

5. Alfonso BARONE — Su un tipo di trasduttore ultracustico adatto al trattamento di materiali biologici.

Riassunto. — Nel dispositivo che si descrive un fascio di onde piane viene trasformato in un campo di onde cilindriche mediante un riflettore conico. Lungo l'asse di questo è disposto il corpo di una fiala contenente il materiale biologico in sospensione liquida da trattare con gli ultrasuoni.

Si fanno alcune considerazioni qualitative sulle caratteristiche del sistema proposto.

Résumé. — Dans le dispositif décrit un faisceau d'ondes planes est transformé en un champ d'ondes cylindriques au moyen d'un réflecteur conique.

On place le long de l'axe de celui-ci le corps d'une fiole contenant le matériel biologique en suspension liquide, que l'on doit traiter par les ultra-sons.

On fait quelques considérations sur les caractéristiques qualitatives du système proposé.

Summary. — In the device described a beam of plane waves is transformed into a field of cylindrical waves by means of a conic reflector. The body of the vial containing the biologic material, suspended in liquid which is to be subjected to the ultra-sonic waves, is placed along the axis of the apparatus.

Some observations on the qualitative characteristics of the system proposed are made.

Zusammenfassung. — In der beschriebenen Vorrichtung wird ein Wellenbündel aus ebene Wellen in ein Wellenfeld von zylindrischen Wellen umgewandelt, und zwar vermittelt einem konischen Reflektor. Länge der Längsachse dieses Reflektors ist der Körper einer Ampulle angebracht, die das mit dem Ultraschall zu behandelnde biologische Material in flüssiger Suspension enthält.

Ueber die Merkmale des vorgeschlagenen System werden einige qualitative Erwägungen angestellt.

DESCRIZIONE.

Per rendere le esperienze sul trattamento con ultrasuoni di materiali biologici, di più rapida e facile attuazione, si è costruito un particolare trasduttore ultracustico che è stato adattato al generatore dello Istituto Superiore di Sanità, già descritto su questi rendiconti (1). Esso consta di un supporto per piastra di quarzo ad emissione verticale e di un sovrastante riflettore conico.

La fig. 1 riporta la sezione di questo dispositivo immerso in un li-

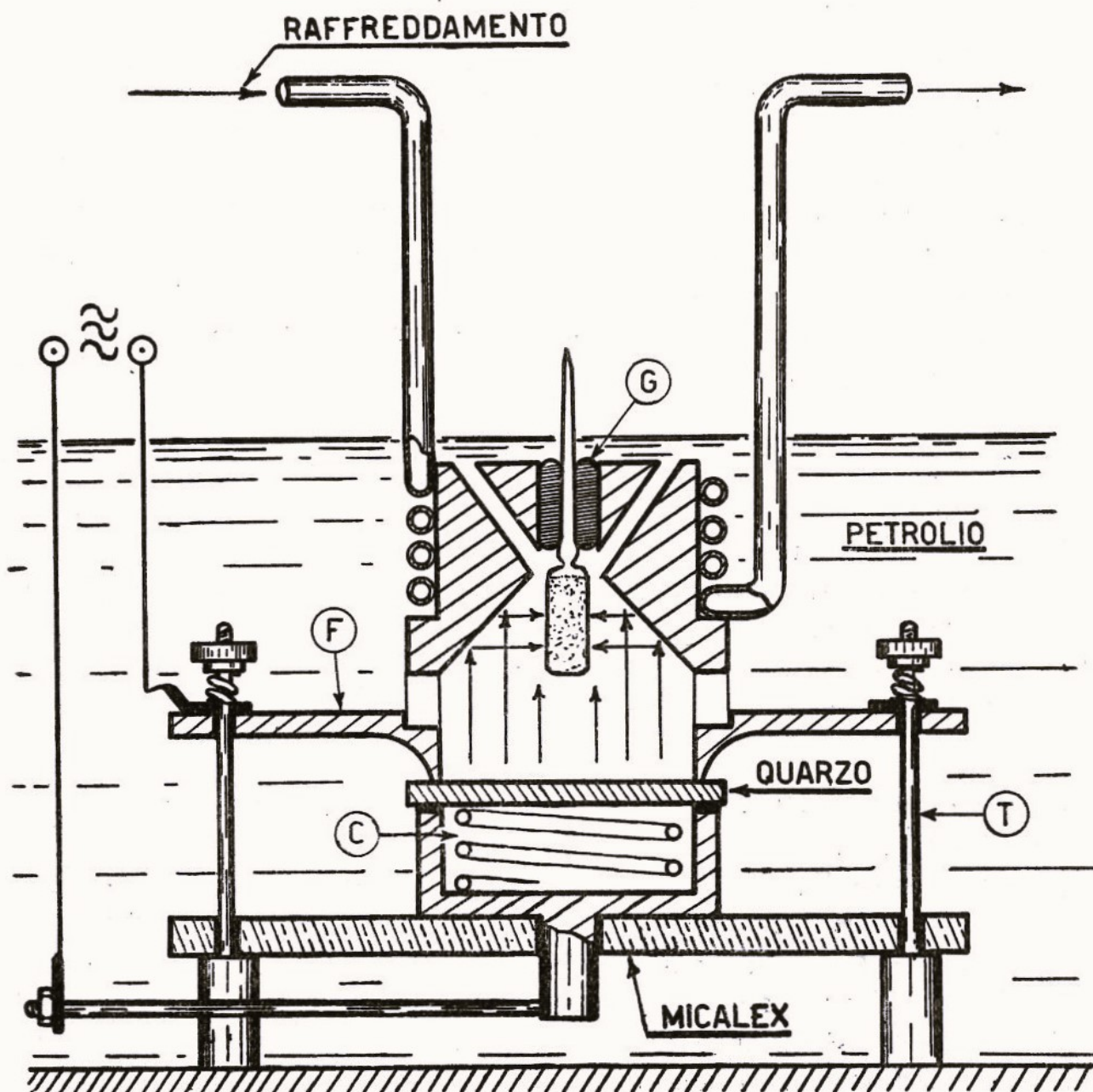


FIG. 1.

Trasduttore ultracustico con riflettore conico.

(1) A. BARONE: Rendiconti Ist. Superiore di Sanità, vol. IX, pag. 632 (1946).

quido isolante avente basso coefficiente di assorbimento per la propagazione delle onde elastiche (olio da trasformatori, petrolio, ecc.). La piastra di quarzo, metallizzata sulle due facce, è bloccata fra una flangia di alluminio (F) ed una sottostante cavità cilindrica (C) ripiena di aria che, come ormai è d'uso generale, viene adottata per aumentare il rendimento del trasduttore ultracustico. Poichè la resistenza acustica specifica dell'aria contenuta nella cavità è molto bassa rispetto a quella del liquido e, ancor più, rispetto a quella del quarzo, una quantità trascurabile dell'energia viene irradiata verso il basso, sicchè a parità di tensione applicata fra le due facce del quarzo, quasi tutta l'energia erogabile viene irradiata soltanto nel liquido con notevole aumento della potenza specifica.

Per impedire al liquido di penetrare nella cavità, la piastra di quarzo è appoggiata sul bordo superiore di essa, mediante una guarnizione di materiale plastico (polivinile), che, mentre assicura una perfetta tenuta quando il quarzo vi è premuto contro dai tiranti (T), non costituisce una causa sensibile di dissipazione dell'energia meccanica per via della sua limitata superficie. La d.d.p. ad alta frequenza è applicata alla piastra di quarzo mediante un elettrodo a molla, a contatto con la faccia inferiore della piastra e la flangia superiore collegata a massa. Al di sopra del quarzo è disposta una cavità conica a vertice retto ricavata in un blocco cilindrico di metallo. Sull'asse del cono è situato il corpo del piccolo recipiente in cui si dispongono i preparati in sospensione liquida da trattare con ultrasuoni. Il recipiente può essere un cilindretto a pareti sottilissime ovvero una comune fiala per usi biologici il cui gambo è fissato in un foro al vertice del cono mediante una guarnizione (G) di sughero o di altra sostanza non attaccata dal liquido in cui il trasduttore è immerso. Il fascio di onde piane emesse dal quarzo verso l'alto si riflette sulle pareti del cono dando luogo ad un campo di onde cilindriche coassiale con la fiala.

Affinchè le perdite nella riflessione sulle pareti della cavità conica siano trascurabili, occorre che la resistenza acustica specifica del materiale in cui essa è ricavata, sia la più alta possibile. La frazione della energia incidente che viene riflessa dalla superficie di separazione di due mezzi di resistenza acustica diversa $\rho_1 v_1$ e $\rho_2 v_2$ (essendo ρ_1 , ρ_2 le densità dei due mezzi e v_1 , v_2 le rispettive velocità di propagazione delle onde elastiche in essi) è data infatti da:

$$R = \left(\frac{\rho_1 v_1 - \rho_2 v_2}{\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2} \right)^2$$

Sostituendo i valori della densità e della velocità di propagazione relativi, per esempio, al petrolio ed all'acciaio, si ha: $R \approx 0,89$, cioè l'89% dell'energia incidente viene completamente riflessa dalle pareti del cono. Con un riflettore di alluminio si avrebbe invece circa il 76% di energia riflessa.

Nei trattamenti prolungati o nell'impiego di forti intensità il liquido attraversato dagli ultrasuoni si riscalda notevolmente a causa dell'assorbimento, sicchè si rende necessario l'uso di un dispositivo di raffreddamento che provveda a limitare l'aumento della temperatura nella cavità. Nel nostro caso il raffreddamento è ottenuto mediante circolazione di acqua in una serpentina di rame avvolta intorno al riflettore.

CONSIDERAZIONI GENERALI.

Nelle applicazioni biologiche degli ultrasuoni si presentano fra gli altri, due problemi fondamentali: il primo riguarda la conoscenza della configurazione del campo ultrasonoro nella sospensione trattata, l'altro la utilizzazione di tutta l'energia meccanica erogata dal trasduttore. Mentre il secondo problema si riferisce soltanto ad una questione di rendimento, il primo è certamente più importante poichè consente di stabilire la potenza specifica che in ogni punto della sospensione ha agito realmente sui componenti di questa.

Ciò è infatti indispensabile, oltre che negli studi sul meccanismo di azione degli ultrasuoni, anche nel caso delle pratiche applicazioni quando si voglia conoscere l'intensità della radiazione ultrasonora sufficiente a produrre determinati effetti sia fisici che chimici o biologici.

L'importanza di questi fatti è stata chiaramente indicata da A. GIACOMINI ⁽²⁾ il quale ha proposto l'uso di una vaschetta razionale per trattamenti con ultrasuoni di materiali biologici. La vaschetta è costituita da un corto tubo cilindrico a parete spessa delimitato da due sottili membrane piane che chiudono ermeticamente le due aperture del tubo. Il riempimento è reso possibile da una piccola conduttura innestata sulla parete cilindrica della vaschetta.

Essa viene immersa nel liquido ove si propagano gli ultrasuoni in modo che questi l'attraversino passando per le membrane di chiusura.

Misure dell'intensità del fascio ultrasonoro che attraversa la vaschetta, consentono di stabilire esattamente la quantità di energia dissipata nel materiale sottoposto al trattamento e l'intensità ultrasonora che ha agito su di esso.

(2) A. GIACOMINI: «Der Ultraschall in der Medizin» S. Hirzel Verlag - Zürich, 1949, pag. 122.

E' evidente che i dati sperimentali ottenuti per questa via potranno ritenersi quantitativamente corretti solo se il campo ultrasonoro è costituito da onde piane e quindi la distribuzione dell'energia è uniforme.

Nel dispositivo attuale la struttura del campo non è quella più semplice delle onde piane e pertanto i risultati ottenuti potrebbero essere interpretati in maniera affatto inesatta se non si ha cura di imporre delle limitazioni adeguate alle condizioni sperimentali. Tuttavia, poichè la uniforme distribuzione dell'energia non potrà essere assicurata in modo perfetto, neppure in regioni piuttosto ristrette, a causa della particolare configurazione del campo, i dati ricavati dovranno sempre considerarsi come approssimativi, da un punto di vista rigoroso. D'altra parte si ha, in questo caso, il vantaggio di poter utilizzare come vaschette di prova delle comuni fiale da biologia ed avere la concentrazione di quasi tutta la energia erogata dal trasduttore in una regione ristretta attorno all'asse del cono, sì da ottenere ivi forti intensità anche se si opera con una limitata potenza totale. E' da tener presente che l'uso delle fiale, oltre ad assicurare un'ottima protezione del preparato da eventuali inquinamenti, costituisce una notevole economia specialmente nelle esperienze eseguite in serie.

Il campo ultrasonoro esistente nella cavità è costituito essenzialmente da due sistemi di onde cilindriche che muovono da e verso l'asse centrale formando ivi un ventre di pressione e, conseguentemente, un nodo di spostamento.

L'intensità ultrasonora in un campo siffatto varia in misura inversamente proporzionale alla distanza dall'asse, ma in prossimità di esso la sua distribuzione risulta perturbata dai fenomeni di diffrazione analogamente a quanto succede nelle regioni focali dei sistemi ottici.

La distribuzione dell'energia in tali regioni non è certamente uniforme, ma se ci si limita a distanze dall'asse dello stesso ordine di grandezza delle lunghezze d'onda dell'ultrasuono, l'intensità media non si discosta sensibilmente dai valori estremi dell'intensità esistenti nella regione in esame.

Nel corpo della fiala, le cui piccole dimensioni permettono di soddisfare la condizione precedente, sarà consentito considerare uniforme il valore della intensità soltanto con una certa approssimazione che è tanto maggiore quanto più grande è la lunghezza d'onda della radiazione ultrasonora. L'esame del campo ultrasonoro deve inoltre tener conto di un altro fattore fondamentale: a causa delle successive riflessioni subite dall'onda divergente potranno stabilirsi le condizioni per la formazione delle onde stazionarie. Si può facilmente verificare che ciò avviene quando la distanza del vertice del cono dalla superficie emit-

tente del quarzo è pari ad un numero intero di $\lambda/2$ ($\lambda =$ lunghezza di onda). E' chiaro che nella valutazione degli effetti prodotti dagli ultrasuoni dovremo precisare l'esistenza o meno di un regime stazionario perchè questo modifica la distribuzione delle pressioni e delle velocità nel campo ultrasonoro.

Tenendo conto delle considerazioni precedenti, per ricavare i dati quantitativi con approssimazione sufficiente per molte esperienze di carattere biologico, basterà assegnare l'intensità dell'onda cilindrica incidente sulla superficie limite della fiala. Questa si deduce dalla relazione:

$$I = \frac{W_0 - W_1}{2\pi hr}$$

dove W_0 è la potenza acustica totale irradiata dal quarzo, mentre W_1 sta ad indicare la potenza non utilizzata o perduta per varie cause che possono riassumersi nelle seguenti:

- 1) le perdite subite dall'onda nella riflessione sulla parete del cono;
- 2) la divergenza del fascio ultrasonoro, dipendente dal rapporto fra lunghezza d'onda e diametro della sorgente;
- 3) le perdite derivanti dalla differenza di resistenza acustica fra il liquido esterno e la sospensione contenuta nella fiala.

h ed r sono, rispettivamente, la lunghezza ed il raggio del corpo della fiala.

Per la frequenza di ca. 1MHZ che è quella di solito più usata in questi casi, lo spessore della parete della fiala risulta così piccolo rispetto a $\lambda/4$ dell'ultrasuono nel vetro, che la parete stessa può considerarsi affatto trasparente agli ultrasuoni.

Utilizzando il dispositivo descritto si stanno attualmente eseguendo esperienze riguardanti l'azione degli ultrasuoni sul bacillo « Proteus » delle quali sarà data notizia su questi rendiconti.

Ringrazio il prof. G. C. Trabacchi, Capo del Laboratorio di Fisica, per il suo autorevole interessamento.