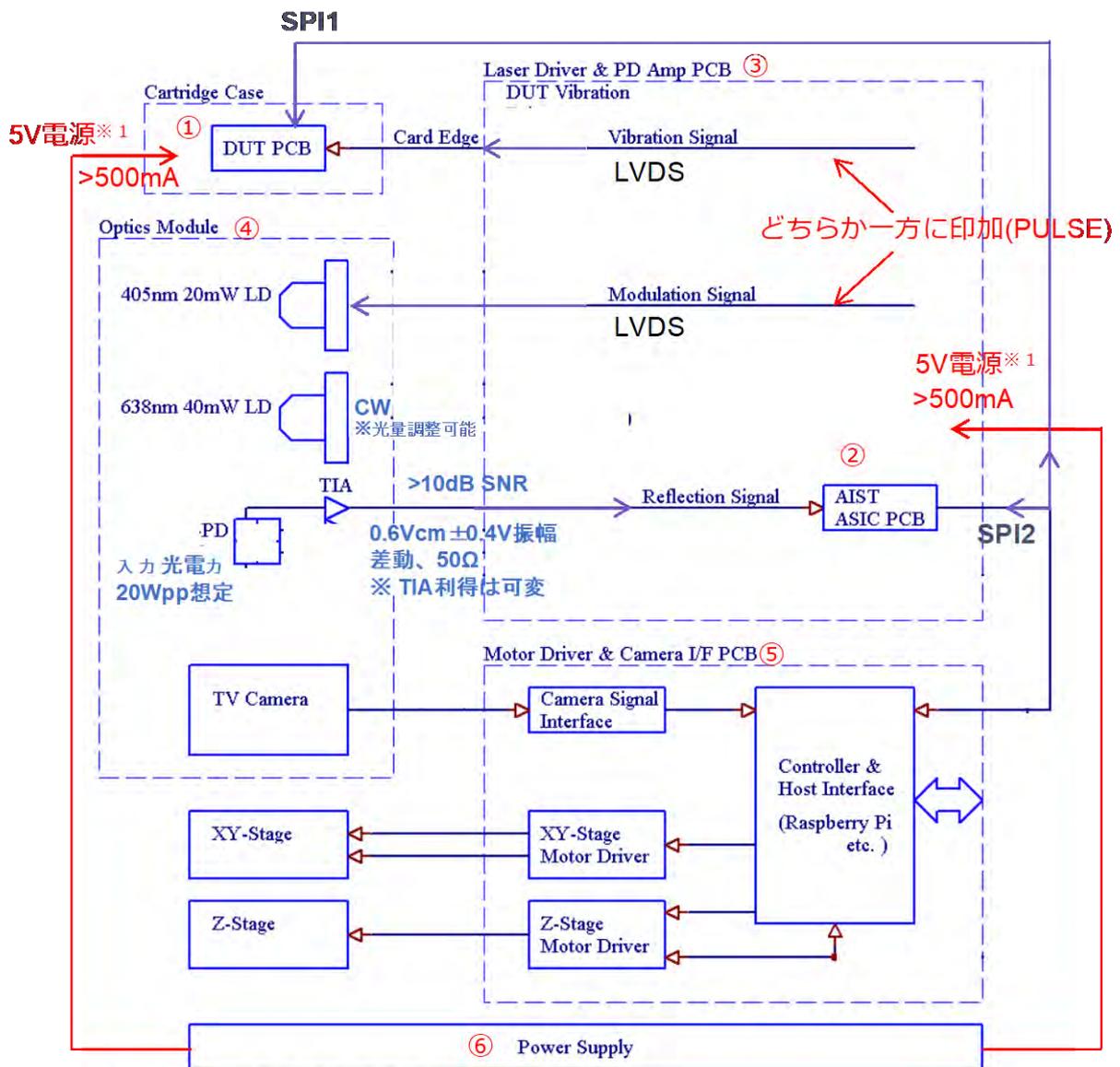
図 5.1.3 XYZ ステージの性能諸元

のスポット径を自動で調整するために用いられる。図 5.1.1(c)に示すように、本モジュールにおいては光学系部をこのXYZステージに固定する形にするものとする。また、これらXYZ軸それぞれの位置制御を行うためのモータードライバ類も備える必要がある。

XYZステージそれぞれの性能諸元は図 5.1.3 に示すとおりとする。

(4) 電気系

図 5.1.4 に示すとおり、電気系は主に、DUT PCB がマウントされカートリッジ内に設置されるプリント基板 (PCB) である「DUT PCB」 (以下、①) と、産総研の IC チップ (以下、ASIC という) が実装された AIST ASIC PCB (以下、②) を含む「Laser Driver & PD Amp PCB」 (以下、③) と、5.1(2)で述べた光学系のための PD や LD 等



※1 非スイッチング電源のシリーズレギュレータ出力

図 5.1.4 電気系の構成図例と要求機能・性能

の電子部品類を実装した PCB である「Optics Module」(以下、④)と、MCU や各 XYZ ステージ用の駆動回路等が実装された「Motor Driver&Camera I/F PCB」(以下、⑤)と、各部に電力を供給するための「Power Supply」(以下、⑥)を主に含む。

①は SPI により MCU から制御 (SPI1) され、動作のためのトリガ用信号 CKR を受ける。また、電源として 5V, >500mA が⑥から供給される。また、②から駆動用の LVDS 信号 PULSE (1~20MHz、10%以上、90%以下の可変デューティ比のパルス) を受ける。

③は、②を脱着可能とし、この②と MCU とが SPI 通信 (SPI2) をできるよう配線の取り回しを行う。同時に、②は、①または④の LD のいずれかに LVDS 信号 PULSE を送信するよう切り替えられること。

④において、405nm LD は、②からの LVDS 信号 PULSE (1~20MHz、10%以上、90%以下の可変デューティ比のパルス) を受けて変調光を出力可能であること。638nm LD は、一定(CW)光電力を出力可能とする。これら2つの LD は、電氣的に調整可能とする。PD とトランスインピーダンスアンプ (TIA) は、反射してきた 638nm の AC 光電力信号を所定の電圧信号へと変換して②へと入力する。5.1(2)で述べた通り、①より反射してきた 638nm AC 光電力を、TIA が差動電圧信号にする。当該電圧信号の振幅は片側 40mV~400mV となるように、TIA 利得を調整できるものとする。このときのコモンモード電圧 V_{cm} は 600mV (使用者にて調整可能であること) とし、出力インピーダンスは 50Ω である。信号帯域は >20MHz とし、これをノイズ帯域幅としたときの出力の信号対雑音比 (SNR) は >10dB とする。尚、帯域 20MHz 内における群遅延の変動は 1%以下とする。技術提案書においては、上記の各 LD や PD・TIA の仕様を満たすことが可能であることを示す根拠を添付すること。

PCB⑤は、MCU と各種モータードライバ等を含む。MCU は先述の通り①との SPI 通信 (SPI1) と、③を経由した②との SPI 通信 (SPI2) を、それぞれ独立に行う。

(5) 電源部

図 5.1.4 の電源部「Power Supply」(以下、⑥)は、モジュール全体に所定の電源を供給するためのブロックで、商用 AC100V で給電され各種電圧変換を行う。⑥から各ブロック (系) へ所定の電力を適切な電圧や電流を以て供給する。尚、DUT PCB (①) 及び AIST ASIC PCB (②) にはそれぞれ独立に 5V、500mA 以上の電力供給を行うものとし、スイッチング・レギュレータ出力ではなく、シリーズレギュレータからの出力で与えられることとする。

(6) その他

以上、製作（納品）したモジュールの全ての構成図面（各 PCB の回路図、寸法記載、各 부품のメーカー・型番や材料等の詳細情報も併記）を電子データとして納品物の一部として添付すること。ただし、図 5.1.1~5.1.4 のそれぞれの形状や形態、回路構成や光学系などはイメージであり、上記 5.1(1)~(5)の性能や機能を、全て満たすことが出来ればこれらの構成に限るものではない。ただし、代替提案となる場合は、相当する形状、形態、各系の図面（電気、光、機械）を技術提案書として提出すること。

5.2 組み込みソフトウェア設計

以下の内容で各種製作を行うこと。

(1) 全体構成

5.1 に記載した通り、MCU は光学系、機械系、電気系のそれぞれと通信し、それらを制御やデータ取得、モニタへの結果表示等を行っている。SPI は 2 系統あり、MCU は PCB①と②でそれぞれに独立した通信を行う。SPI の電圧は 3.3V であり、MODE0 準拠、SCK の周波数は 1~10MHz で設定可能であるとする。尚、図 5.2.1(a)は MCU と PCB①、または、PCB②における ASIC との接続や、カメラ、XYZ ステージとの接続の概略図である。

(2) 組み込みソフトウェアの開発

図 5.2.1(a)より、2 系統の SPI を介しての ASIC（または PCB）からの結果はプログラム上での算術演算を経て、横軸時間、縦軸共振周波数（ASIC or DUT PCB からの結果）が、リアルタイムプロットされる。プロットのためのリフレッシュレートは 10Hz~100Hz とし、このスピードで ASIC から SPI 経由でデータを取得し、演算、結果表示する。このリフレッシュレートは、MCU 内部のプログラムで決定されるものとし、図 5.2.1(a),(b)に示すように、トリガ信号 CKR の立ち下がりエッジに同期して

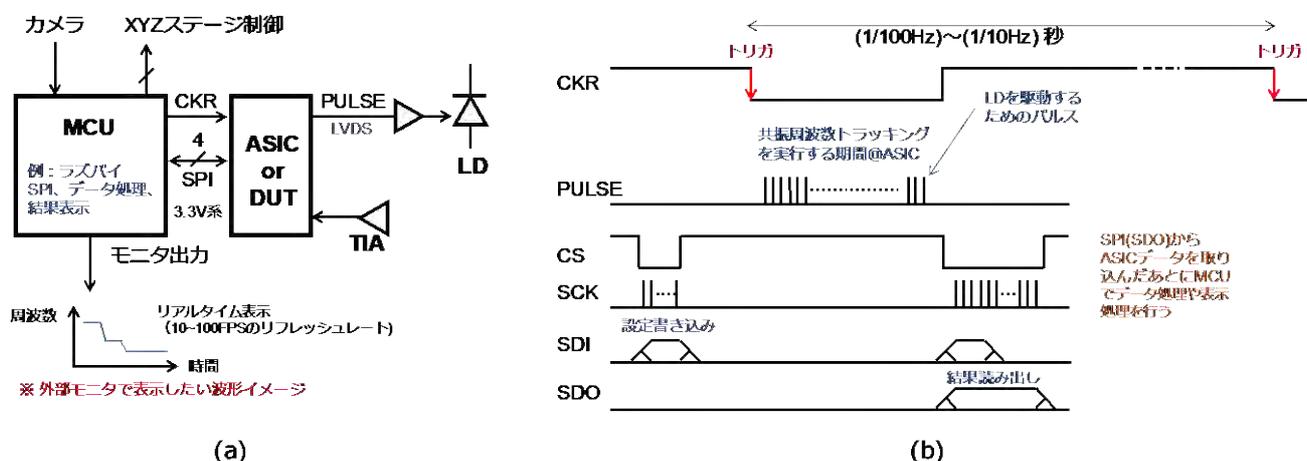


図 5.2.1 組み込みシステムも構成とタイミングチャート、ソフトウェアの概要

ASIC 動作が開始し、立ち上がりエッジに同期して SPI により計測結果が MCU に取り込まれる。前者の ASIC 動作が開始されるときに、ASIC から PULSE 信号が出力されて、5.1(4)記載の通り LVDS の規格に準拠して、405nm LD または PCB①を駆動する。尚、プログラム上で、SPI の構成やデータ語調は 1 バイト単位で調整可能であるものとする。

また、同じ MCU 内で、XYZ ステージ制御やカメラ取り込みも実行できることとし、初期設定（レーザー照射位置や AF）から、図 5.2.1(b)の計測実行、結果のリアルタイム表示までを 1 つの MCU でシームレスに実行可能であるとする。MCU は linux 等 OS を搭載しており、当該ソフトウェアもこれを経由して簡易に実行可能であること。

プログラムは C/GTK4 で記載されることが望ましいが、プログラムの改良やメンテナンスが実施しやすいように、可読性の高い言語で実装されていること。ただし C/GTK4 以外のプログラム言語を使用する場合は調達請求者の了承を得ること。

また、5. 5.1 (1)のように卓上で、以上の機能を実現するためには、ラズベリーパイのような GPIO を備えた超小型 PC が望ましい。

6. 貸与品

- 「DUT PCB」としてセンササンプル 3 個

7. 特記事項

(1) 要求機能・特性の詳細の確認

上記 5.の具体的な構成の確認については、契約後に別途打ち合わせを必要とし、これに際しては秘密保持誓約書を提出すること。

(2) 光学系・機械系・電気系が統合されたシステムの開発・納入実績があること。

(3) 受注者は原則、最低でも 1 時間程度の進捗報告を隔週オンラインにて行うこと。また、必要に応じてこれ以上のミーティングを開催することも可能である。

(4) 「サプライチェーン・リスクに対応するため、別紙に記載する事項に従って契約を履行しなければならない。」

8. 納品確認試験

本装置を搬入、調整の後、調達請求者立ち会いのもと、下記の動作確認を行いその結果を納品確認試験として提出すること。

- 1) カートリッジに DUT PCB を設置し、ポンプで所定圧力に設定
- 2) 外部の信号発生器から LVDS 信号で 405nm LD ドライバを周波数掃引して駆動

- 3) Reflection Signal をスペクトルアナライザに接続し、DUT PCB の共振スペクトル確認
- 4) その他：ステージの可動範囲や AF が所定の動作することを確認

9. 納入の完了

本装置は、「10. 納入物品」に記載された納入物品が過不足なく納入され、仕様書を満たしていることを確認して、納入の完了とする。

10. 納入物品

下記のデータを収めた電子データを、産総研指定のファイル転送方法用いて納入すること。

- ウイルスセンサモジュール本体 1 台
- ウイルスセンサモジュール本体に関わる全ての設計図面、回路図 1 部（電子媒体）
- 組み込みソフトウェアのソースコードとその解説書 1 部（電子媒体）
ソースコードの著作権は産総研に帰属するものとする
- 納品確認試験成績書 1 部（電子媒体）
「8.納品確認試験」の結果をまとめたドキュメント
- 操作手順書 1 部（電子媒体）
「8.納品確認試験」の操作手順及び組み込みソフトウェアの操作手順をまとめたドキュメント。加えて、モジュール本体の主要部位の構成説明や、特に、手動で調整する箇所（LD の強度調整等）、操作に関連する部分の名称定義とその機能・効果に関する説明を必ず付記すること。電気系においては、産総研のデバイス類（DUT PCB や AIST ASIC PCB）と接続される部分についてはその電氣的な仕様・特性（電圧、電流、インピーダンス等）についての説明があること。組み込みソフトウェアについては、立上げ（スタート）方法からユーザインターフェースなど、操作方法について漏れなく説明があること。その他、メンテナンスが必要なところとその方法は明記すること。

※電子媒体の場合、原則として USB メモリ等の外部電磁的記録媒体は用いないこと。

11. 納入期限及び納入場所

納入期限：2025年12月26日（金）

納入場所：茨城県つくば市梅園 1-1-1

国立研究開発法人産業技術総合研究所
先端半導体研究センター

12.付帯事項

- ・ 本仕様書の技術的内容及び知り得た情報については、守秘義務を負うものとする。
- ・ 納入された製品における能力内の使用中に発生した納入の完了後1年以内の故障については、その修理、調整等責任をもって無償で行うこと。
- ・ 本仕様書の技術的内容に関する質問等については、調達請求者と協議すること。また、本仕様書に定めのない事項及び疑義が生じた場合は、調達担当者と協議のうえ決定する。

以上

サプライチェーン・リスク対応に係る特記事項

1. サプライチェーン・リスクへの対応

受注者は、機器等の意図的な不正改造及び情報システム又はソフトウェアに不正なプログラムを埋め込むなど、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）の意図しない変更が加えられたときに生じ得る情報の漏えい若しくは破壊又は機能の不正な停止、暴走その他の障害等の情報セキュリティ上のリスク（以下「サプライチェーン・リスク」という。）に対応するため、受注者は「IT 調達に係る国の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ」（平成 30 年 12 月 10 日関係省庁申合せ）に基づく対応を図らねばならない。

2. 意図しない変更に対する対策

- ①受注者は、本業務の履行に際して、サプライチェーン・リスクが潜在すると知り、又は知り得べきソースコード、プログラム等（以下「ソースコード等」という。）の埋込み又は組込みその他産総研担当者の意図しない変更を行ってはならない。
- ②受注者は、本業務の履行に際して、サプライチェーン・リスクが潜在すると知り、又は知り得べきソースコード等の埋込み又は組込みその他産総研担当者の意図しない変更が行われないように相応の注意をもって管理しなければならない。
- ③受注者は、本業務の履行に際して、情報の窃取等により研究所の業務を妨害しようとする第三者から不当な影響を受けるおそれのある者が開発、設計又は製作したソースコード等（受注者がその存在を認知し、かつ、サプライチェーン・リスクが潜在すると知り、又は知り得べきものに限り、主要国において広く普遍的に受け入れられているものを除く。）を直接又は間接に導入し、又は組み込む場合には、これによってサプライチェーン・リスクを有意に増大しないことを調査、試験その他の任意の方法により確認又は判定するものとする。

3. サプライチェーン・リスクにかかる調査の受入れ体制

- ①受注者は、本業務に産総研担当者の意図しない変更が行われるなど不正が見つかったときは、追跡調査や立入検査等、産総研と連携して原因を調査し、サプライチェーン・リスクを排除するための手順及び体制を整備し、当該手順及び体制を示した書面を産総研担当者に提出しなければならない。

4. サプライチェーン・リスクを低減するための対策

- ①受注者は、サプライチェーン・リスクを低減する対策として、本業務の設計、構築、運用・保守の各工程における不正行為の有無について定期的または必要に応じて監査を行う体制を整備するとともに、本業務により産総研に納入する納入物品に対して意図しない変更が行われるリスクを回避するための試験を行わなければならない。当該試験の項目は、情報セキュリティ技術の趨勢、対象の情報システムの特性等を踏まえ、受注者において適切に設定するものとする。
- ②機器の納入であり、かつ、設計、構築、運用・保守の各工程が存在しない場合は、4. ①の対応は不要。

5. 受注者の業務責任者

- ①受注者は、本業務の履行に従事する業務責任者及び業務従事者(契約社員、派遣社員等の雇用形態を問わず、本業務の履行に従事する全ての従業員をいう。以下同じ。)を必要最低限の範囲に限るものとする。
- ②機器納入であり、かつ、設計、構築、運用・保守の各工程が存在しない場合は、5. ①の対応は不要。

6. 再委託

6.1 本業務の第三者への委託の制限

受注者は、産総研の許可なく、本業務の一部又は全部を第三者(再委託先)に請け負わせてはならない。ただし、6.2に定める事項を遵守する場合はこの限りではない。

6.2 第三者への委託に係る要件

- ①受注者は、本業務の一部又は全部を第三者に再委託するときは、再委託先の事業者名、住所、再委託対象とする業務の範囲、再委託する必要性について記載した承認申請書を、委託元である産総研に提出し、書面による事前承認を受けなければならない。
- ②受注者は、本業務の一部又は全部を第三者に再委託するときは、再委託した業務に伴う再委託者の行為について、全ての責任を負わなければならない。
- ③受注者は、知的財産権、情報セキュリティ(機密保持を含む。)及びガバナンス等に関して、本仕様書が定める受注者の責務を再委託先も負うよう、必要な処置を実施し、その内容について委託元である産総研の承認を得なければならない。
- ④受注者は、受注者がこの仕様書の定めを遵守するために必要な事項について本仕様書を準用して、再委託者と約定しなければならない。
- ⑤受注者は、前号に掲げる情報の提供に加えて、再委託先において本委託事業に関わる要員の所属、専門性(情報セキュリティに係る資格・研修実績等)、実績及び国籍についての情報を委託元である産総研へ提出すること。
- ⑥受注者は、再委託先において、産総研の意図しない変更が加えられないための管理体制について委託元である産総研に報告し、許可又は確認(立入調査)を得ること。

7. その他

- ①提出された資料等により産総研担当者に報告された内容について、サプライチェーン・リスクが懸念され、これを低減するための措置を講じる必要があると認められる場合に、調達担当者は受注者に是正を求めることがあり、受注者は相当の理由があると認められるときを除きこれに応じなければならない。
- ②産総研は、受注者の責めに帰すべき事由により、本情報システムに産総研担当者の意図しない変更が行われるなど不正が見つかった場合は、契約条項に定める契約の解除及び違約金の規定を適用し、本業務契約の全部又は一部を解除することができる。