



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102011901996719
Data Deposito	16/11/2011
Data Pubblicazione	16/05/2013

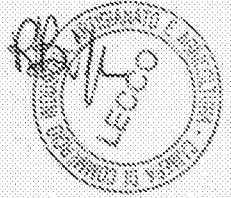
Classifiche IPC

Titolo

SISTEMA PORTATILE DI NAVIGAZIONE SUBACQUEA CHE INTEGRA IN UN UNICO CONTENITORE STAGNO UN SOLCOMETRO DOPPLER ED UN GIROSCOPIO A FIBRA OTTICA A SINGOLO ASSE.

16 NOV. 2011

DESCRIZIONE



Campo tecnico

Sistemi di posizionamento e navigazione per sommozzatori e per veicoli subacquei.

Stato della tecnica preesistente

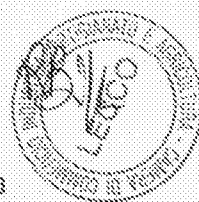
Una tecnica impiegata per la navigazione subacquea sia di veicoli che di sommozzatori consiste nell'integrare le informazioni fornite da un ricevitore GPS, un solcometro Doppler (Doppler Velocity Log, DVL) ed un sensore di direzione. Il sensore di direzione può essere costituito da una bussola magnetica oppure da una girobussola.

Secondo tale tecnica, la posizione iniziale (subito precedente all'immersione) viene acquisita tramite il ricevitore GPS. Ad immersione avvenuta, le posizioni successivamente assunte vengono calcolate aggiornando di volta in volta la posizione iniziale con la distanza percorsa nell'unità di tempo fornita dal DVL lungo la direzione indicata dal sensore di direzione. Un sensore di pressione fornisce indicazione della profondità ed un sensore di temperatura viene impiegato per affinare (tramite il calcolo della velocità del suono in acqua) i dati forniti dal DVL. Un processore elabora e rappresenta opportunamente le informazioni di cui sopra.

Il vantaggio principale della tecnica di navigazione descritta è quello di essere totalmente svincolata dalla necessità di predisporre riferimenti esterni (quali trasponditori o emettitori acustici disposti in posizioni note) con i quali possano essere implementate tecniche di triangolazione geometrica.

Il principale svantaggio, tuttavia, è che, laddove si voglia raggiungere una buona accuratezza della navigazione, svincolata dalle ampie fluttuazioni del campo

16 NOV. 2011



magnetico locale, è necessario impiegare quale sensore di direzione una girobussola di tipo laser ("Ring Laser Gyro") o a fibra ottica ("Fiber Optic Gyro"). Tali girobussole, tuttavia, sono composte da tre giroscopi (laser o a fibra ottica) e tre accelerometri montati su tre assi ortogonali. Tale complessità risulta in costi e dimensioni che, di fatto, ne impediscono l'impiego in sistemi di navigazione portatili.

Descrizione dell'invenzione

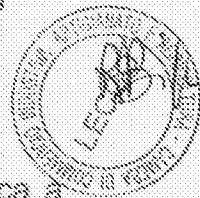
Con la presente invenzione si è inteso realizzare un sistema di navigazione subacqueo basato sulla tecnica descritta nel paragrafo precedente ma che risponda contemporaneamente ai seguenti requisiti, fino ad ora contrapposti:

- essere compatto e di basso costo, così da poter essere impiegato indifferentemente per la guida di sommozzatori o di veicoli subacquei filoguidati anche di piccolissime dimensioni;
- essere caratterizzato da una buona precisione della navigazione, indipendente dalla variabilità del campo magnetico dell'ambiente in cui lo strumento sia chiamato ad operare.

Per raggiungere i requisiti di cui sopra, si è scelto di:

1. Impiegare quale sensore di direzione un sistema composto da una bussola magnetica e da un giroscopio a fibra ottica a singolo asse, montato su una superficie stabilizzata in rollio e beccheggio da un pendolo;
2. Portare su un computer in superficie la processazione dei dati raccolti dai vari sensori, lasciando all'unità subacquea il solo compito di ospitare fisicamente i sensori e, tramite un semplice microcontrollore, leggerne i dati, memorizzarli e trasmetterli in superficie tramite una connessione seriale.

16 NOV. 2011

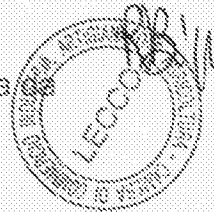
Descrizione del sistema per il rilevamento della direzione ("Heading")

Il sistema è composto da una bussola magnetica ed un giroscopio a fibra ottica a singolo asse.

Il giroscopio misura la velocità di rotazione intorno al proprio asse principale con un errore molto piccolo, pari ad 0.5 gradi/ora. Se il giroscopio è mantenuto perfettamente orizzontale ed il suo asse principale coincide sempre con l'asse verticale, la misura fornita dal giroscopio coincide con la velocità angolare di "Heading". Al fine di realizzare tale situazione, si è quindi montato il giroscopio su un piano ("Gimbal") libero di ruotare intorno agli assi di rollio e beccheggio e mantenuto orizzontale per effetto del momento di inerzia di un pendolo, montato solidalmente al piano. La figura 1 illustra il disegno di principio di tale piano stabilizzato; la figura 2 illustra come è stato fisicamente realizzato.

Al contrario di una girobussola con tre giroscopi e tre accelerometri disposti sui tre assi ortogonali, il descritto sistema di stabilizzazione del giroscopio ad asse singolo consente dimensioni e costi molto inferiori ma comporterebbe, di norma, errori molto più grandi, dovuti sia agli attriti (che non consentono una perfetta stabilizzazione in rollio e beccheggio) sia, soprattutto, alle accelerazioni lineari che, agendo sul pendolo, determinerebbero rilevanti scostamenti del piano rispetto all'orizzontale. Nella specifica applicazione subacquea, tuttavia, sia le accelerazioni lineari che quelle angolari di rollio e beccheggio non sono molto rilevanti ed il sistema descritto è pertanto in grado di fornire con buona approssimazione una lettura della velocità angolare di "Heading".

La bussola fornisce la misura dell'angolo ("Heading magnetico") compreso fra il suo asse e la direzione del Nord magnetico (e, nota la declinazione magnetica della zona, la misura del "Heading vero"). Tale misura è soggetta ai vari disturbi creati sia



da campi magnetici esterni (dovuti a motori elettrici, magneti permanenti, etc.), sia da eventuali materiali ferromagnetici presenti nelle vicinanze.

Una volta che si disponga contemporaneamente, tuttavia, sia di una misura di "Heading" (con la bussola) che del suo rateo di variazione (con il giroscopio stabilizzato), tramite l'implementazione di un filtro di Kalman, è possibile processare tali dati per ottenere delle stime del dato di Heading (e del suo rateo di variazione) caratterizzate da una precisione molto maggiore rispetto a quella ottenibile da ciascuno dei due sensori presi singolarmente. Tale processazione, come descritto nel seguito, è svolta nel computer di superficie.

Descrizione dell'unità subacquea

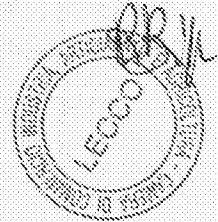
L'unità subacquea, rappresentata nella figura 3 nel suo aspetto esterno, è collegata meccanicamente ad un veicolo subacqueo o, tramite maniglie, è trascinata da un sommozzatore.

L'unità subacquea acquisisce l'alimentazione elettrica tramite un connettore subacqueo direttamente dal veicolo a cui è connessa o da una batteria esterna. Tramite un secondo connettore subacqueo è collegata, per mezzo di una linea di comunicazione seriale, ad un computer di superficie. Tale linea di comunicazione corre normalmente lungo il cavo di filoguidera del veicolo subacqueo.

La figura 4 rappresenta la disposizione interna dei componenti dell'unità subacquea. Come indicato dalle seguenti lettere identificative (che si riferiscono alla stessa figura 4), l'unità subacquea racchiude i seguenti sensori principali:

- un ricevitore GPS (composto di antenna [A] e ricevitore [B]);
- un solcometro Doppler (composto di testa acustica [C] ed unità elettronica [D]);
- una bussola con sensori di assetto [E];

16 NOV. 2011



- un giroscopio a fibra ottica [F] montato su supporto stabilizzato;
- un sensore analogico di pressione [G];
- un sensore analogico di temperatura (incluso nel solcometro Doppler)

Una scheda di interfaccia [H] distribuisce tutte le alimentazioni necessarie e mette in comunicazione tutti i sensori di cui sopra con un microcontrollore [I]. Il microcontrollore, quindi, svolge ciclicamente le seguenti semplici funzioni:

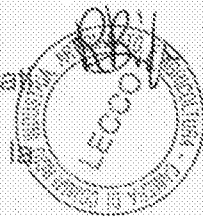
- legge i dati forniti da tutti gli strumenti e li impacchetta in un messaggio binario di ridotte dimensioni;
- quando il computer di superficie è connesso, trasmette il pacchetto binario attraverso la linea di comunicazione seriale;
- quando il computer di superficie non è collegato, invia lo stesso pacchetto di dati ad un controllore USB [L], che lo immagazzina in una unità di memoria ad esso connessa.

Funzionamento

Quando l'unità subacquea è collegata al computer di superficie, un opportuno programma software legge tutti i pacchetti dati trasmessi dall'unità subacquea e li decodifica, ottenendo le letture di tutti i sensori. A partire da tali dati, il computer procede quindi alle seguenti operazioni:

- calcolo del "Heading", stimato tramite applicazione di un filtro di Kalman a partire dai dati resi disponibili dalla bussola e dal giroscopio a fibra ottica stabilizzato;
- calcolo della posizione stimata, tramite lettura del GPS o, se non disponibile, tramite integrazione rispetto al tempo dei dati di velocità rispetto al fondale resi disponibili dal DVL, lungo la direzione di "Heading" calcolata come al punto precedente;

16 NOV. 2011



- rappresentazione in tempo reale, su un'opportuna interfaccia grafica, di tutti i dati di posizione, profondità, direzione e assetto necessari per controllare la navigazione del veicolo subacqueo.

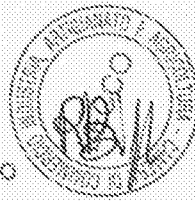
Quando l'unità subacquea non è collegata al computer di superficie, i dati raccolti di volta in volta da tutti gli strumenti sono immagazzinati in una memoria interna. Questo è il caso di un sommozzatore che porta con sé l'unità subacquea (alimentata da una batteria esterna) ma è libero da qualsiasi cavo che lo collega alla superficie. Al termine della missione, una volta in superficie, l'unità subacquea può essere collegata al computer e lo stesso programma software scarica i dati dalla memoria e, con essi, procede alle medesime operazioni di decodifica, processazione e rappresentazione su interfaccia grafica, mostrando il percorso che è stato compiuto dal sommozzatore insieme a tutti i dati che ne hanno di volta in volta caratterizzato la navigazione (direzione, profondità, rollio, beccheggio, ecc.).

Impiego

Nella configurazione con unità subacquea connessa a quella di superficie, il sistema descritto trova impiego ogni qual volta si voglia visualizzare dalla superficie, in tempo reale, la posizione di un veicolo subacqueo filoguidato. Tale applicazione risulta particolarmente utile in tutti quegli ambienti operativi (acque basse, ambiti ristretti quali moli, cisterne, fogne, etc.) in cui i tradizionali mezzi di posizionamento che sfruttano tecniche di triangolazione acustiche non possono funzionare per via delle molteplici riflessioni dei segnali trasmessi.

Nella configurazione con unità subacquea scollegata dal computer in superficie, il sistema descritto trova utile impiego ogni qual volta si voglia visualizzare "off line" il percorso compiuto da un sommozzatore (od altro mezzo autonomo) che operi nei

16 NOV. 2011

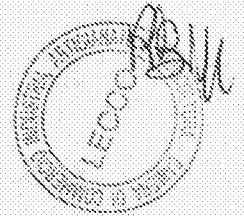


medesimi ambienti operativi ristretti. Facendo nuotare il sommozzatore lungo (o anche all'interno di) una condotta, per esempio, se ne mapperebbe facilmente la posizione ed il percorso.

Poiché, inoltre, il messaggio emesso dal DVL include anche il dato di distanza dal fondo lungo ciascuno dei fasci acustici emessi, un'ulteriore applicazione consiste nella creazione di mappe batimetriche associate alle "tracce" prodotte in entrambe le modalità di funzionamento.

Maurizio V.

16 NOV. 2011



RIVENDICAZIONI

- 1) Rivendicazione 1: sistema portatile di navigazione subacquea caratterizzato dall'impiego congiunto di un solcometro Doppler ed un giroscopio a fibra ottica ad asse singolo.
- 2) Rivendicazione 2: sistema portatile di navigazione subacquea di cui alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che il solcometro Doppler ed il giroscopio a fibra ottica ad asse singolo sono ospitati in un medesimo contenitore stagno.

DISEGNI

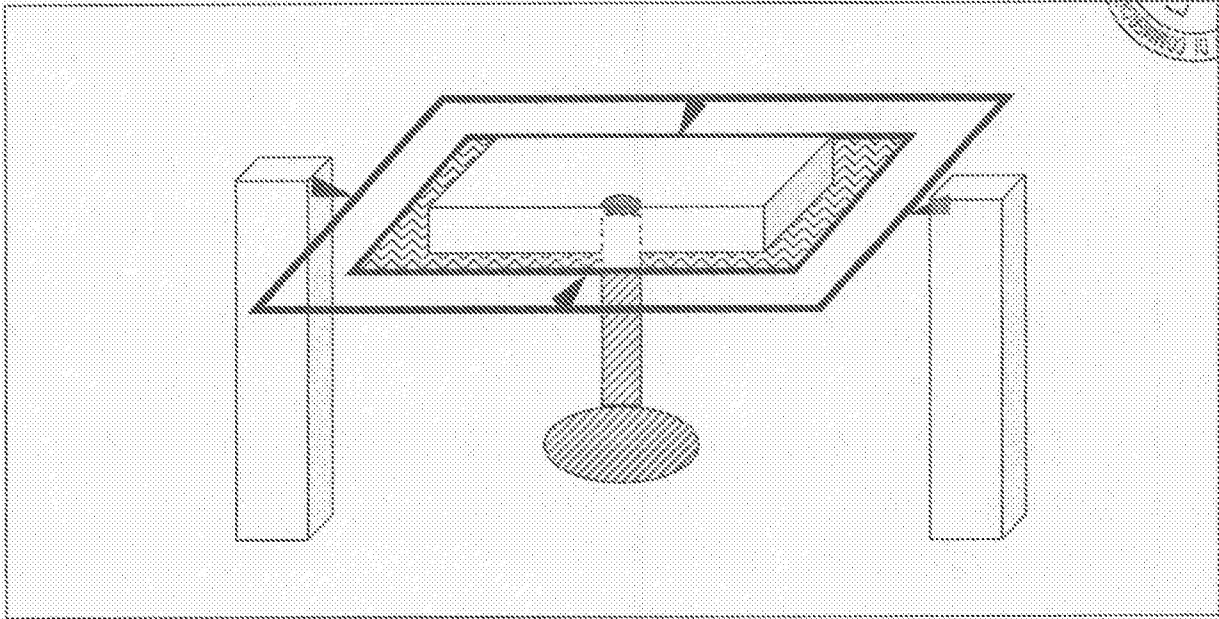
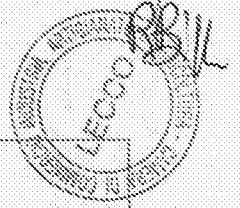


Fig.1

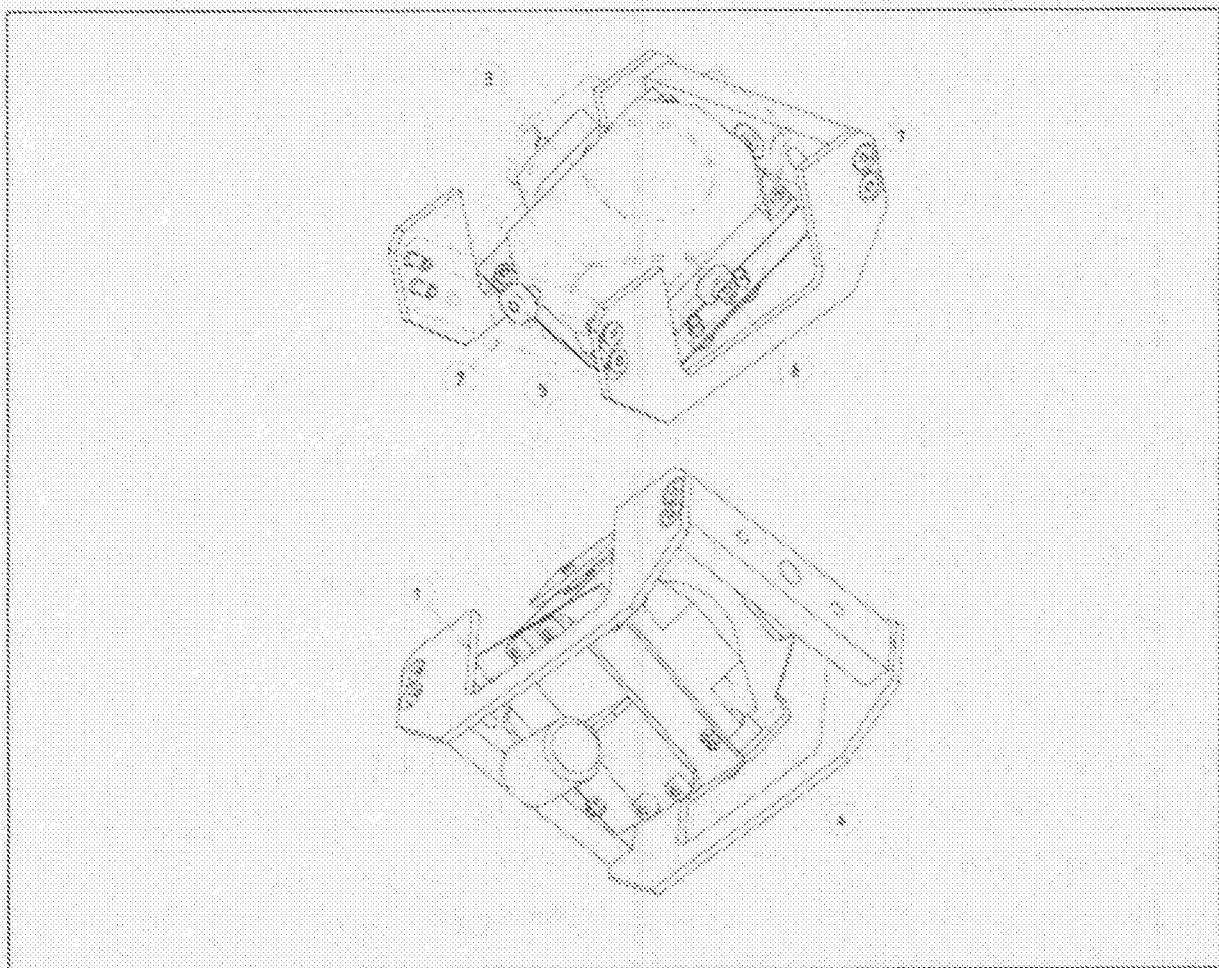


Fig.2

Maurizio W.

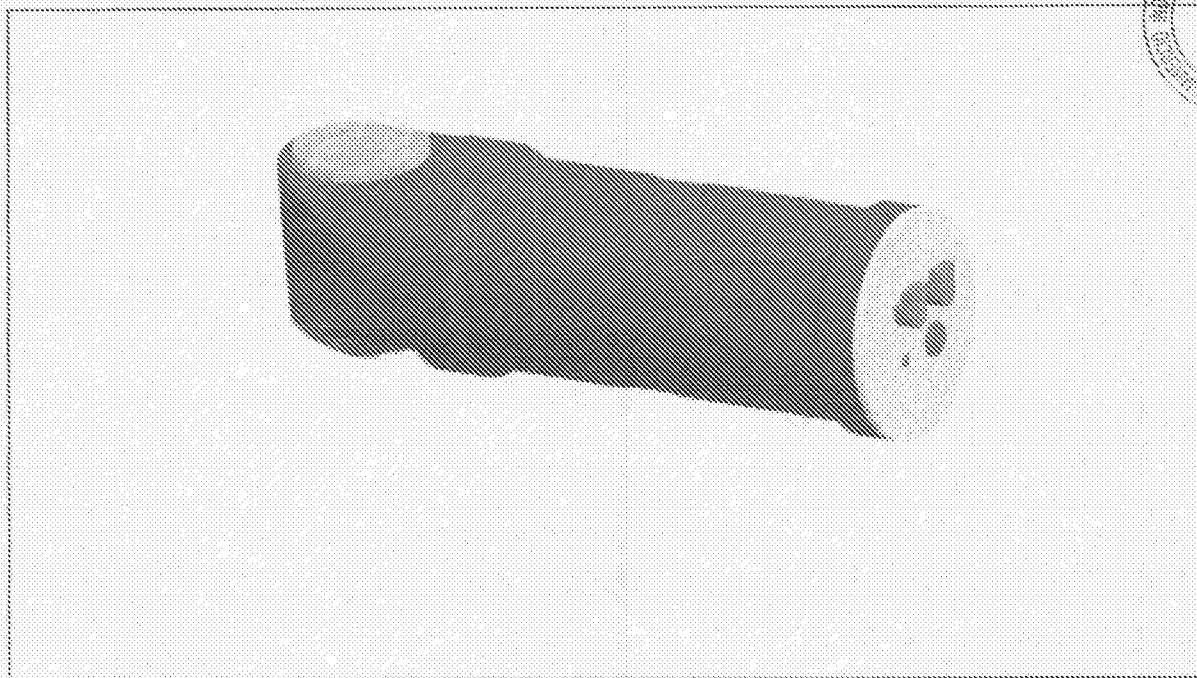
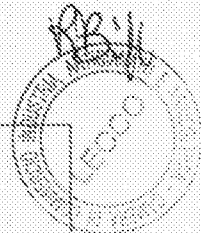


Fig. 3

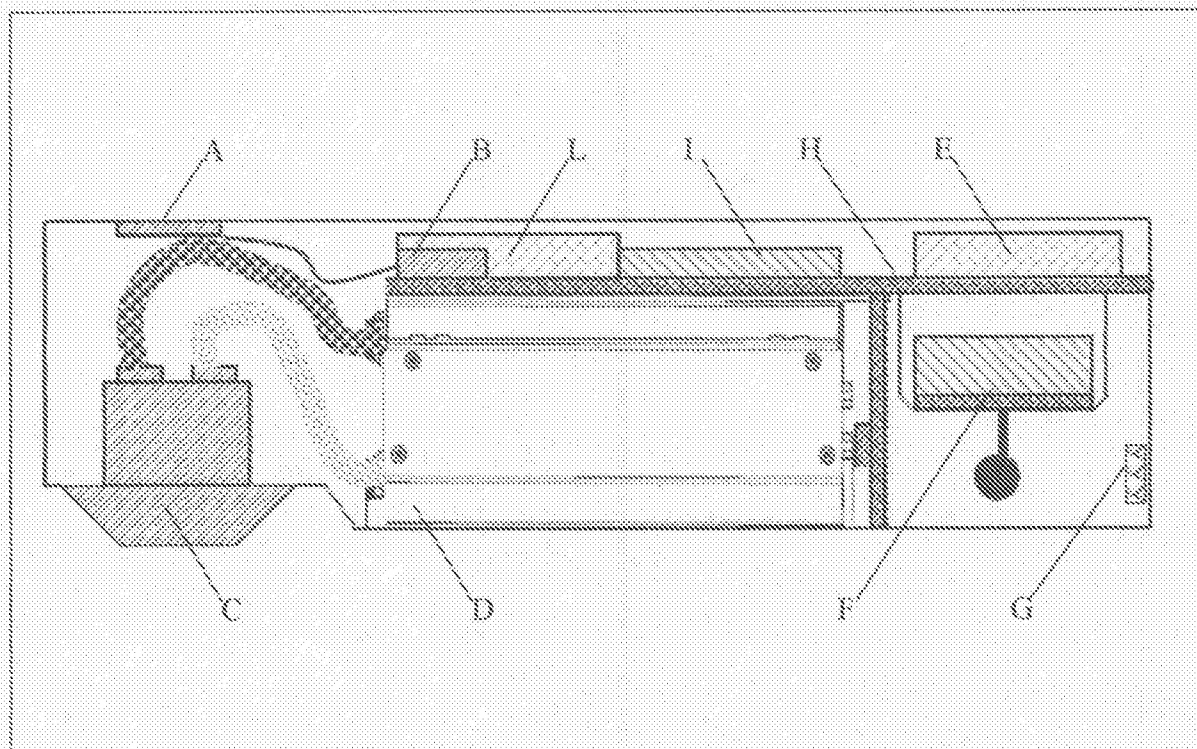


Fig. 4

Manuscript