

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000021248
Data Deposito	05/08/2021
Data Pubblicazione	05/02/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N	27	22

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	R	27	26

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	G	9	048

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	G	9	07

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	G	9	22

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	G	11	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	G	11	04

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	G	11	08

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	G	9	28

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N	27	416

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N	33	18

Titolo

Sensore elettrochimico di biofilm

DESCRIZIONE dell'Invenzione Industriale dal titolo:

"Sensore elettrochimico di biofilm"

appartenente a ALVIM S.r.l, di nazionalità Italiana,
con sede legale in Piazza De Calboli 1, 16161 Genova
5 (Italy), P.IVA IT02132890993

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione ha per oggetto un sensore
10 elettrochimico per il monitoraggio della
proliferazione di biofilm in sistemi a contatto con
liquidi, come, ad esempio, condutture, serbatoi, ecc
ed in cui il sensore rileva il biofilm sulla propria
superficie.

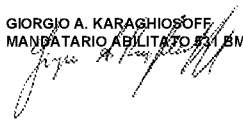
15 Con il termine biofilm si fa, generalmente,
riferimento allo strato di microorganismi che ricopre
qualunque superficie a contatto con acqua o altri
liquidi. In ambito civile ed industriale tale
fenomeno biologico causa numerose problematiche, che
20 vanno dall'accelerazione dei processi di corrosione
dei materiali metallici, alla perdita di efficienza
degli scambiatori di calore, alla contaminazione dei
prodotti e molto altro. Ne deriva la necessità di
porre in essere adeguate misure volte al contrasto di
25 questo fenomeno. A tal fine, risulta essenziale poter
disporre di un'indicazione tempestiva circa la
crescita del biofilm, possibilmente sin dalle sue
primissime fasi.

In risposta a questa necessità, nel corso degli
30 anni sono stati sviluppati numerosi sensori di
biofilm, basati su diverse tecniche, quali
misurazioni ottiche, di scambio termico, ultrasuoni,
etc. Tra i dispositivi che hanno mostrato maggiore

specificità, sensibilità ed affidabilità, vi sono sicuramente quelli basati su tecniche elettrochimiche. In particolare alcuni di essi, come ad es. i sensori ALVIM della titolare, sono in grado
5 di rilevare la crescita di questo strato batterico sfruttando l'alterazione, indotta dal biofilm, della cinetica di alcune reazioni evolventi sulla superficie metallica dell'elettrodo di lavoro del sensore stesso. Tali sensori sono descritti, ad
10 esempio, nel documento "Exploiting a new electrochemical sensor for biofilm monitoring and water treatment optimization", G Pavanello et al. - Water research, 2011 - Elsevier.

Questi dispositivi sono fondamentalmente celle a
15 tre elettrodi, ovvero elettrodo di lavoro, elettrodo di riferimento e controelettrodo. L'elettrodo di lavoro, su cui viene monitorata la crescita del biofilm, è solitamente costituito da una lega "passiva" (ad es. acciaio inossidabile o titanio),
20 mentre gli altri due elettrodi ausiliari sono spesso fusi in un singolo elettrodo, che svolge contemporaneamente il ruolo di controelettrodo e pseudo-riferimento, normalmente costituito da materiali del tipo "anodo sacrificale", quali lo
25 zinco.

Al fine di rilevare le anzidette alterazioni delle cinetiche di reazione sulla superficie dell'elettrodo di lavoro indotte dalla formazione di biofilm, un potenziale costante od una corrente
30 costante vengono prefissati all'elettrodo di lavoro. Nel primo caso, come effetto della graduale formazione del biofilm, la corrente richiesta varia nel tempo. Nel secondo caso, come effetto della



graduale formazione del biofilm, la necessaria tensione varia nel tempo.

Come sopra accennato, i suddetti sensori elettrochimici di biofilm offrono una serie di
5 indubbi vantaggi, tuttavia, in determinati casi, possono presentare alcune limitazioni.

Una di queste limitazioni può essere rappresentata dall'impiego di materiali del tipo "anodo sacrificale", quali lo zinco, per il
10 controelettrodo. Oltre ad una potenziale riduzione della vita del sensore di biofilm, ciò può determinare reazioni con sostanze chimiche utilizzate nei processi industriali, interferendo con il funzionamento del sensore stesso, o introdurre nel
15 liquido di processo indesiderati ioni metallici.

Nel caso di installazione in località remota, inoltre, gli interventi di pulizia degli elettrodi eventualmente necessari possono risultare complessi ed onerosi. La possibilità, per questo tipo di
20 sensori, di "autopulirsi", offrirebbe, pertanto, un indubbio vantaggio.

La presente invenzione si propone di superare i suddetti problemi mediante l'impiego di sensori elettrochimici di biofilm dotati di elettrodi con
25 coating a base di ossidi metallici misti (a volte indicati come MMO, composti da diversi elementi quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, iridio, rutenio, platino, rodio e tantalio, applicati solitamente su titanio o, più raramente, su tantalio)
30 con la funzione di elettrodo di lavoro e/o elettrodo di riferimento e/o controelettrodo e/o elettrodo di servizio, quest'ultimo destinato agli scopi discussi di seguito. L'applicazione del coating avviene

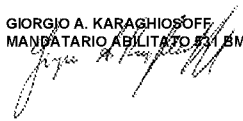
solitamente tramite immersione dell'elettrodo in una soluzione di sali dei metalli nobili precedentemente menzionati. Successivamente, in atmosfera ad alta temperatura, avviene la trasformazione di questi sali
5 in ossidi ceramici. Lo spessore finale del coating varia a seconda del carico di metallo nobile e, solitamente, è dell'ordine di alcuni micron.

Tali coating, sviluppati a partire dagli anni '60 del secolo scorso, presentano proprietà
10 catalitiche per quanto riguarda diversi tipi di reazioni, sia anodiche che catodiche, e sono estremamente duraturi e stabili nel tempo. In virtù dei vantaggi offerti, in molti ambiti hanno gradualmente sostituito materiali meno performanti,
15 come la grafite. Attualmente sono impiegati in svariate applicazioni, che spaziano dall'industria chimica alla protezione catodica.

Essendo i suddetti coating sostanzialmente non soggetti a corrosione anche in condizioni estreme, la
20 loro applicazione agli elettrodi menzionati permette di prolungare la durata degli stessi.

Nel caso dell'elettrodo di riferimento, l'innovazione proposta permette anche di avere un elettrodo particolarmente resistente, con potenziale
25 adeguatamente stabile nel tempo, ed economicamente più vantaggioso rispetto ad altre soluzioni presenti sul mercato.

Per quanto riguarda, infine, il contro elettrodo (anche nel caso in cui questo svolga
30 contemporaneamente la funzione di "pseudo-riferimento"), i suddetti coating permettono di sostituire vantaggiosamente materiali del tipo "anodo



sacrificale", prolungando così la vita del sensore di biofilm, ed evitando inquinamenti da ioni metallici.

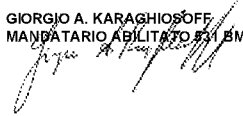
In virtù delle caratteristiche precedentemente elencate, i coating discussi possono permettere
5 l'applicazione temporanea di opportune ed elevate correnti elettriche, volte ad eliminare (sia come conseguenza diretta della corrente applicata, sia a causa di prodotti ossidanti generati da reazioni elettrochimiche sulla superficie dell'elettrodo) un
10 preesistente biofilm, permettendo così di effettuare una "autopulizia in loco" dell'elettrodo di lavoro e/o dell'elettrodo di riferimento e/o del controelettrodo, senza danni per l'elettrodo oggetto del trattamento. Tale trattamento può essere
15 effettuato con l'ausilio o meno di un elettrodo di servizio, atto a supportare l'erogazione delle correnti necessarie. Come precedentemente menzionato, la possibilità di effettuare l'autopulizia di uno o più elettrodi rappresenta un notevole vantaggio,
20 riducendo o, addirittura, eliminando completamente, la necessità di ulteriori interventi di pulizia.

Le ulteriori caratteristiche ed i perfezionamenti sono oggetto delle
sottorivendicazioni.

25 Le caratteristiche dell'invenzione, ed i vantaggi da essa derivanti, risulteranno con maggiore evidenza dalla seguente descrizione dettagliata delle figure allegate, in cui:

La fig. 1 mostra un sensore secondo una forma
30 attuativa dell'invenzione.

La fig. 2 mostra l'andamento in funzione del tempo della corrente tra elettrodo di lavoro e controelettrodo con sensore di biofilm connesso ad un



potenziostato (a) e della tensione fra elettrodo di riferimento e elettrodo di lavoro con sensore di biofilm connesso ad un intensiostato (b).

Le fig. 3 e 4 mostrano esempi di connessioni tra elettrodi per la rilevazione, rispettivamente, di una tensione o di una corrente funzione del grado dell'alterazione indotta dal biofilm sulla cinetica delle reazioni evolventi sulla superficie dell'elettrodo di lavoro di un sensore secondo l'invenzione.

La fig. 5 mostra un esempio di connessione che sfrutta un elettrodo di servizio per la pulizia dell'elettrodo di lavoro del sensore secondo l'invenzione.

Le fig. 6 e 7 mostrano un diagramma a blocchi di un dispositivo di controllo degli elettrodi di un sensore secondo l'invenzione con controllo della tensione di polarizzazione del sensore secondo l'invenzione.

Le fig. 8 e 9 mostrano un diagramma a blocchi di un dispositivo di controllo degli elettrodi di un sensore secondo l'invenzione con controllo della corrente circolante tra elettrodo di lavoro e controelettrodo del sensore secondo l'invenzione.

Per meglio comprendere il principio alla base del funzionamento del sensore di cui alla presente invenzione viene di seguito brevemente discusso il funzionamento di una cella elettrochimica.

Una cella elettrochimica è normalmente costituita da un elettrodo di riferimento, un elettrodo di lavoro e un controelettrodo immersi in un liquido salino. Sfruttando un opportuno circuito

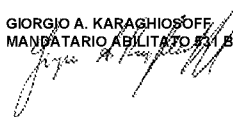
elettrico di controllo, è possibile far circolare una corrente tra elettrodo di lavoro e controelettrodo, tale da mantenere costante il potenziale imposto tra elettrodo di lavoro e riferimento o, al contrario, misurare la differenza di potenziale tra elettrodo di lavoro e riferimento, una volta fissata la corrente circolante tra elettrodo di lavoro e controelettrodo.

Quando un biofilm si forma sull'elettrodo di lavoro, si ha su questo elettrodo una alterazione della cinetica di reazione dell'ossigeno (la depolarizzazione del processo catodico, che determina un incremento dei processi corrosivi).

La valutazione della velocità di riduzione dell'ossigeno può, quindi, fornire una misura della maggiore corrosività indotta dalla formazione di biofilm.

D'altra parte la cinetica del processo catodico può essere quantificata determinando il valore della densità di corrente che attraversa un elettrodo mantenuto ad un potenziale catodico prefissato tramite un potenziostato o, equivalentemente, il valore del potenziale di un elettrodo soggetto ad un flusso di corrente catodica prefissato tramite un intensiostato.

Come descritto nel documento Mollica et al. "On oxygen reduction depolarisation induced by biofilm growth on stainless steel in seawater", European Federation of Corrosion, publication n. 22, 1997, The Institute of Materials, London, p. 51-65 e Faimali et al. "Electrochemical activity and bacterial diversity of natural marine biofilm in laboratory closed-systems, Biochemistry 78, 30-38, 2010, la densità di corrente catodica $i(E,t)$ misurata al tempo t su un



campione di acciaio inossidabile esposto all'azione dell'acqua di mare è, infatti, legata al potenziale catodico imposto E dalla seguente relazione:

$$i(E,t) = i_1(E) + [i_2(E) - i_1(E)] \cdot \theta(t)$$

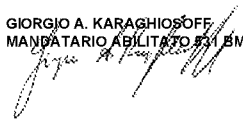
5 dove $i_1(E)$ è la densità di corrente misurata sulla frazione pulita del campione e $i_2(E)$ è la densità di corrente misurata sulla frazione $\theta(t)$ del campione coperta dal biofilm (con $0 \leq \theta(t) \leq 1$).

10 Analogamente si ottiene esplicitando il potenziale catodico E in funzione della densità di corrente di polarizzazione i e le tensioni catodiche $E_1(i)$ e $E_2(i)$ misurate su frazioni pulite e coperte di biofilm del campione.

15 Le figure 2a e 2b mostrano, rispettivamente, il tipico andamento delle densità di corrente catodica i misurate al potenziale fisso E e i potenziali E misurati con corrente catodica fissa durante la crescita di un biofilm (Si noti che con "I" si indica la corrente totale, mentre con "i" la densità di
20 corrente).

25 Fissando la corrente catodica di polarizzazione e misurando la tensione catodica oppure fissando la tensione di polarizzazione E e misurando la corrente catodica è, pertanto, possibile determinare la percentuale di biofilm che copre un determinato campione come schematicamente mostrato in Fig. 3 e 4.

30 In queste figure è mostrato anche un ulteriore elettrodo, detto di servizio, collegabile individualmente, o a gruppi, a ciascuno degli altri elettrodi per il tramite di un circuito elettrico in grado di erogare una corrente per l'autopulizia locale del o degli elettrodi. La Fig. 5 mostra un



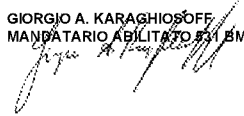
esempio in cui l'elettrodo di servizio è collegato con l'elettrodo di lavoro.

In una configurazione vantaggiosa, l'elettrodo di riferimento e il contro elettrodo, indicati
5 separati nelle figure precedenti, possono anche vantaggiosamente formare un unico elettrodo avente la funzione di controelettrodo e pseudo riferimento realizzando così un sensore più semplice e maneggevole come quello della forma attuativa
10 mostrata in Fig. 1.

Il sensore 1 mostrato in questa figura comprende, ad una estremità, un elettrodo di lavoro 101, un controelettrodo 201, avente funzione anche di elettrodo di riferimento, e un elettrodo di servizio
15 301 affiancati con interposizione di elementi isolanti. Nell'esempio illustrato ciascun elettrodo risulta planare, ed il connettore 601 permette di installare il sensore nel processo, ad esempio in una conduttura o in un serbatoio. La forma planare non è
20 limitativa e la detta forma può essere modificata in relazione alle necessità contingenti di impiego del sensore. L'estremità opposta a quella che alloggia gli elettrodi contiene l'elettronica necessaria per il controllo del sensore ed il connettore 501 per
25 l'interfaccia con un dispositivo esterno di lettura e alimentazione.

Per quanto riguarda i materiali, gli elettrodi sono tipicamente in titanio o tantalio rivestiti con coating a base di ossidi metallici misti, tipicamente
30 di metalli nobili quali iridio, rutenio, platino, rodio, tantalio o niobio.

Il coating, che ha tipicamente uno spessore compreso tra 0,1 e 50 micron, preferibilmente 2,5



micron \pm 10%, può essere vantaggiosamente applicato tramite un procedimento che comprende immergere inizialmente l'elettrodo in una soluzione che include sali di uno o più metalli nobili quali, ad esempio,
5 iridio, rutenio, platino, niobio, rodio, tantalio e successivamente assoggettare l'elettrodo ad alta temperatura per consentire la trasformazione dei sali in ossidi ceramici.

Il supporto in titanio/tantalio garantisce
10 un'ottima resistenza, una buona conducibilità elettrica e può essere facilmente lavorato in svariate forme. I rivestimenti a base di ossidi metallici misti presentano proprietà catalitiche per quanto riguarda diversi tipi di reazioni, sia
15 anodiche che catodiche, e sono estremamente duraturi e stabili nel tempo in quanto scarsamente soggetti a corrosione.

Tutti gli elettrodi possono essere rivestiti con tali ossidi gli uni indipendentemente dagli altri.
20 Può cioè esistere una configurazione in cui solo l'elettrodo di lavoro è rivestito oppure il solo controelettrodo lo è o entrambi lo sono come pure situazioni in cui solo l'elettrodo di riferimento è rivestito oppure questo elettrodo è rivestito e lo è
25 anche l'elettrodo di lavoro e/o il controelettrodo. Lo stesso per quanto riguarda l'elettrodo di servizio che può essere anch'esso rivestito al pari degli altri elettrodi, da solo o in una delle configurazioni precedenti.

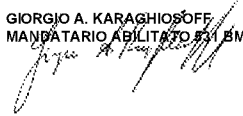
30 I coating, per la loro caratteristica di resistenza sia elettrica che meccanica, possono consentire l'applicazione temporanea di opportune ed elevate correnti elettriche volte ad eliminare (sia

come conseguenza diretta della corrente applicata, sia a causa di prodotti ossidanti generati da reazioni elettrochimiche sulla superficie dell'elettrodo) un preesistente biofilm, permettendo
5 così di effettuare una "autopulizia in loco" dell'elettrodo di lavoro e/o dell'elettrodo di riferimento e/o del controelettrodo, senza danni per l'elettrodo oggetto del trattamento.

Tale trattamento può essere effettuato con
10 l'ausilio o meno di un elettrodo di servizio atto a supportare l'erogazione delle correnti necessarie.

La possibilità di effettuare l'autopulizia di uno o più elettrodi rappresenta un notevole vantaggio che riduce o, addirittura, elimina del tutto la
15 necessità di manutenzione.

Per quanto riguarda la strumentazione necessaria per rilevare la crescita di un biofilm sfruttando i sensori dotati degli elettrodi descritti in precedenza, può essere vantaggiosamente impiegato un
20 dispositivo con circuito potenziostatico. Con riferimento alla Fig. 6, il dispositivo comprende un terminale 2 per l'input di una tensione di polarizzazione E_i , un circuito a retroazione 3 per il mantenimento di detta tensione di polarizzazione fra
25 elettrodo di lavoro 101 e elettrodo di riferimento 401, nel caso di configurazione con controelettrodo e elettrodo di riferimento separati, oppure tra elettrodo di lavoro 101 e controelettrodo 201, quando questo assume anche la funzione di pseudo
30 riferimento, un circuito di rilevazione della corrente 4 che scorre tra elettrodo di lavoro 101 e controelettrodo 201 e un circuito generatore 5 connettibile manualmente o tramite interruttori 6,



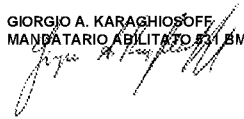
6', 6'' fra coppie di elettrodi del sensore 1 per temporaneamente erogare una corrente per la pulizia degli elettrodi.

Il circuito a retroazione 3, che può essere ad
5 operazionale come mostrato in Fig. 7, ha il compito di mantenere la tensione di polarizzazione costante fra elettrodo di lavoro 101 e elettrodo di riferimento 401.

Il circuito rilevatore di corrente 4 può essere,
10 ad esempio, un amplificatore 204 che permette di rilevare le differenze di potenziale ai capi di un resistore 104 in serie all'elettrodo di lavoro 101 come mostrato in Fig. 7.

In alternativa al circuito potenziostatico, può
15 essere impiegato un dispositivo a circuito intensiostatico come quello mostrato in Fig. 8.

In questo caso l'ingresso in tensione 2 è utilizzato per l'impostazione di una corrente di polarizzazione del sensore tramite un circuito a
20 retroazione 3 per il mantenimento di detta corrente di polarizzazione fra elettrodo di lavoro 101 e controelettrodo 201. La corrente può essere rivelata con resistore in serie 104 e amplificatore 204 come indicato nell'esempio precedente. Completa il
25 dispositivo un circuito 7, ad esempio ad amplificatore 107, di rilevazione della tensione presente tra elettrodo di lavoro 101 e elettrodo di riferimento 401, nel caso di configurazione con controelettrodo e elettrodo di riferimento separati,
30 oppure tra elettrodo di lavoro 101 e controelettrodo 201, quando questo assume anche la funzione di pseudo riferimento, e un circuito generatore 5 connettibile manualmente o tramite interruttori fra coppie di



elettrodi del sensore per temporaneamente erogare una corrente per la pulizia degli elettrodi.

Nelle configurazioni mostrate in Fig. 6 e 8, il circuito generatore 5 è vantaggiosamente previsto per essere connesso fra elettrodo di servizio 301 e uno o
5 più dei restanti elettrodi 101, 201, 401 del sensore 1 per la pulizia di detti elettrodi.

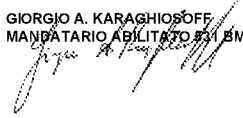
A tal fine il generatore 5 può essere configurato per l'erogazione temporanea di una
10 corrente elettrica tale da indurre una corrispondente densità di corrente sulla superficie dell'elettrodo oggetto del trattamento di pulizia, ad esempio, compresa nell'intervallo $1 \div 100 \text{ mA/cm}^2$.

Gli elettrodi e il dispositivo rivelatore
15 possono essere vantaggiosamente integrati nel medesimo dispositivo oppure essere entità separate.

Il dispositivo di rivelazione può essere vantaggiosamente interfacciato ad una unità di controllo per realizzare un sistema di monitoraggio
20 della crescita di biofilm, ad esempio sull'elettrodo di lavoro del sensore.

Il sistema vantaggiosamente comprende un circuito amperometrico e/o potenziometrico pilotato dall'unità di controllo per misurare nel tempo la
25 corrente che scorre fra elettrodo di lavoro 101 e controelettrodo 201 e/o la tensione fra elettrodo di lavoro 101 e elettrodo di riferimento 401 o controelettrodo 201 con sensore polarizzato a seconda del tipo di configurazione adottata.

30 L'unità di controllo può essere altresì vantaggiosamente configurata per agire sul generatore 5 del dispositivo di misura in modo da pilotare l'erogazione controllata di una corrente di pulizia



fra coppie di elettrodi del sensore, in particolare fra elettrodo di servizio 301 e uno qualunque dei restanti elettrodi, ad esempio agendo sugli interruttori 6, 6', 6''.

5 Come mostrato nelle figure 6 e 8, tramite gli interruttori 6, 6', 6'' è, infatti, possibile connettere il generatore 5 all'elettrodo di servizio 301 e all'elettrodo di lavoro 101 o al controelettrodo 201 o all'elettrodo di riferimento
10 401 così da fare scorrere una corrente fra l'elettrodo di servizio e l'elettrodo da assoggettare a pulizia o viceversa.

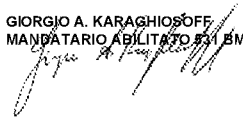
 L'invenzione può essere ampiamente variata, ad esempio introducendo un ulteriore elettrodo di
15 sensing per la misura della tensione oppure utilizzando configurazioni diverse per la polarizzazione del sensore e la misura della corrente e/o la tensione da cui ricavare l'area ricoperta dal biofilm. Il tutto senza abbandonare il principio
20 informatore sopra esposto ed a seguito rivendicato.

RIVENDICAZIONI

1. Sensore elettrochimico di biofilm
comprendente un primo (101), un secondo (401) e un
terzo elettrodo (201), in cui il primo elettrodo
5 (101) è un elettrodo di lavoro sulla cui superficie
si sviluppa il biofilm di cui misurare la crescita,
il secondo elettrodo (401) è un elettrodo di
riferimento avente la funzione di fornire un
potenziale di riferimento stabile per la
10 polarizzazione dell'elettrodo di lavoro, il terzo
elettrodo (201) è un controelettrodo collegabile al
primo elettrodo (101) tramite un circuito elettrico
in modo da consentire, ad un potenziale fissato, la
circolazione di corrente dal primo elettrodo (101) al
15 terzo elettrodo (201) o viceversa funzione
dell'alterazione indotta dal biofilm sulla cinetica
delle reazioni evolventi sulla superficie del primo
elettrodo (101), o in modo da consentire, ad una
corrente fissata, la misura del potenziale del primo
20 elettrodo (101) rispetto al secondo elettrodo (401),
il sensore essendo caratterizzato dal fatto che il
primo elettrodo (101) e/o il secondo elettrodo (401)
e/o il terzo elettrodo (201) sono rivestiti con
coating a base di ossidi metallici misti.

25 2. Sensore secondo la rivendicazione 1, in cui
l'elettrodo di riferimento (401) e il controelettrodo
(201) formano un unico elettrodo avente la funzione
contemporanea di controelettrodo e pseudo
riferimento.

30 3. Sensore secondo la rivendicazione 1 o 2, in
cui è presente un ulteriore elettrodo di servizio
(301) collegabile individualmente, o a gruppi, a
ciascun elettrodo del sensore per il tramite di un



circuito elettrico (5) in grado di erogare una corrente per l'autopulizia locale del o degli elettrodi del sensore.

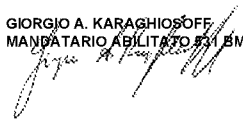
4. Sensore secondo la rivendicazione 3, in cui
5 l'elettrodo di servizio (301) è rivestito con coating a base di ossidi metallici misti

5. Sensore secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui il rivestimento del o degli elettrodi è realizzato con ossidi misti di metalli
10 nobili quali iridio, rutenio, platino, rodio, tantalio o niobio.

6. Sensore secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui uno o più elettrodi sono costituiti di titanio o tantalio.

15 7. Sensore secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui il coating ha uno spessore compreso tra 0,1 e 50 micron, preferibilmente 2,5 micron \pm 10%.

8. Dispositivo per la misura della crescita di
20 un biofilm sull'elettrodo di lavoro (101) di un sensore secondo una o più delle rivendicazioni 1 a 7, comprendente un circuito potenziostatico dotato di un terminale (2) per l'input di una tensione di polarizzazione, un circuito a retroazione (3) per il
25 mantenimento di detta tensione di polarizzazione fra elettrodo di lavoro (101) e elettrodo di riferimento/controllolettrodo (401, 201) quando l'elettrodo di lavoro (101) e l'elettrodo di riferimento/controllolettrodo (401, 201) del sensore
30 sono connessi al dispositivo, un circuito di rilevazione della corrente (4) che scorre tra elettrodo di lavoro (101) e controllolettrodo (201), un circuito generatore (5) connettibile manualmente o

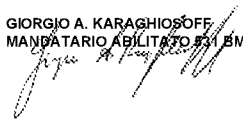


tramite interruttori (6, 6', 6'') fra coppie di elettrodi (101, 201, 401) del sensore per temporaneamente erogare una corrente per la pulizia degli elettrodi.

5 9. Dispositivo per la misura della crescita di un biofilm sull'elettrodo di lavoro (101) di un sensore secondo una o più delle rivendicazioni 1 a 7, comprendente un circuito intensiostatico atto a ricevere un ingresso (2) per l'impostazione di una
10 corrente di polarizzazione, un circuito a retroazione (3) per il mantenimento di detta corrente di polarizzazione fra elettrodo di lavoro (101) e controelettrodo (201) quando l'elettrodo di lavoro (101) e il controelettrodo (201) del sensore sono
15 connessi al dispositivo, un circuito (7) di rilevazione della tensione presente tra elettrodo di lavoro (101) e elettrodo di riferimento/contro elettrodo (401, 201), un circuito generatore (5) connettibile manualmente o tramite interruttori (6,
20 6', 6'') fra coppie di elettrodi del sensore per temporaneamente erogare una corrente per la pulizia degli elettrodi.

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 8 o 9, in cui il circuito generatore (5) è previsto per
25 essere connesso fra elettrodo di servizio (301) e uno o più dei restanti elettrodi (101, 201, 401) del sensore per la pulizia di detti elettrodi.

11. Dispositivo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 8 a 10, in cui il
30 generatore (5) è configurato per l'erogazione temporanea di una corrente elettrica tale da indurre una corrispondente densità di corrente sulla



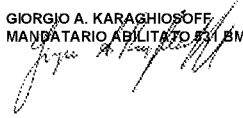
superficie dell'elettrodo oggetto del trattamento di pulizia compresa nell'intervallo $1 \div 100 \text{ mA/cm}^2$.

12. Sistema per il monitoraggio della crescita di biofilm su un sensore secondo una o più delle
5 rivendicazioni 1 a 7, comprendente un dispositivo secondo una o più delle rivendicazioni 8 a 11 connesso agli elettrodi di un sensore secondo una o più delle rivendicazioni 1 a 7, il sistema comprendendo un circuito amperometrico (4) e/o
10 potenziometrico (7) pilotato da una unità di controllo configurata per misurare nel tempo la corrente che scorre fra elettrodo di lavoro (101) e controelettrodo (201) e/o la tensione fra elettrodo di lavoro (101) e elettrodo di
15 riferimento/controelettrodo (401, 201) con sensore polarizzato.

13. Sistema secondo la rivendicazione 12, in cui l'unità di controllo è configurata per agire sul generatore (5) del dispositivo di misura in modo da
20 pilotare l'erogazione controllata di una corrente di pulizia fra coppie di elettrodi del sensore.

14. Sistema secondo la rivendicazione 13, in cui sono presenti interruttori (6, 6', 6'') comandabili dall'unità di controllo per connettere il
25 generatore all'elettrodo di servizio (301) e all'elettrodo di lavoro (101) o al controelettrodo (201) o all'elettrodo di riferimento (401) così da fare scorrere una corrente fra l'elettrodo di servizio (301) e l'elettrodo da assoggettare a
30 pulizia o viceversa.

15. Procedimento per l'applicazione di un coating agli elettrodi di un sensore secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 1 a 7,



caratterizzato dal fatto di immergere inizialmente
l'elettrodo in una soluzione che include sali di uno
o più metalli nobili quali, ad esempio, iridio,
rutenio, platino, niobio, rodio, tantalio e
5 successivamente assoggettare l'elettrodo ad alta
temperatura per consentire la trasformazione dei sali
in ossidi ceramici.

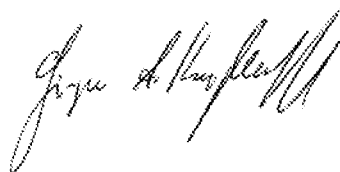
P.I. ALVIM S.r.l

10

Giorgio A. Karaghiosoff

Mandatario Abilitato

Iscritto al N. 531 BM



1/6

P.I. ALVIM S.r.l.
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

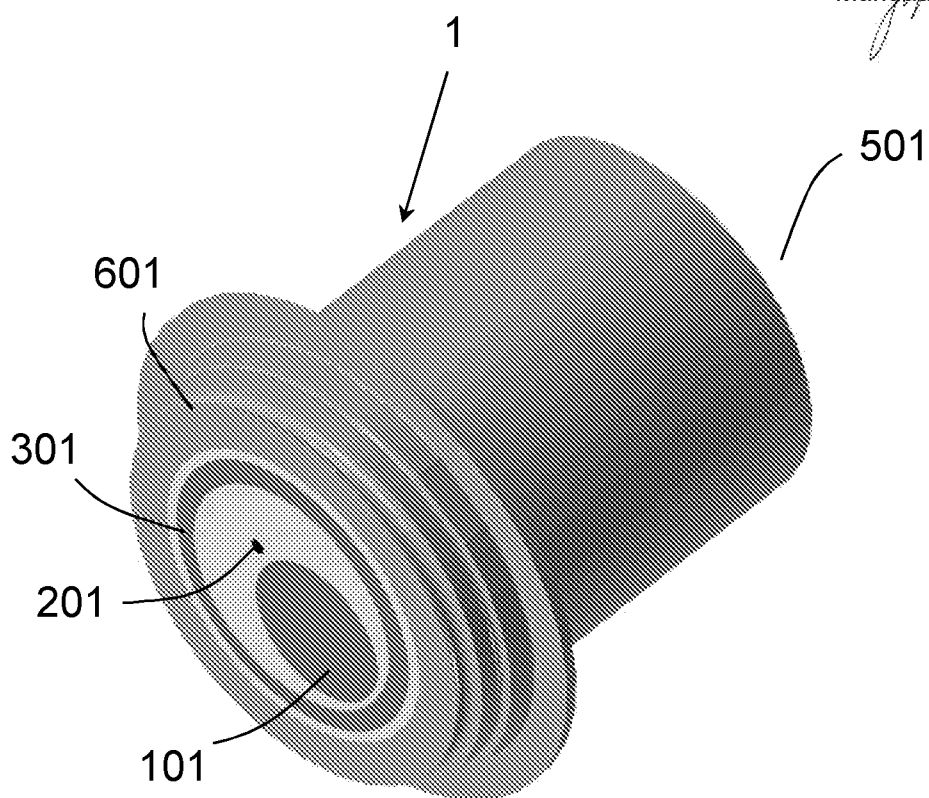


Fig. 1

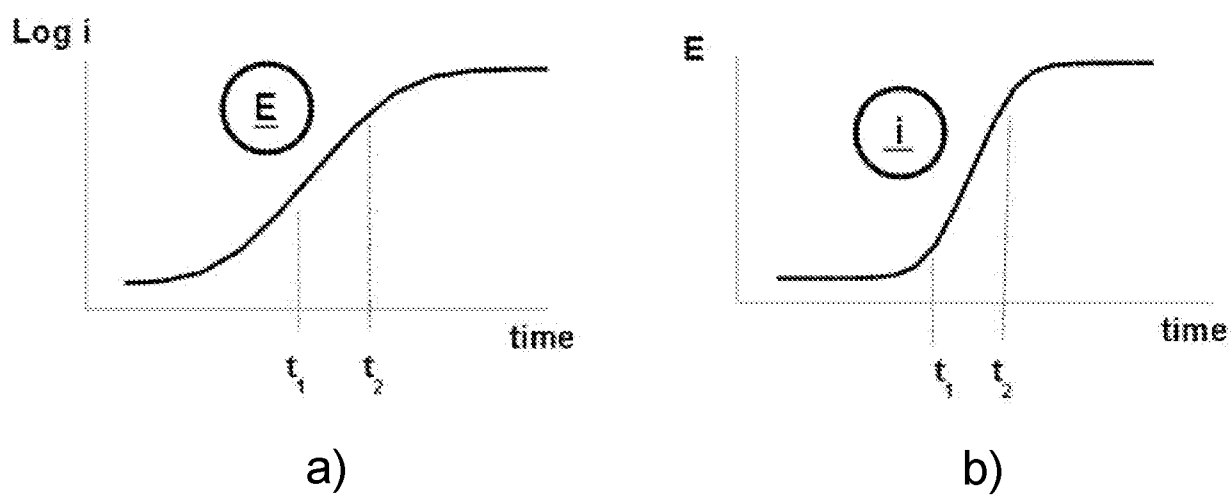


Fig. 2

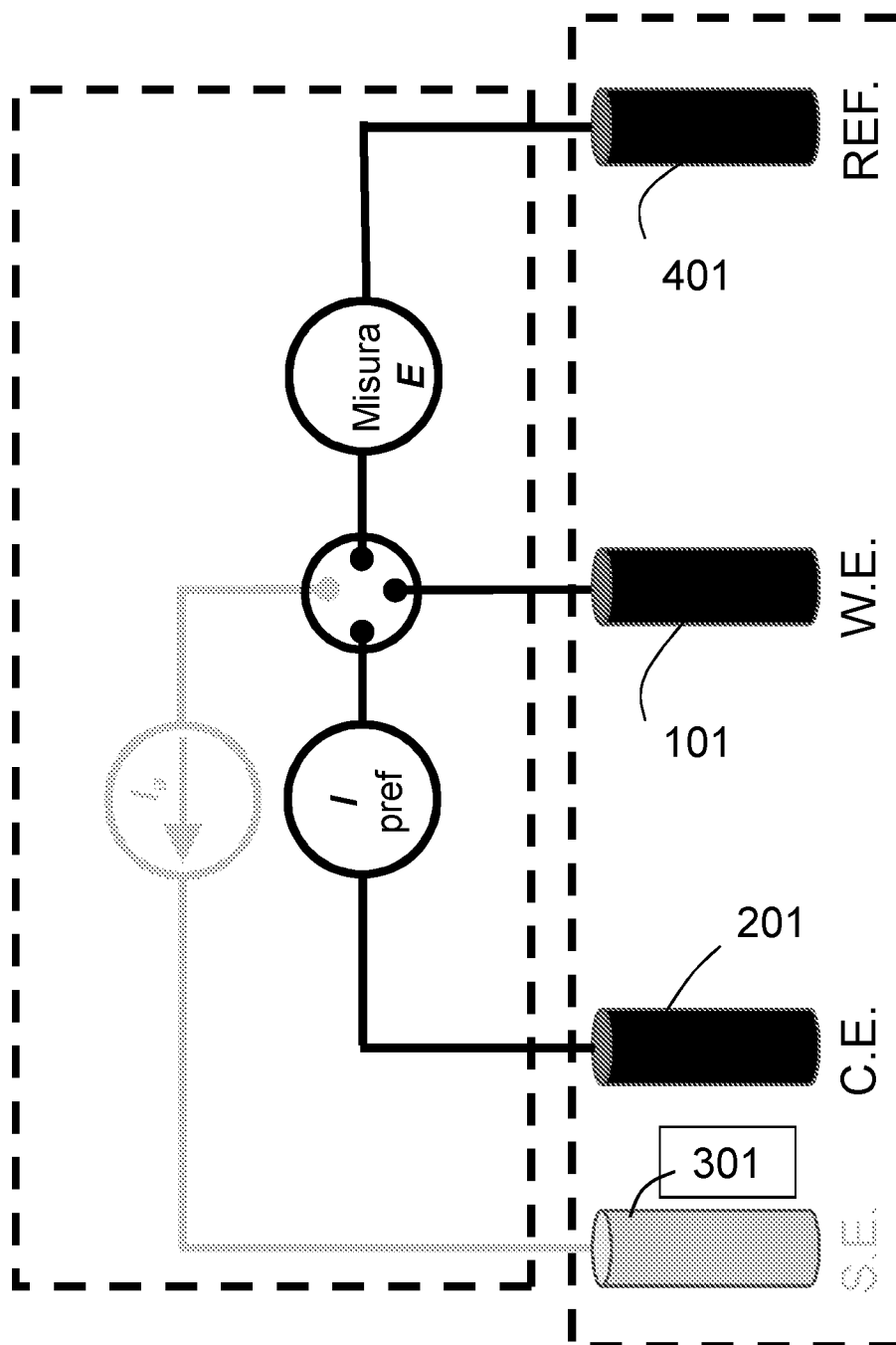


Fig. 3

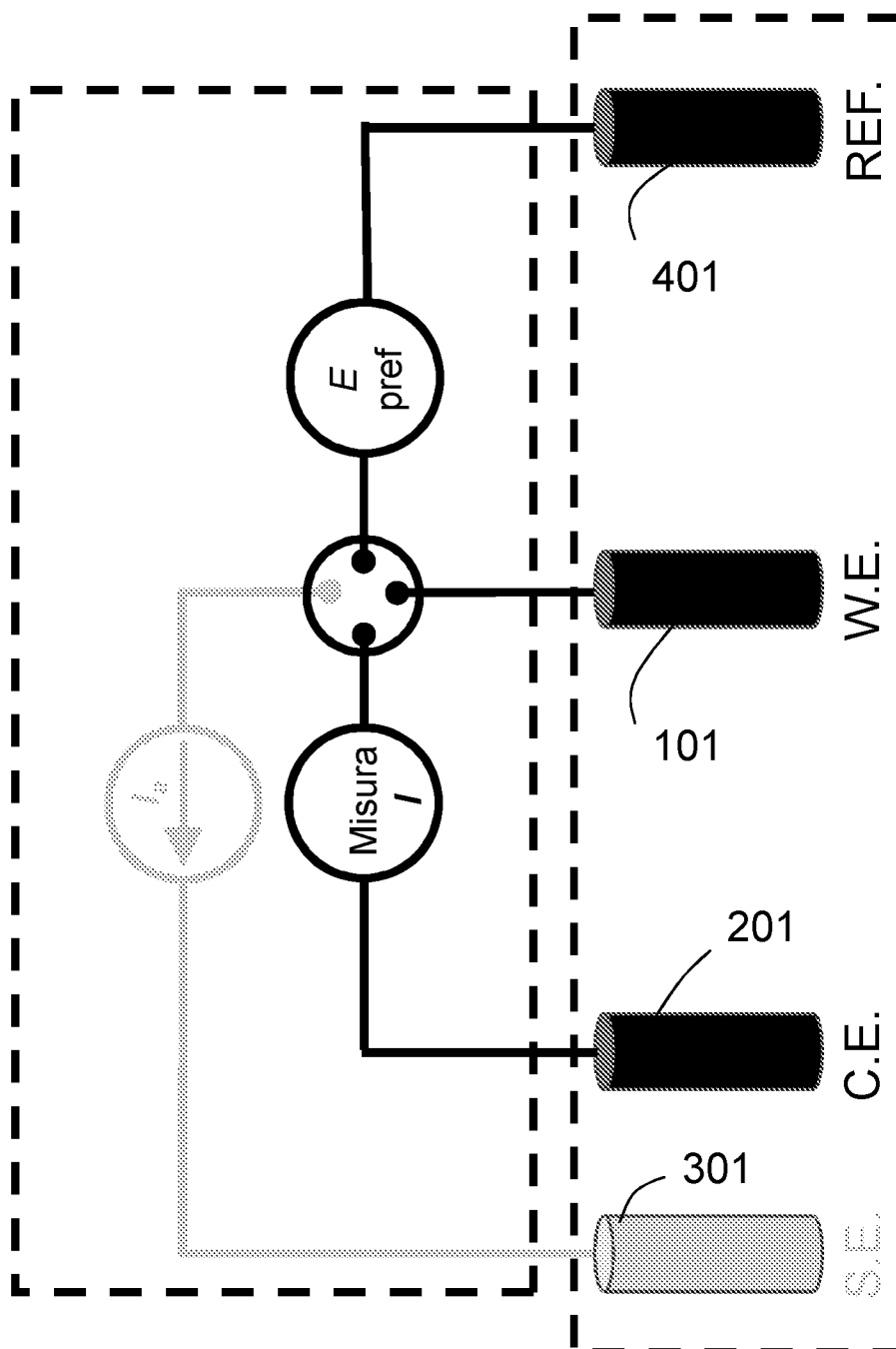


Fig. 4

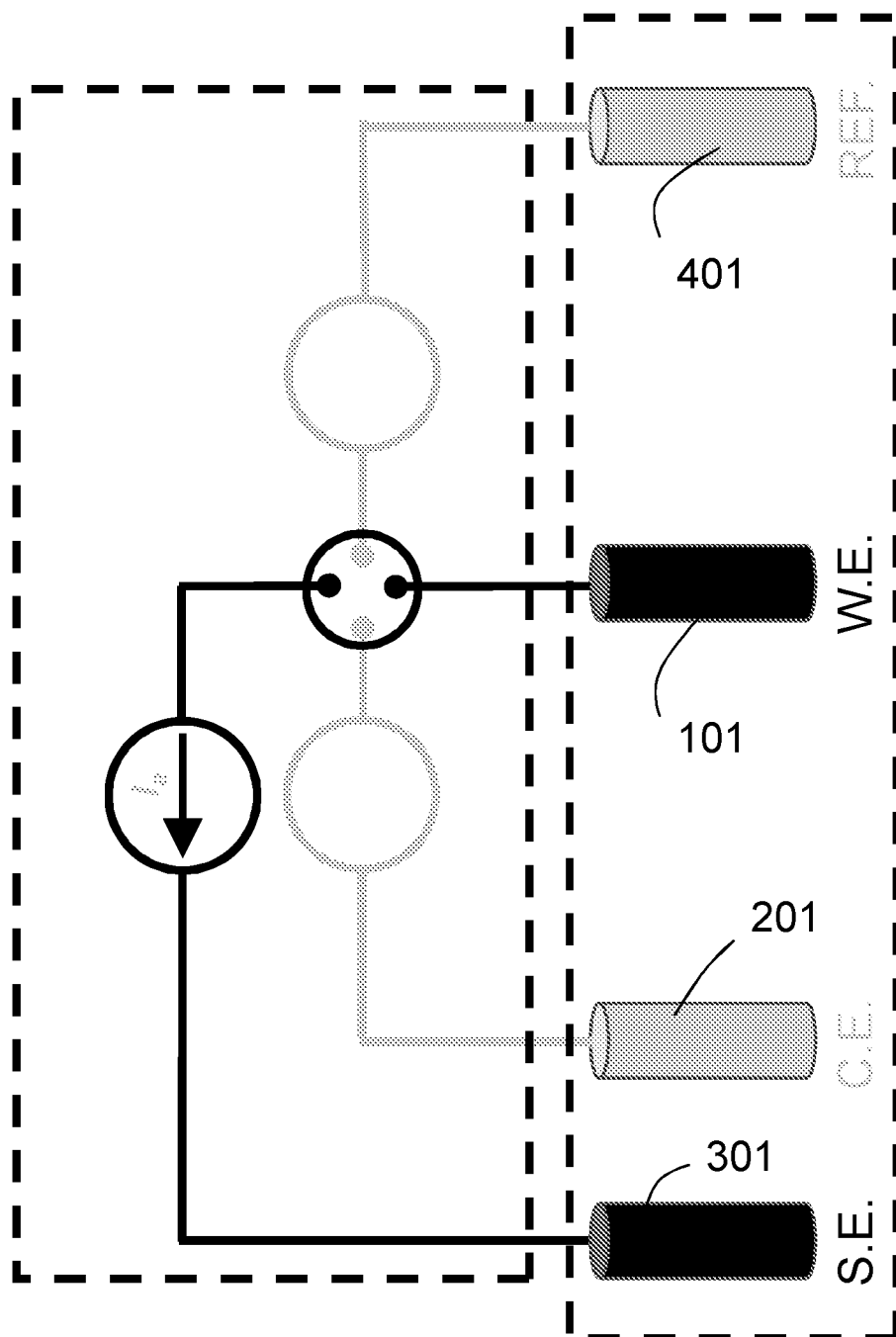
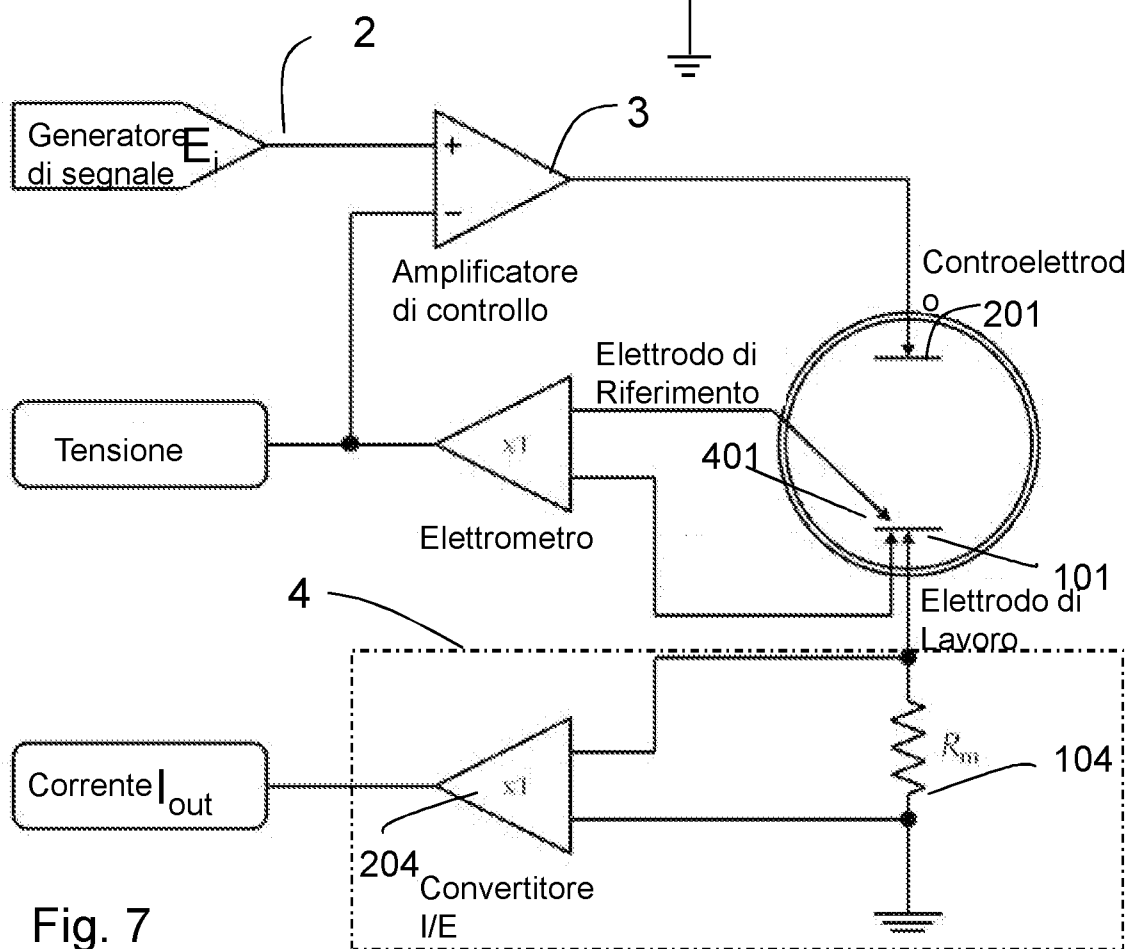
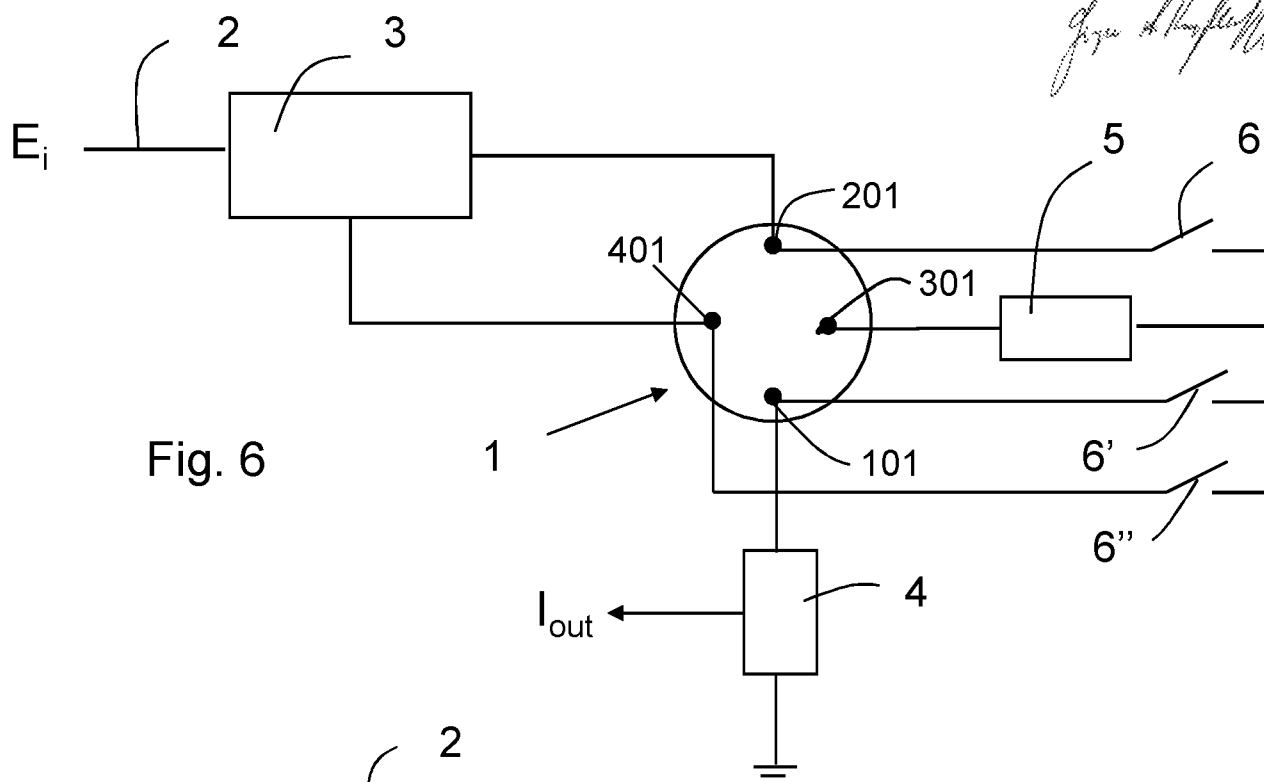


Fig. 5



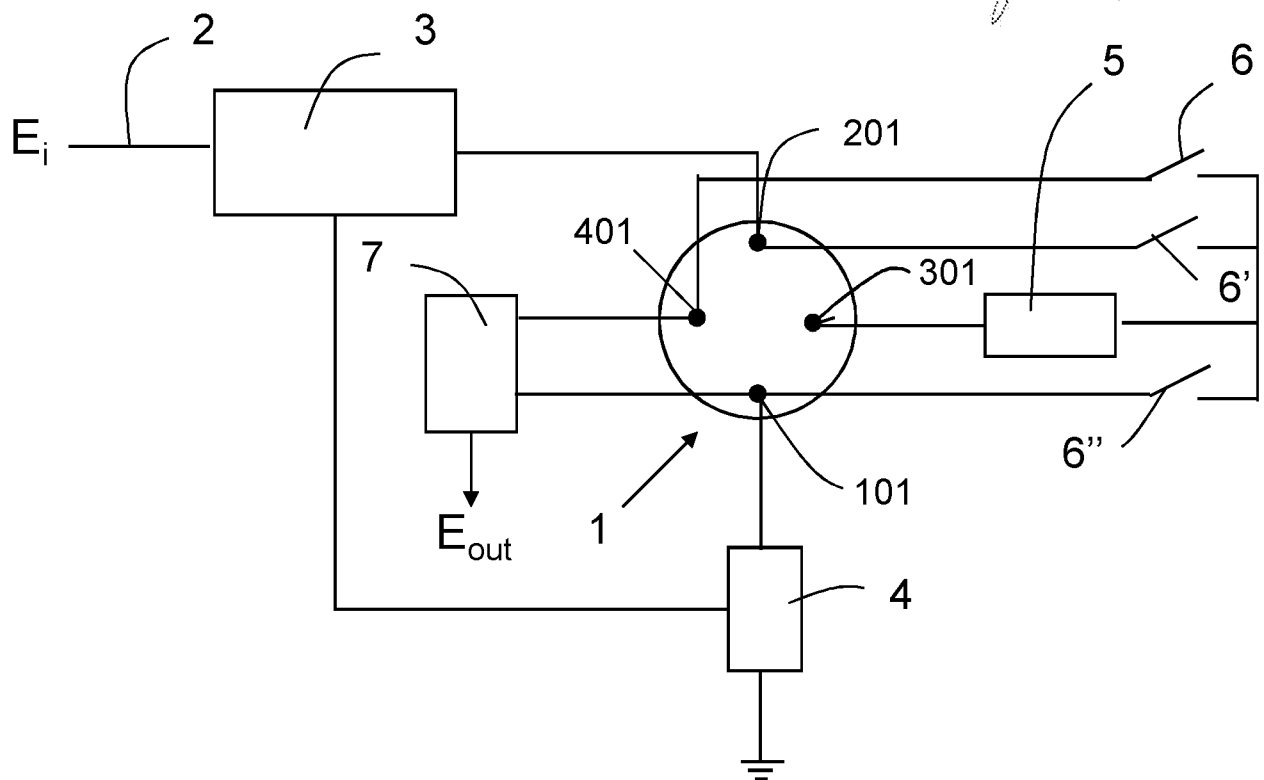


Fig. 8

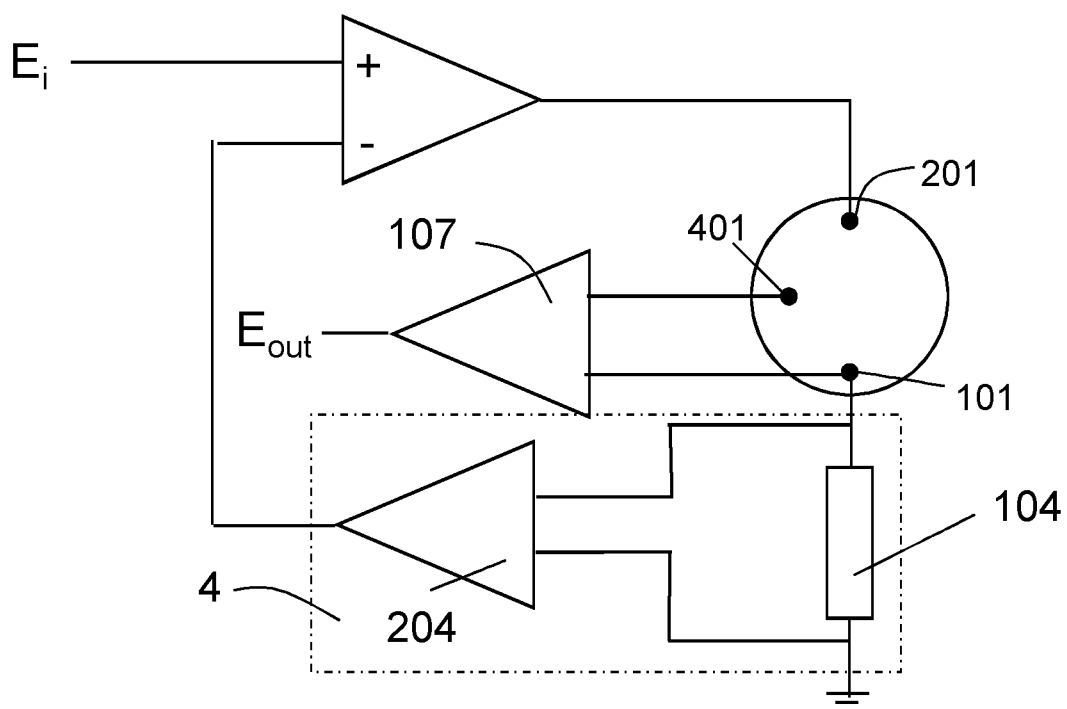


Fig. 9