

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901985767A1

Publication Date

20130410

Applicant

UNIVERSITA' DELLA CALABRIA

Title

DISPOSITIVO ELETTROCROMICO

DISPOSITIVO ELETTROCROMICO

La presente invenzione riguarda un dispositivo elettrocromico che permette di ricoprire ampie superfici come finestre di edifici per applicazioni di risparmio energetico. Inoltre, il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione può essere utilizzato quale elemento aggiuntivo e non-strutturale in molte applicazioni industriali, quali specchi retrovisori interni di veicoli, parti superiori di parabrezza di veicoli, tetti parasole di veicoli, finestrini di veicoli (auto, bus, treni, navi, aeromobili, ecc.), applicazioni per la privacy, applicazioni decorative, dispositivi di segnalazione per il traffico, memorie ottiche, e visualizzatori o display.

Negli ultimi venti anni, la tecnologia dei dispositivi elettrocromici ha avuto un continuo sviluppo, come attestato dal significativo numero di domande di brevetto depositate a riguardo. Un dispositivo elettrocromico può essere classificato secondo varie tipologie in base ai materiali usati per fabbricarlo. In particolare, ci sono almeno tre tipi di configurazioni di dispositivi elettrocromici: un primo tipo, nel seguito indicato anche come "tipo 1", in cui i materiali elettrocromici sono sempre in soluzione; un secondo tipo, nel seguito indicato anche come "tipo 2", in cui i materiali elettrocromici sono inizialmente in soluzione ed incolori e, in seguito ad una reazione di trasferimento elettronico, formano una pellicola o film solido sulla superficie di un elettrodo; ed un terzo tipo, nel seguito indicato anche come "tipo 3", in cui i materiali elettrocromici sono depositati sugli elettrodi come film sottili.

I primi due tipi sono i cosiddetti dispositivi elettrocromici "self-erasing" (che si auto-cancellano), poiché le specie elettrocromiche sono dissolte in un elettrolita liquido o sottoforma di gel, e quindi possono facilmente diffondere; essi non mostrano alcuna memoria a circuito aperto, i.e. alcuna memoria ottica. I materiali elettrocromici sono posti tra due supporti di vetro (o plastica) ricoperti da uno conduttore elettronico trasparente, ad

esempio ossido di indio-stagno – noto anche come ITO (Indium Tin Oxide).

Nei dispositivi di tipo 3, un substrato è ricoperto con il materiale elettrocromico attivo (elettrodo di lavoro), mentre sull'altro substrato è depositato un materiale che funge da serbatoio di ioni (controelettrodo), che può anche essere un materiale elettrocromico complementare. L'elettrodo di lavoro ed il controelettrodo sono separati da un conduttore ionico (strato) che può essere: liquido, polimerico o gel (i.e. polimero con un'aliquota di solvente ed un sale). Le proprietà tecnologiche di un dispositivo elettrocromico dipendono sia dai materiali elettrocromici che dal tipo di conduttore ionico. La configurazione di tipo 3 può essere utilizzata per ottenere dispositivi elettrocromici con estese memorie a circuito aperto (memoria ottica).

L'elettrochimica coinvolta nei processi elettrocromici è sostanzialmente una reazione redox reversibile in cui due specie red_1 ed ox_2 , inizialmente nello stato trasparente, dopo l'applicazione agli elettrodi dell'opportuno voltaggio, diventano ox_1 e red_2 , passando così allo stato colorato; nei dispositivi con una configurazione di tipo 1 e 2 la reazione inversa avviene spontaneamente dopo che il voltaggio applicato viene rimosso (configurazioni "self-erasing"). Nei dispositivi di tipo 3 deve essere applicato un voltaggio opposto per far avvenire la reazione in senso inverso dallo stato colorato allo stato incolore.

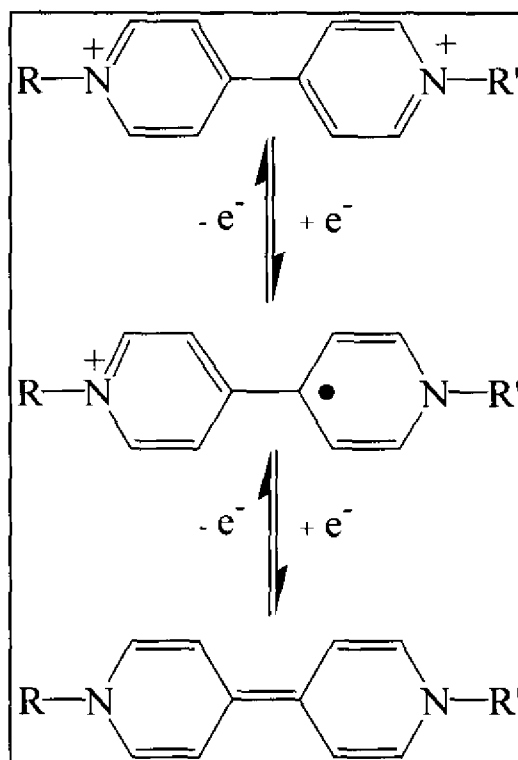
I materiali elettrocromici sono classificati come anodici o catodici a seconda che essi passino dallo stato incolore a quello colorato durante l'ossidazione o durante la riduzione, rispettivamente. In particolare, i dispositivi elettrocromici sono costituiti da una struttura a sandwich in cui le specie elettrocromiche sono poste tra due elettrodi trasparenti connessi al generatore di tensione. La Figura 1 mostra una vista schematica esplosa di un tipico dispositivo elettrocromico di tipo 3, che comprende due substrati trasparenti esterni 1, adiacenti a due rispettivi strati 2 di conduttore

elettronico trasparente, uno strato elettrocromico attivo 3 (elettrodo di lavoro) adiacente allo strato posteriore 2 di conduttore elettronico trasparente, un conduttore ionico 4 adiacente allo strato elettrocromico attivo 3, ed uno strato 5 che costituisce la riserva ionica (controelettrodo) interposto tra il conduttore ionico 4 e lo strato frontale 2 di conduttore elettronico trasparente; il dispositivo di Figura 1 comprende altresì un generatore 6 di tensione. Gli strati del dispositivo di Figura 1 sono tra loro accoppiati. I substrati trasparenti 1 possono essere lastre di vetro che vengono ricoperte con un film sottile trasparente di conduttori elettronici 2, quali ad esempio, come descritto nel Brevetto US 6,587,250 B2: ITO, ossido di stagno o di fluoro e stagno. Come descritto dal Brevetto US 4,194,812, lo strato elettrocromico attivo 3 (elettrodo di lavoro) e lo strato 5 con proprietà di riserva ionica (controelettrodo) sono preferibilmente ottenuti da ossidi di metalli pesanti come, ad esempio, il tungsteno triossido WO_3 , che è un materiale elettrocromico catodico usato come elettrodo di lavoro 3, ed il vanadio pentossido V_2O_5 , materiale elettrocromico anodico usato come controelettrodo 5. Lo strato relativo al conduttore ionico 4 può essere fatto in vari modi; come descritto dalla domanda US 2009/0078917 A1, esso può essere costituito da elettroliti polimerici quali, ad esempio, ossido di polietilene contenente sali di litio (e.g. litio triflato). Come descritto in J. Chem. Phys. (2002), 117, 7373, in J. Phys. Chem. A (2005), 109, 92, in Ionics (2005), 11, 220, ed in Solid State Ionics (2006), 177, 581, per migliorare la resistenza agli sforzi di compressione e di piegamento e la conduttività degli elettroliti polimerici (e quindi le prestazioni del dispositivo elettrocromico), sono state studiate varie possibilità, quali ad esempio: miscele di polimeri elettrolitici con polimeri termoplastici o elastomerici, il nano confinamento di polimeri elettrolitici, aggiunta in elettroliti polimerici di liquidi ionici quali ad esempio (N-metil-N-propilpirrolidinio,bis(trifluorometansulfonil)immide.

Negli ultimi anni, i dispositivi elettrocromici, come quello mostrato in

Figura 1, sono stati realizzati usando come elettrodi di lavoro polimeri organici conduttori ed elettroattivi. Come descritto nella Domanda US 2003/0174377 A1, l'uso di polimeri organici conduttori consente di fabbricare dispositivi elettrocromici con uno stato "colorato" selezionabile non solo nel range del visibile, ma anche nel range delle microonde e dell'infrarosso (U.S. 0174377 A1), espandendo considerevolmente il numero ed i settori delle relative applicazioni industriali.

La Figura 2 mostra una vista schematica esplosa di un dispositivo elettrocromico di tipo 1, che comprende un numero inferiore di strati rispetto al tipo 3 (mostrato in Figura 1), precisamente cinque strati: due substrati trasparenti esterni 7, adiacenti a due rispettivi strati 8 di conduttore elettronico trasparente, tra i quali è interposto un solvente od un polimero trasparente 9 in cui sono dispersi i materiali necessari alla reazione redox; il dispositivo comprende inoltre un generatore 10 di tensione. Il processo elettrocromico coinvolge almeno una singola specie elettrocromica, che passa dallo stato trasparente a quello colorato a seguito di una reazione di riduzione o di ossidazione che avviene con l'ausilio di un altro materiale capace di donare o accettare, rispettivamente, in maniera reversibile, gli elettroni coinvolti nel processo redox elettrocromico. In particolare, i viologeni (sali di 1,1'-disostituiti-4,4' bipyridinio) sono i materiali catodici più usati per i dispositivi elettrocromici di tipo 1. I viologeni hanno i seguenti stati redox, illustrati nello schema seguente: una forma dicationica (mostrata in alto); un radicale cationico (mostrato al centro); ed una forma ridotta neutra (mostrata in basso).



Se pura, la forma dicationica dei viologeni è la più stabile ed incolore (a meno che non avvengano trasferimenti di carica che coinvolgano il controanione). Vari anioni possono essere accoppiati alla forma dicationica dei viologeni, come ad esempio quelli descritti nel brevetto US 6,045,724: tetrafluoroborato (BF_4^-), perclorato (ClO_4^-), trifluorometano solfonato ($CF_3SO_3^-$) ed esafluorofosfato (PF_6^-), tra i quali l'ultimo sembra essere l'anione che maggiormente migliora la solubilità dei viologeni.

La forma dicationica dei viologeni può acquistare un solo elettrone per diventare un radicale cationico: i viologeni radicali cationici sono intensamente colorati, con un alto coefficiente molare di assorbimento. La stabilità del radicale cationico è dovuta alla delocalizzazione dell'elettrone spaiato sugli anelli aromatici delle piridine. L'aggiunta di un altro elettrone alla forma radicale cationica dei viologeni porta alla formazione della forma ridotta neutra, che generalmente mostra vari colori in dipendenza della natura dei gruppi R legati alla struttura del bipyridinio. L'intenso colore del radicale cationico rispetto alla forma neutra è il risultato di un trasferimento

di carica intramolecolare nella forma radicalica.

Viologeni con differenti gruppi R, R' mostrano forme neutre con differenti colori che si presentano in qualsiasi parte della regione visibile dello spettro elettromagnetico. Per esempio, come descritto da M. Castriota in PhD Thesis "*Development and Spectroscopic Characterization of Materials for Applications in Electrochromic Devices and Novel liquid Crystalline Cells*" 2004, University of Calabria, ITALY, se i gruppi R, R' sono delle semplici catene alchiliche a basso numero di atomi di carbonio, allora il colore della forma neutra dei viologeni è blu/violetto, mentre se i gruppi R,R' comprendono anelli arilici, quali ad es. 4-cianofenili, allora il colore della forma neutra è verde, e così via.

Gli elettroni necessari alla riduzione della forma dicationica dei viologeni, prima alla forma cationica radicalica e successivamente alla forma neutra, sono forniti da un altro materiale che deve essere presente nell'ambiente di reazione. In particolare, dal momento che i viologeni sono materiali catodici (passano dallo stato trasparente a quello colorato durante la semi-reazione di riduzione), nell'ambiente di reazione devono essere presenti i materiali anodici al fine di bilanciare l'intera reazione redox elettrocromica. Il materiale anodico accoppiato con i viologeni può essere o non essere elettrocromico a sua volta: se durante la semireazione di ossidazione, esso cambia dallo stato trasparente a quello colorato esso è un materiale elettrocromico, se invece esso cambia da uno stato trasparente ad un altro trasparente esso non è un materiale elettrocromico. Tuttavia, se il materiale anodico è un materiale elettrocromico, allora dovrebbe essere scelto tenendo conto che la sua forma ossidata mostri un colore differente dalla forma ridotta del materiale catodico altrimenti il dispositivo elettrocromico non mostrerebbe alcuna variazione di colore durante il processo elettrocromico. In Tabella 1 sono elencati i materiali anodici più utilizzati da accoppiare con i viologeni (materiali catodici) per realizzare dispositivi elettrocromici di tipo 1.

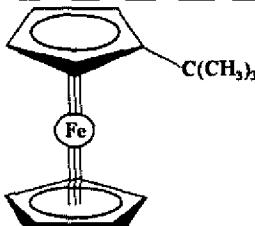
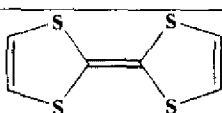
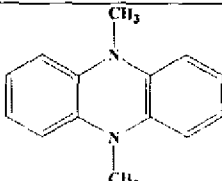
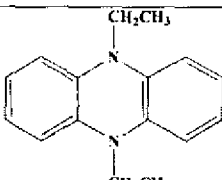
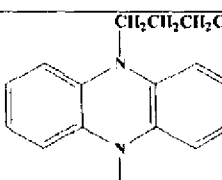
NOME	FORMULA
Butil ferrocene terziario	
Tetratiofulvalene	
5,10-diidro-5,10-dimetilfenazina	
5,10-diidro-5,10-dietilfenazina	
5,10-diidro-5,10-dioctilfenazina	

Tabella 1

Indipendentemente dal tipo di configurazione (i.e., tipo 1, tipo 2 o tipo 3), i dispositivi elettrocromici possono essere utilizzati in svariate applicazioni industriali, quali ad esempio: finestre intelligenti, specchi retrovisori, tetti parasole, indicatori di esposizione termica (per alimenti congelati), occhiali, occhiali da sole, ed inoltre per migliorare l'efficienza energetica di veicoli, aeromobili, navi e veicoli spaziali, per il controllo termico di satelliti in orbita, display, nello sviluppo di carta di scrittura elettrocromica ("electrochromic writing paper"), in cui un'immagine elettrocromica viene

generata sul foglio in seguito al contatto con un elettrodo a forma di penna.

Le finestre elettrocromiche possono essere utili per il controllo del flusso di calore e luce dall'interno verso l'esterno degli edifici, e viceversa, mediante la modulazione delle proprietà di trasmissione dei materiali elettrocromici usati per realizzare le finestre stesse. Come descritto da C.M. Lampert in "Smart Windows for Energy Efficiency", New Glass Forum, Tokyo, October 16 (1995), e dallo stesso C. M. Lampert in "Solar Energy Materials & Solar Cells" (1998), 52, 207, l'impiego di vetri elettrocromici può migliorare il rendimento termico complessivo degli edifici rispetto al controllo termico statico utilizzato attualmente. Il risparmio energetico indotto dall'utilizzo delle finestre elettrocromiche arriva fino al 30% dell'energia attualmente consumata in quanto il loro impiego durante i mesi estivi consente di ridurre il riscaldamento dovuto all'irraggiamento solare e, conseguentemente, l'uso dei condizionatori, mentre durante i mesi invernali consente di ridurre il flusso di calore dall'interno verso l'esterno degli edifici e conseguentemente l'uso dei riscaldamenti.

Tuttavia, nonostante l'importante e diffusa attività condotta da molte équipes di ricercatori in laboratori pubblici o privati in tutto il mondo ed il potenziale guadagno derivante dalle numerosissime applicazioni industriali, i prodotti basati sulle tecnologia elettrocromica non sono così diffusi se non come specchietti retrovisori in alcune auto di lusso. A titolo esemplificativo, le finestre elettrocromiche non hanno avuto un'ampia diffusione commerciale, in particolare, a causa degli alti costi e della breve durata garantita richiesta rispetto agli standard concernenti elementi strutturali per edifici. Infatti, le finestre elettrocromiche risultano essere costose, in quanto sia i costi dei materiali che i complessi processi di costruzione rendono la produzione industriale di grandi numeri di pezzi dispendiosa, e la loro durata è piuttosto breve rispetto alle finestre tradizionali. In particolare, le finestre elettrocromiche non possono essere garantite per venti anni,

come richiesto per i prodotti strutturali dell'edilizia: attualmente, le conoscenze della tecnologia elettrocromica non consentono di garantire una durata così lunga per le finestre elettrocromiche.

Inoltre, un ulteriore conveniente è dovuto alla complessità di ottenere il cosiddetto scale-up della tecnologia elettrocromica, i.e. alla difficoltà di costruire dispositivi elettrocromici di grandi superfici. Infatti, è abbastanza semplice realizzare un dispositivo elettrocromico di dimensioni limitate, e.g. 10 cm x 10 cm, poiché i conduttori elettronici trasparenti (e.g. ITO) forniscono un omogeneo voltaggio di superficie, per la distanza massima di 5 cm che è la distanza tra il centro ed il bordo dell'elettrodo dove sono saldati i cavi elettrici connessi al generatore di tensione; tuttavia, quando le dimensioni del dispositivo elettrocromico aumentano, la distanza tra il centro ed il bordo dell'elettrodo (dove sono presenti le connessioni dei cavi) aumenta anch'essa ed i conduttori elettronici trasparenti diventano sempre meno capaci di fornire un voltaggio di superficie omogeneo, a causa della caduta di potenziale propria del conduttore.

Inoltre, la diffusione commerciale delle finestre elettrocromiche è molto condizionata dalla necessità di modificare le nuove e vecchie costruzioni in maniera tale da poter installare le finestre elettrocromiche. Difatti, poiché il voltaggio per il funzionamento delle finestre elettrocromiche è fornito dalla rete elettrica domestica, è necessario equipaggiare tutte le finestre con "prese" facendo passare i cavi elettrici nei muri dell'edificio. L'ultimo prerequisito richiesto agli edifici, ovvero la necessità di modifiche infrastrutturali all'edificio, fa aumentare i costi della prima installazione delle finestre elettrocromiche e, quindi, scoraggia i consumatori e, di conseguenza, frena la diffusione della tecnologia delle finestre elettrocromiche.

Lo scopo della presente invenzione è, pertanto, quello di consentire in modo affidabile, versatile, efficiente ed economico di risolvere i summenzionati problemi dei dispositivi elettrocromici convenzionali, riducendone i costi ed aumentandone il tempo di vita in modo da permetterne un

uso in moltissime applicazioni industriali.

Ulteriore scopo della presente invenzione è quello di consentire la realizzazione dello scale-up della tecnologia elettrocromica.

Ancora scopo della presente invenzione è quello di facilitare l'applicazione di dispositivi elettrocromici anche a strutture già esistenti, come ad esempio finestre di edifici già esistenti.

Forma oggetto specifico della presente invenzione un dispositivo elettrocromico comprendente una pluralità di strati comprendenti un substrato trasparente posteriore, adiacente ad uno strato posteriore di conduttore elettronico trasparente, adiacente ad un insieme elettrocromico di uno o più strati elettrocromici, adiacente ad uno strato frontale di conduttore elettronico trasparente, adiacente ad un substrato trasparente frontale, detto insieme elettrocromico essendo atto a sviluppare un processo elettrocromico per cui almeno una porzione di detto insieme elettrocromico commuta tra uno stato trasparente ed uno stato colorato, il dispositivo essendo caratterizzato dal fatto di comprendere altresì una o più batterie sottili, interposte tra due strati di detta pluralità di strati, e mezzi elettronici a strato sottile di controllo a commutazione, comprendenti uno o più componenti elettronici ognuno dei quali è interposto tra due strati di detta pluralità di strati, detti mezzi di controllo a strato sottile essendo elettricamente connessi a dette una o più batterie sottili ed ai conduttori elettronici trasparenti posteriore e frontale in modo tale da essere atti a controllare un collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili ed i conduttori elettronici trasparenti posteriore e frontale per abilitare e/o disabilitare detto processo elettrocromico.

Sempre secondo l'invenzione, detti mezzi di controllo a strato sottile possono comprendere mezzi commutatori, preferibilmente comprendenti almeno un interruttore e/o almeno un multiplexer.

Ancora secondo l'invenzione, detti mezzi di controllo a strato sottile possono comprendere mezzi ad antenna ricevente, atti a ricevere segnali

di controllo da almeno un telecomando commutatori sulla base dei quali detti mezzi di controllo a strato sottile controllano il collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili ed i conduttori elettronici trasparenti posteriore e frontale.

Ulteriormente secondo l'invenzione, detti mezzi di controllo a strato sottile possono comprendere almeno un sensore di luminosità, preferibilmente un fotodiodo, atto a rilevare una luminosità sulla base della quale detti mezzi di controllo a strato sottile controllano il collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili ed i conduttori elettronici trasparenti posteriore e frontale.

Sempre secondo l'invenzione, detti uno o più componenti elettronici di detti mezzi elettronici a strato sottile di controllo a commutazione possono essere incorporati in chip.

Ancora secondo l'invenzione, dette una o più batterie sottili e detti uno o più componenti elettronici di detti mezzi elettronici a strato sottile possono essere tutti interposti tra gli stessi due strati di detta pluralità di strati.

Ulteriormente secondo l'invenzione, almeno una porzione di almeno uno tra lo strato posteriore di conduttore elettronico trasparente e lo strato frontale di conduttore elettronico trasparente può essere sagomata secondo una matrice bidimensionale comprendente una pluralità di pixel, detti pixel essendo collegati a detti mezzi di controllo a strato sottile tramite una pluralità di piste sub-micrometriche, detti mezzi di controllo a strato sottile controllando il collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili ed i conduttori elettronici trasparenti posteriore e frontale in modo tale da far funzionare almeno una porzione del dispositivo elettrocromico come un display.

Sempre secondo l'invenzione, almeno una porzione di almeno uno tra lo strato posteriore di conduttore elettronico trasparente e lo strato frontale di conduttore elettronico trasparente può essere sagomata secondo

almeno un disegno, detto almeno un disegno essendo collegato a detti mezzi di controllo a strato sottile tramite una o più piste sub-micrometriche.

Ancora secondo l'invenzione, il dispositivo elettrocromico può comprendere altresì mezzi di fissaggio planari adiacenti al substrato trasparente posteriore, detti mezzi di fissaggio planari preferibilmente comprendendo o consistendo di uno strato adesivo trasparente, detti mezzi di fissaggio planari facendo parte di detta pluralità di strati, per cui il dispositivo elettrocromico è accoppiabile mediante detti mezzi di fissaggio planari ad una struttura selezionata dal gruppo comprendente un vetro ed uno specchio.

Ulteriormente secondo l'invenzione, il dispositivo elettrocromico può comprendere altresì un telaio di alloggiamento di una struttura esterna, preferibilmente comprendente una superficie riflettente, più preferibilmente uno specchio retrovisore, per cui il dispositivo elettrocromico è montabile su detta struttura esterna.

Sempre secondo l'invenzione, detto insieme elettrocromico può comprendere tre strati elettrocromici tra loro adiacenti nell'ordine seguente:

- uno strato elettrocromico attivo operante quale elettrodo di lavoro,
- uno strato di conduttore ionico, ed
- uno strato di riserva ionica operante quale contro elettrodo.

Ancora secondo l'invenzione, almeno una porzione di almeno uno di tali tre strati elettrocromici di detto insieme elettrocromico può essere sagomata secondo una matrice bidimensionale comprendente una pluralità di pixel e/o secondo almeno un disegno.

Ulteriormente secondo l'invenzione, detto insieme elettrocromico può comprendere o consistere di uno strato elettrocromico che contiene materiali elettrocromici sciolti in un solvente od in una matrice polimerica.

I vantaggi offerti dal dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione sono numerosi.

Esso è un dispositivo adesivo, flessibile, energeticamente autosufficiente ed eventualmente controllabile mediante tecnologia wireless, che può essere usato in tutte le applicazioni industriali sopra menzionate, anche come un elemento elettrocromico aggiuntivo e non strutturale. Infatti, il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione può essere applicato (e.g. incollato) ai vetri già esistenti negli edifici e permette di coprire grandi superfici superando il problema di scale-up, intrinseco della tecnologia elettrocromica.

Inoltre, un pluralità di dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione, sincronizzati e simultaneamente controllati, possono essere usati per ricoprire grandi vetrate, trasformando così le finestre tradizionali in finestre elettrocromiche, risparmiando energia e denaro, senza avere alcuno dei problemi relativo all'uso di finestre elettrocromiche convenzionali. Se si presenta la necessità di sostituire uno o più dispositivi secondo l'invenzione, ciò può essere fatto direttamente dall'utilizzatore senza agire in alcun modo sulle proprietà strutturali dell'edificio, che dipendono dai vetri esistenti che non sarebbero influenzati nelle loro proprietà meccaniche dalla presenza o meno dei dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione.

Altre applicazioni dei dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione possono essere, per esempio: specchietti retrovisori interni, parti superiori di parabrezza, tetti parasole per veicoli, vetri dei finestrini dei veicoli (automobili, autobus, treni, navi, aeroplani e così via), privacy, applicazioni decorative, segnali stradali, segnali di avvertimento, memorie ottiche e diverse applicazioni industriali nel campo dei display.

Ulteriormente, il elettrocromico secondo l'invenzione è leggero e non ingombrante.

Un interessante esempio di applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione in un campo differente dal risparmio energetico è la sua applicazione quale elemento elettrocromico aggiuntivo, non strut-

turale, agli specchietti retrovisori. In tal caso, il processo elettrocromico è attivato dalla luce dei fari abbaglianti dei veicoli che viaggiano dietro al veicolo equipaggiato con lo specchietto retrovisore provvisto del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione e spontaneamente ritorna indietro dallo stato colorato a quello trasparente quando viene rimosso l'abbagliamento. In questo modo, gli specchietti retrovisori tradizionali possono diventare specchietti retrovisori elettrocromici senza dover modificare in nessun modo l'automobile ed affrontare le relative spese, come invece si deve fare attraverso l'uso della tradizionale tecnologia elettrocromica.

Il processo elettrocromico del dispositivo secondo l'invenzione può avvenire automaticamente, ad esempio in risposta ad un abbagliamento, oppure può essere controllato da un utilizzatore.

La presente invenzione verrà ora descritta, a titolo illustrativo, ma non limitativo, secondo sue preferite forme di realizzazione, con particolare riferimento alle Figure dei disegni allegati, in cui:

la Figura 1 mostra schematicamente una vista prospettica esplosa di un primo dispositivo elettrocromico secondo la tecnica anteriore;

la Figura 2 mostra schematicamente una vista prospettica esplosa di un secondo dispositivo elettrocromico secondo la tecnica anteriore;

la Figura 3 mostra schematicamente una vista prospettica esplosa (Fig. 3A), una vista prospettica posteriore (Fig. 3B) ed una vista prospettica frontale (Fig. 3C) di una prima forma di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione;

la Figura 4 mostra schematicamente una vista prospettica esplosa (Fig. 4A), una vista prospettica posteriore (Fig. 4B) ed una vista prospettica frontale (Fig. 4C) di una seconda forma di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione;

la Figura 5 mostra schematicamente una vista frontale di alcuni degli elementi disassemblati (Fig. 5A) e di un relativo assemblato (Fig. 5B) di

una prima applicazione esemplificativa del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione;

la Figura 6 mostra schematicamente una vista frontale di alcuni degli elementi disassemblati (Fig. 6A) e di un relativo assemblato (Fig. 6B) di una seconda applicazione esemplificativa del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione;

la Figura 7 mostra schematicamente una vista frontale di alcuni degli elementi disassemblati (Fig. 7A) e di un relativo assemblato (Fig. 7B) di una terza applicazione esemplificativa del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione;

la Figura 8 mostra schematicamente una vista frontale di due versioni alternative di una quarta applicazione esemplificativa del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione (Fig. 8A), una vista frontale di tali due versioni alternative quando il processo elettrocromico è disabilitato (Fig. 8B), ed una vista frontale di tali due versioni alternative quando il processo elettrocromico è abilitato (Fig. 8C);

la Figura 9 mostra schematicamente una vista frontale di due versioni alternative di una quinta applicazione esemplificativa del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione (Fig. 9A), una vista frontale di tali due versioni alternative quando il processo elettrocromico è disabilitato (Fig. 9B), ed una vista frontale di tali due versioni alternative quando il processo elettrocromico è abilitato (Fig. 9C);

la Figura 10 mostra schematicamente una vista frontale di due versioni alternative di una sesta applicazione esemplificativa del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione (Fig. 10A), una vista frontale di tali due versioni alternative quando il processo elettrocromico è disabilitato (Fig. 10B), ed una vista frontale di tali due versioni alternative quando il processo elettrocromico è abilitato (Fig. 10C); e

la Figura 11 mostra schematicamente una vista frontale di uno specchietto retrovisore e di una terza forma di realizzazione del dispositivo

elettrocromico secondo l'invenzione applicabile allo specchietto retrovisore (Fig. 11A), una vista prospettica, con alcuni elementi nascosti visibili, della terza forma di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione, ed una vista frontale dello specchietto retrovisore cui è applicata la terza forma di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione quando il processo elettrocromico è disabilitato e quando il processo elettrocromico è abilitato (Fig. 11C).

Nelle Figure numeri di riferimento identici saranno utilizzati per elementi analoghi.

Il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione può essere realizzato in una qualsiasi delle summenzionate tre configurazioni di dispositivo elettrocromico (i.e. tipo 1, tipo 2 e tipo 3).

La Figura 3 mostra una prima forma di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione, realizzata secondo la configurazione a sandwich di tipo 3, avente una struttura sostanzialmente asimmetrica. La faccia esposta all'esterno del substrato trasparente posteriore 12a è ricoperta da ed accoppiata ad uno strato adesivo trasparente 11, in maniera tale da poter attaccare il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione ad un vetro, e.g. il vetro di una finestra. L'altra faccia del substrato posteriore 12a è accoppiata al conduttore elettronico trasparente 13a, a sua volta accoppiata allo strato elettrocromico attivo 14 (i.e. l'elettrodo di lavoro). Quest'ultimo è accoppiato allo strato di conduttore ionico 15 a sua volta accoppiato allo strato 16 che funge da riserva ionica (controlettrodo), il quale è spalmato sullo strato frontale 13 di conduttore elettronico trasparente realizzato attraverso il substrato trasparente frontale 12.

Il dispositivo di Figura 3 comprende uno o più accumulatori/batterie sottili 17, il cui numero dipende dai materiali elettrocromici usati per preparare il dispositivo e dalla sua applicazione finale. Gli accumulatori 17 forniscono l'energia necessaria per permettere al dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione di funzionare, cioè, per rendere possibile la reazione

elettrochimica (i.e. il processo elettrocromico) che permette di passare dallo stato trasparente a quello colorato in modo reversibile. Gli accumulatori 17 sono collegati agli elettrodi 12a e 13 tramite un interruttore 18 che accende (o spegne) il processo elettrocromico. L'interruttore 18 è collegato ad un'antenna 19 a strato sottile in grado di ricevere segnali trasmessi da un telecomando 20 azionato da un utilizzatore, i quali segnali controllano l'interruttore 18, così accendendo o spegnendo il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione da remoto. Preferibilmente, l'interruttore 18 e l'antenna 19 sono incorporati in un chip elettronico, eventualmente provvisto altresì di unità di elaborazione controllo (ed una unità di memoria) per la gestione del funzionamento del dispositivo, in particolare dell'interruttore 18 e dell'antenna 19. Nella forma di realizzazione mostrata in Figura 3, i componenti elettronici, i.e. gli accumulatori 17, l'interruttore 18 e l'antenna 19, sono interposti tra il controelettrodo 16 ed il conduttore elettronico trasparente frontale 13; tuttavia, si deve tenere presente che tali componenti elettronici possono essere posizionati tra due strati qualsiasi di quelli mostrati in Figura 3, ed ognuno può anche essere posizionato tra due strati differenti da quelli tra i quali sono posizionati gli altri, consentendo ancora al dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione di funzionare.

Altre forme di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione possono essere realizzate secondo la configurazione di tipo 1, per la quale è richiesto un numero inferiore di strati ed i materiali elettrocromici coinvolti nella reazione redox elettrocromica sono sciolti in un solvente od in una matrice polimerica trasparente. La Figura 4 mostra una seconda forma di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione, realizzata secondo tale configurazione di tipo 1, avente pure una struttura asimmetrica. Il dispositivo di Figura 4 comprende un substrato trasparente posteriore 22a, la cui faccia esposta all'esterno è ricoperta da ed accoppiata ad uno strato adesivo trasparente 21, mentre l'altra fac-

cia è accoppiata ad uno strato posteriore 23a di conduttore elettronico trasparente. Il substrato trasparente frontale 22 è accoppiato ad uno strato frontale 23a di conduttore elettronico trasparente adiacente allo strato elettrocromico 24 che contiene i materiali elettrocromici sciolti in un solvente od in una matrice polimerica; preferibilmente, lo strato elettrocromico 24 è realizzato mediante una matrice polimerica trasparente che permette lo svolgimento della reazione elettrochimica (processo elettrocromico). Anche il dispositivo di Figura 4 comprende uno o più accumulatori/batterie sottili 25, il cui numero dipende dai materiali elettrocromici usati e dall'applicazione finale, collegati agli elettrodi 22a e 23 tramite un interruttore 26, che accende (o spegne) il processo elettrocromico, a sua volta collegato ad un'antenna 27 a strato sottile in grado di ricevere segnali trasmessi da un telecomando 28 in grado di controllare il processo elettrocromico del dispositivo da remoto. Anche in questo caso, l'interruttore 18 e l'antenna 19 sono incorporati in un chip elettronico, eventualmente provvisto altresì di unità di elaborazione e memoria per la gestione del funzionamento del dispositivo. Nella forma di realizzazione mostrata in Figura 4, i componenti elettronici, i.e. gli accumulatori 25, l'interruttore 26 e l'antenna 27, sono interposti tra lo strato elettrocromico 24 ed il conduttore elettronico trasparente frontale 23; tuttavia, si deve tenere presente che tali componenti elettronici possono essere posizionati tra due strati qualsiasi di quelli mostrati in Figura 4, ed ognuno può anche essere posizionato tra due strati differenti da quelli tra i quali sono posizionati gli altri.

Per meglio comprendere la presente invenzione, nel seguito si descrivono a titolo esemplificativo, e non a titolo limitativo, alcune applicazioni e le relative modalità di funzionamento del dispositivo elettrocromico.

Un primo esempio riguarda l'applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione per ricoprire vetrate di edifici per ottenere un risparmio energetico fino al 30%. In Figura 5A sono mostrati schematicamente una finestra, avente un telaio 29 ed un vetro 30, ed un dispositivo

elettrocromico 31 secondo l'invenzione (che può indifferentemente essere quello di Figura 3 o quello di Figura 4), mostrato frontalmente, avente forma rettangolare. Il dispositivo 31, che è in grado di essere applicato per coprire i vetri 30 della finestra, comprende uno o più accumulatori/batterie sottili 32, l'interruttore 33, e l'antenna 34 a strato sottile. In Figura 5A è inoltre mostrato il telecomando 35. La Figura 5B mostra schematicamente quattro dispositivi elettrocromici 31 utilizzati per ricoprire la metà sinistra del vetro 30, in modo tale che i componenti elettronici siano sistemati in corrispondenza del telaio 29; in questo modo, il problema delle dimensioni, tipico della tecnologia elettrocromica, è superato attraverso l'utilizzo di una pluralità di dispositivi elettrocromici 31 in numero sufficiente a ricoprire i vetri 30 della finestra, indipendentemente dalla sua dimensione. In particolare, i dispositivi elettrocromici 31 sono attaccati al vetro 30 della finestra attraverso lo strato adesivo trasparente (11 o 21) presente sulla faccia esposta all'esterno del substrato trasparente posteriore (12a o 22a) del dispositivo elettrocromico 31. L'applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione sul vetro 30 della finestra può essere effettuato dall'utilizzatore senza il coinvolgimento di personale specializzato.

I vari dispositivi elettrocromici 31 della pluralità usata per ricoprire lo stesso vetro 30 sono sincronizzati e controllati attraverso lo stesso telecomando 35. In questo modo, quando l'utente attraverso il telecomando 35 accende i dispositivi elettrocromici 31, tutti tali dispositivi 31 cambiano simultaneamente dallo stato trasparente a quello colorato, funzionando come un solo dispositivo elettrocromico. La sincronizzazione avviene preferibilmente la prima volta che i dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione sono accesi quando i rispettivi chip (che incorporano interruttori ed antenne), a circa la stessa distanza dal telecomando 35, memorizzano lo stesso primo segnale inviato dal telecomando stesso. In questo modo, i dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione applicati al medesimo vetro 30 sono controllati solo attraverso il telecomando 35 appropriato.

Nel caso in cui i dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione siano quelli di tipo 3 di Figura 3, il vetro 30 cui sono applicati diventa colorato quando viene applicata la tensione degli accumulatori agli elettrodi, e rimane in tale stato, anche se la tensione viene rimossa, finché non viene applicata una tensione di segno opposto, che fa tornare il vetro allo stato trasparente; in tal caso, il telecomando può avere più dei due tasti esemplificativamente mostrati in Figura 5 e l'interruttore tramite il quale gli accumulatori vengono collegati agli elettrodi può essere un commutatore in grado di invertire la polarità della tensione applicata agli elettrodi. Diversamente, nel caso in cui i dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione siano quelli di tipo 1 di Figura 4, il vetro 30 cui sono applicati diventa colorato quando viene applicata la tensione degli accumulatori agli elettrodi, e torna spontaneamente allo stato trasparente non appena la tensione viene rimossa.

Alternativamente od aggiuntivamente al controllo tramite telecomando, i chip dei dispositivi 31 potrebbero altresì incorporare dei sensori di luminosità in grado di rilevare la luminosità esterna del sole che colpisce il vetro 30, in modo che una unità di elaborazione e controllo attivi automaticamente il processo elettrocromico, e dunque far passare i dispositivi dallo stato trasparente allo stato colorato, nel caso in cui la luminosità rilevata dai sensori sia superiore ad una soglia massima.

Nell'applicazione mostrata in Figura 5, i singoli dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione possono essere rimossi senza compromettere od intervenire sulle caratteristiche della finestra quale elemento strutturale dell'edificio. Analogamente, non essendo degli elementi strutturali dell'edificio, la installazione non richiede nessuna predisposizione dell'edificio dei dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione non richiede alcuna predisposizione dell'edificio. Inoltre, il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione, come descritto nell'esempio di Figura 5, può essere usato anche in applicazioni riguardanti la privacy dove è necessario avere

pareti con trasparenza variabile, come per esempio uffici open space e cabine doccia.

Come mostrato in Figura 6, un secondo esempio di applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione riguarda la sua applicazione nella parte superiore dei parabrezza di automobili, autobus, treni ed altri veicoli, per evitare che la luce solare abbagli i conducenti e gli altri passeggeri. Il primo vantaggio consiste nella possibilità propria dell'utente di scegliere se rendere il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione colorato o meno (a seconda delle necessità: soleggiato, nuvoloso, notte, gallerie ecc.) contrariamente a quanto accade con i parabrezza realizzati con la parte superiore colorata in maniera permanente. La Figura 6A mostra schematicamente un parabrezza, visto dall'interno del veicolo, comprendente un telaio 36 ed un vetro 37, e lo specchietto retrovisore interno, comprendente il rispettivo telaio 38 e lo specchio 39. Sono pure mostrati quattro dispositivi elettrocromici 40-43 secondo l'invenzione (che possono indifferentemente essere come quello di Figura 3 o come quello di Figura 4), ognuno comprendente uno o più accumulatori/batterie sottili 44, l'interruttore 45, e l'antenna 46 a strato sottile, inseriti nella struttura multistrato dei dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione. Ognuno dei dispositivi 40-43 è comandato attraverso un unico telecomando 47. Con riferimento alla Figura 6B, si può osservare che il parabrezza può essere equipaggiato nella parte superiore con i quattro dispositivi sagomati 40-43 di Figura 6A. In particolare, i dispositivi 40-43 sono attaccati al vetro 37 del parabrezza tramite i rispettivi strati adesivi trasparenti, in modo tale che i rispettivi componenti elettronici siano in corrispondenza del telaio 36 del parabrezza. Analogamente all'esempio di applicazione mostrato in Figura 5, tutti i dispositivi elettrocromici 40-43 applicati sul parabrezza sono sincronizzati e controllati simultaneamente dallo stesso telecomando 47, e pertanto essi si comportano come un componente elettrocromico unico; le loro modalità di funzionamento sono simili a quelle illustrate con riferimen-

to alla Figura 5. In particolare, i dispositivi 40-43 possono essere accesi attraverso il telecomando 47, passando così dallo stato trasparente a quello colorato, per proteggere conducente e passeggeri dai raggi del sole; rapidamente, disattivando la tensione applicata ai dispositivi 40-43 se questi sono di tipo 1 oppure applicando una tensione opposta se questi sono di tipo 3, la parte superiore del parabrezza ritorna trasparente.

Alternativamente od aggiuntivamente al controllo tramite telecomando, i chip dei dispositivi 40-43 potrebbero altresì incorporare dei sensori di luminosità in grado di rilevare la luminosità del sole (o di un abbagliamento che colpisce il parabrezza) in modo che una unità di elaborazione e controllo attivi automaticamente il processo elettrocromico, e dunque far passare i dispositivi dallo stato trasparente allo stato colorato, nel caso in cui la luminosità rilevata dai sensori sia superiore ad una soglia massima.

Come mostrato in Figura 7, un terzo esempio di applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione riguarda la sua applicazione come elemento per oscurare anche gli altri vetri presenti nei veicoli, come per esempio i vetri delle portiere posteriori, i tettucci e così via. La Figura 7A mostra un generico finestrino di una portiera posteriore di una automobile, avente una cornice 48 ed un vetro 49 (preferibilmente con posizione regolabile in direzione verticale), e quattro dispositivi elettrocromici 50-53 secondo l'invenzione di forma differente, ognuno provvisto di uno o più accumulatori/batterie sottili 54, l'interruttore 55, e l'antenna a strato sottile 56.

Come mostrato in Figura 7B, l'intero vetro 49 viene rivestito da sette dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione, che sono attaccati al vetro 49 tramite i rispettivi strati adesivi trasparenti: quattro di forma rettangolare 50 ed uno di ognuno degli altri tre dispositivi 51-53. Tutti i dispositivi che rivestono il vetro 49 sono controllabili da remoto attraverso il telecomando 57 in modo simile a quanto visto per l'applicazione mostrata in Fi-

gura 6; anche in questo caso, i dispositivi possono essere controllati, alternativamente od aggiuntivamente al telecomando 57, sulla base della rilevazione di luminosità effettuata da appositi sensori.

Come mostrato in Figura 8, un quarto esempio di applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione riguarda la sua applicazione per scopi decorativi. In questo caso, è sufficiente disegnare l'immagine decorativa desiderata sul conduttore elettronico trasparente presente su (almeno) uno dei due conduttori elettronici trasparenti che realizzano gli elettrodi del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione (che può indifferentemente essere quello di Figura 3 o quello di Figura 4). Per le forme di realizzazione dei dispositivi elettrocromici secondo l'invenzione costruiti secondo la configurazione di dispositivi elettrocromici di tipo 3, lo stesso risultato è raggiunto se lo strato elettrocromico è ottenuto realizzando i disegni desiderati. Nella Figura 8, è mostrata una forma di realizzazione in cui l'immagine desiderata è realizzata su uno dei due elettrodi del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione; in particolare, differenti metodi possono essere usati per rimuovere il conduttore elettronico trasparente in modo preciso per disegnare un'immagine su di esso, come per esempio un attacco chimico selettivo (etching chimico) e/o una litografia a fascio di elettroni (electron beam lithography).

La Figura 8A mostra due forme di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione in cui le medesime immagini (un sorriso, una stella ed un cuore) sono realizzate in due modi differenti sull'elettrodo trasparente frontale: mentre nell'elettrodo frontale 59 del dispositivo 58A il materiale del conduttore elettronico trasparente frontale è stato rimosso dall'interno delle immagini, nell'elettrodo frontale 59 del dispositivo 58B il materiale del conduttore elettronico trasparente frontale è stato rimosso dall'esterno delle immagini. Nel primo caso, il materiale del conduttore elettronico trasparente 59 si trova all'esterno delle immagini, mentre nel secondo caso si trova all'interno delle immagini. In entrambi i casi, il mate-

riale del conduttore elettronico trasparente frontale 59 è collegato ai componenti elettronici del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione (uno o più accumulatori/batterie sottili 60, l'interruttore 61, l'antenna a strato sottile 62) così da permettere l'applicazione della tensione necessaria affinché il processo elettrocromico avvenga quando il telecomando 63 viene azionato dall'utilizzatore per accendere il dispositivo, 58A o 58B. Nel caso del dispositivo 58B, il materiale del conduttore elettronico trasparente frontale 59, sagomato in conformità alle immagini decorative, è collegato ai componenti elettronici attraverso piste sub-micrometriche di materiale conduttore elettronico trasparente, preferibilmente di larghezza inferiore a $0,5\ \mu\text{m}$ in modo da non essere visibile da occhio umano; eventualmente, ogni porzione del conduttore elettronico trasparente frontale 59 corrispondente ad una immagine decorativa può essere collegata alle altre e/o ai componenti elettronici tramite una pluralità di piste sub-micrometriche, per assicurare un efficiente collegamento.

La Figura 8B mostra che i dispositivi elettrocromici 58A e 58B, quando sono spenti (i.e. non è attivo il processo elettrocromico), non mostrano alcuna differenza apprezzabile dall'utente finale. Diversamente, la Figura 8C mostra i dispositivi elettrocromici 58A e 58B quando sono accesi attraverso il telecomando 63, in cui nel primo le immagini sono trasparenti su fondo colorato, mentre nel secondo le immagini sono colorate su fondo trasparente.

Come mostrato in Figura 9, un quinto esempio di applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione riguarda la sua applicazione come segnale stradale, segnale temporaneo, o pannello di avvertimento. L'indicazione è ottenuta tramite una immagine ricavata in modo simile a quanto illustrato per le immagini di Figura 8, ovvero sagomando (almeno) uno dei due elettrodi del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione (che può indifferentemente essere quello di Figura 3 o quello di Figura 4), oppure, nel caso di dispositivi elettrocromici di tipo 3, realiz-

zando i disegni desiderati sullo strato elettrocromico.

Come mostrato in Figura 10, un sesto esempio di applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione riguarda la sua applicazione come visualizzatore o display. Per questa applicazione, su (almeno) uno dei due conduttori elettronici trasparenti che realizzano gli elettrodi del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione (che può indifferentemente essere quello di Figura 3 o quello di Figura 4) deve essere realizzata una matrice bidimensionale: a ciascuna intersezione corrisponde un pixel. La distanza minima tra due pixel corrisponde alla risoluzione dello schermo. Per il dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione con la configurazione di tipo 3, ciò è ottenibile anche se la matrice è realizzata nello strato elettrocromico. Molti metodi possono essere usati per rimuovere in maniera precisa i materiali conduttori trasparenti dall'elettrodo, in modo da disegnare una griglia bidimensionale di pixel, e.g. etching e/o litografia a fascio di elettroni. La Figura 10 mostra due forme di realizzazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione, rispettivamente 70A e 70B, i cui strati trasparenti conduttori sono stati trattati per ottenere una griglia di pixel (la scala del disegno di Figura 10 è stata ingrandita per una migliore comprensione delle figure), ogni pixel essendo rappresentato da un cerchio: nel dispositivo 70A, il materiale conduttore elettronico trasparente 71 è stato rimosso intorno al pixel (cerchio); nel dispositivo 70B, il materiale conduttore elettronico trasparente è stato rimosso dall'interno del pixel (cerchio). Quindi, nel dispositivo 70A i pixel sono la parte elettrocromica attiva del display, mentre nel dispositivo 70B la reazione elettrocromica avviene nelle zone che circondano i pixel (i cerchi). In tal modo, accendendo un pixel nel dispositivo 70A è necessario fornire tensione solo all'area del pixel, mentre nel dispositivo 70B è necessario fornire tensione simultaneamente alle quattro aree che circondano il pixel.

In entrambi i casi, il materiale conduttore trasparente è connesso ai componenti elettronici (batterie 72, interruttore 73, antenna a strato sottile

74) del dispositivo elettrocromico, 70A o 70B, mediante linee sub-micrometriche di materiale di conduttore elettronico trasparente che permette di fornire la tensione necessario a sostenere il processo elettrocromico. Ciascun pixel nel caso del dispositivo 70A e ciascun insieme di quattro aree che circondano il pixel nel dispositivo 70B sono singolarmente controllati dal chip che incorpora il rispettivo interruttore 73 e la rispettiva antenna 74 a strato sottile; in particolare, il pilotaggio dei singoli pixel avviene in modo simile ai display convenzionali e l'interruttore 73 è preferibilmente sostituito da uno o più multiplexer. Preferibilmente, il controllo di ciascuna area attiva è operata da un computer 75 che comunica col display mediante tecnologia wireless.

In Figura 10B mostra che i dispositivi elettrocromici 70A e 70B, quando sono spenti (i.e. non è attivo il processo elettrocromico), non mostrano alcuna differenza apprezzabile dall'utente finale. Diversamente, la Figura 10C mostra i dispositivi elettrocromici 70A e 70B attivati per visualizzare, a titolo esemplificativo, delle lettere; si deve comprendere che i dispositivi elettrocromici 70A e 70B possono essere usati, a seconda della risoluzione, come normali monitor a cristalli liquidi. Nel caso in cui i dispositivi 70A e 70B siano di tipo 3, una volta che sono nello stato colorato, vi rimangono, mostrando memoria ottica, finché non viene applicata una tensione opposta. Al contrario, nel caso in cui i dispositivi 70A e 70B siano di tipo 1, una volta che è rimossa la tensione di accensione, necessaria alla transizione dallo stato trasparente a quello colorato, essi ritornano spontaneamente allo stato trasparente.

L'uso del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione nel campo dei display è particolarmente vantaggioso perché non richiede una retro illuminazione, ma utilizza solo la luce esterna.

Come mostrato in Figura 11, un settimo esempio di applicazione del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione riguarda la sua applicazione agli specchi retrovisori dei veicoli quale elemento aggiuntivo, non

strutturale. Il processo elettrocromico è attivato dal fascio di luce abbagliante proveniente dal veicolo che viaggia dietro a quello dotato del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione, e si inverte spontaneamente quando il fascio abbagliante viene abbassato.

I mezzi di controllo nel dispositivo elettrocromico 78 di Figura 11 comprende un sensore 81 di luminosità (e.g. un fotodiodo) sensibile all'eventuale fascio abbagliante che viene dal veicolo che viaggia dietro. Il dispositivo elettrocromico di Figura 11 comprende un telaio vuoto 77, preferibilmente di plastica, atto a calzare perfettamente lo specchio retrovisore 76 su cui deve essere montato. Dentro il telaio 77, nella parte vuota (la cavità) sono inseriti i componenti elettronici del dispositivo: uno o più accumulatori/batterie sottili 79, l'interruttore 80 ed il sensore 81 di luminosità. Il materiale (preferibilmente plastica) che copre il sensore 81 di luminosità è forata, in modo che la luce arrivi al sensore 81. La parte del dispositivo 78 destinata a coprire la zona riflettente dello specchio retrovisore 76 è fatta come precedentemente descritto con riferimento alla Figura 3 o alla Figura 4 e risulta perfettamente aderente allo specchio retrovisore 76 del veicolo.

In Figura 11A sono mostrati un generico esempio di specchio retrovisore 76, il telaio vuoto 77, in cui sono alloggiati i componenti elettronici, ed il dispositivo elettrocromico 78. La Figura 11B mostra il telaio vuoto 77, che è dotato di ganci di fissaggio (non mostrati) allo specchio retrovisore 76, ed una vista prospettica in cui sono visibili gli alloggiamenti delle componenti elettroniche nel telaio vuoto 77 e del dispositivo elettrocromico 78.

La Figura 11C mostra il dispositivo installato sullo specchio retrovisore 76 nello stato spento (in alto), in cui risulta trasparente, e nello stato acceso (in basso) per effetto di un fascio abbagliante che arriva dal veicolo che viaggia dietro; in questo ultimo caso, l'uso del dispositivo elettrocromico secondo l'invenzione consente allo specchio retrovisore di non riflettere il fascio che acceca il guidatore e gli eventuali passeggeri presen-

ti nel veicolo che ne è provvisto, migliorando la sicurezza alla guida. Quando il fascio abbagliante che arriva dal veicolo che viaggia dietro viene rimosso, il dispositivo elettrocromico 78 torna spontaneamente allo stato spento, tornando trasparente.

In quel che precede sono state descritte le preferite forme di realizzazione e sono state suggerite delle varianti della presente invenzione, ma è da intendersi che gli esperti del ramo potranno apportare modificazioni e cambiamenti senza con ciò uscire dal relativo ambito di protezione, come definito dalle rivendicazioni allegate.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo elettrocromico comprendente una pluralità di strati comprendenti un substrato trasparente posteriore (12a; 22a), adiacente ad uno strato posteriore (13a; 23a) di conduttore elettronico trasparente, adiacente ad un insieme elettrocromico di uno o più strati elettrocromici (14, 15, 16; 24), adiacente ad uno strato frontale (13; 23) di conduttore elettronico trasparente, adiacente ad un substrato trasparente frontale (12; 22), detto insieme elettrocromico essendo atto a sviluppare un processo elettrocromico per cui almeno una porzione di detto insieme elettrocromico commuta tra uno stato trasparente ed uno stato colorato, il dispositivo essendo caratterizzato dal fatto di comprendere altresì una o più batterie sottili (17; 25), interposte tra due strati di detta pluralità di strati, e mezzi elettronici (18, 19; 26, 27) a strato sottile di controllo a commutazione, comprendenti uno o più componenti elettronici ognuno dei quali è interposto tra due strati di detta pluralità di strati, detti mezzi (18, 19; 26, 27) di controllo a strato sottile essendo elettricamente connessi a dette una o più batterie sottili (17; 25) ed ai conduttori elettronici trasparenti posteriore (13a; 23a) e frontale (13; 23) in modo tale da essere atti a controllare un collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili (17; 25) ed i conduttori elettronici trasparenti posteriore (13a; 23a) e frontale (13; 23) per abilitare e/o disabilitare detto processo elettrocromico; dove detti mezzi elettronici (18, 19, 26, 27) a strato sottile di controllo e dette una o più batterie sottili (17, 25) sono interposti in corrispondenza di una regione lungo il bordo esterno di detti due strati di detta pluralità di strati.

2. Dispositivo elettrocromico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di controllo a strato sottile comprendono mezzi commutatori (18; 26), preferibilmente comprendenti almeno un interruttore e/o almeno un multiplexer.

3. Dispositivo elettrocromico secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di controllo a strato sottile comprendono

mezzi (19; 27) ad antenna ricevente, atti a ricevere segnali di controllo da almeno un telecomando commutatori (20; 28) sulla base dei quali detti mezzi di controllo a strato sottile controllano il collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili (17; 25) ed i conduttori elettronici trasparenti posteriore (13a; 23a) e frontale (13; 23).

4. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di controllo a strato sottile comprendono almeno un sensore (81) di luminosità, preferibilmente un fotodiodo, atto a rilevare una luminosità sulla base della quale detti mezzi di controllo a strato sottile controllano il collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili (17; 25) ed i conduttori elettronici trasparenti posteriore (13a; 23a) e frontale (13; 23).

5. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detti uno o più componenti elettronici di detti mezzi elettronici (18, 19; 26, 27) a strato sottile di controllo a commutazione sono incorporati in chip.

6. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che dette una o più batterie sottili (17; 25) e detti uno o più componenti elettronici di detti mezzi elettronici (18, 19; 26, 27) a strato sottile sono tutti interposti tra gli stessi due strati di detta pluralità di strati.

7. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che almeno una porzione di almeno uno tra lo strato posteriore (13a; 23a) di conduttore elettronico trasparente e lo strato frontale (13; 23) di conduttore elettronico trasparente è sagomata secondo una matrice bidimensionale comprendente una pluralità di pixel, detti pixel essendo collegati a detti mezzi (18, 19; 26, 27) di controllo a strato sottile tramite una pluralità di piste sub-micrometriche, detti mezzi (18, 19; 26, 27) di controllo a strato sottile controllando il collegamento elettrico tra dette una o più batterie sottili (17; 25) ed i conduttori elettronici

trasparenti posteriore (13a; 23a) e frontale (13; 23) in modo tale da far funzionare almeno una porzione del dispositivo elettrocromico come un display.

8. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che almeno una porzione di almeno uno tra lo strato posteriore (13a; 23a) di conduttore elettronico trasparente e lo strato frontale (13; 23) di conduttore elettronico trasparente è sagomata secondo almeno un disegno, detto almeno un disegno essendo collegato a detti mezzi (18, 19; 26, 27) di controllo a strato sottile tramite una o più piste sub-micrometriche.

9. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto di comprendere altresì mezzi di fissaggio planari (11; 21) adiacenti al substrato trasparente posteriore (12a; 22a), detti mezzi di fissaggio planari preferibilmente comprendendo o consistendo di uno strato adesivo trasparente (11; 21), detti mezzi di fissaggio planari (11; 21) facendo parte di detta pluralità di strati, per cui il dispositivo elettrocromico è accoppiabile mediante detti mezzi di fissaggio planari (11; 21) ad una struttura selezionata dal gruppo comprendente un vetro (30; 37; 49) ed uno specchio (76).

10. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto di comprendere altresì un telaio (77) di alloggiamento di una struttura esterna, preferibilmente comprendente una superficie riflettente, più preferibilmente uno specchio retrovisore (76), per cui il dispositivo elettrocromico è montabile su detta struttura esterna.

11. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detto insieme elettrocromico comprende tre strati elettrocromici tra loro adiacenti nell'ordine seguente:

- uno strato elettrocromico attivo (14) operante quale elettrodo di la-

voro,

- uno strato di conduttore ionico (15), ed
- uno strato (16) di riserva ionica operante quale contro elettrodo.

12. Dispositivo elettrocromico secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che almeno una porzione di almeno uno dei tre strati elettrocromici di detto insieme elettrocromico è sagomata secondo una matrice bidimensionale comprendente una pluralità di pixel e/o secondo almeno un disegno.

13. Dispositivo elettrocromico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 10, caratterizzato dal fatto che detto insieme elettrocromico comprende o consiste di uno strato elettrocromico (24) che contiene materiali elettrocromici sciolti in un solvente od in una matrice polimerica.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

CLAIMS

1. Electrochromic device comprising a plurality of layers comprising a transparent rear substrate (12a; 22a), adjacent to a rear transparent electronic conducting layer (13a; 23a), adjacent to an electrochromic set of one or more electrochromic layers (14, 15, 16; 24), adjacent to a front transparent electronic conducting layer (13; 23), adjacent to a transparent front substrate (12; 22), said electrochromic set being capable to develop an electrochromic process whereby at least one portion of said electrochromic set switches between a transparent state and a coloured state, the device being characterised in that it further comprises one or more thin batteries (17; 25), interposed between two layers of said plurality of layers, and thin layer control switching electronic means (18, 19; 26, 27), comprising one or more electronic components each one of which is interposed between two layers of said plurality of layers, said thin layer control means (18, 19; 26, 27) being electrically connected to said one or more thin batteries (17; 25) and to the rear and front transparent electronic conductors (13a; 23a; 13; 23) so as to be capable to control an electrical connection between said one or more thin batteries (17; 25) and the rear and front transparent electronic conductors (13a; 23a; 13; 23) for enabling and/or disabling said electrochromic process.

2. Electrochromic device according to claim 1, characterised in that said thin layer control means comprises switching means (18; 26), preferably comprising at least one switch and/or at least one multiplexer.

3. Electrochromic device according to claim 1 or 2, characterised in that said thin layer control means comprises receiving antenna means (19; 27), capable to receive control signals from at least one remote switch control (20; 28) on the basis of which said thin layer control means controls the electrical connection between said one or more thin batteries (17; 25) and the rear and front transparent electronic conductors (13a; 23a; 13; 23).

4. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that said thin layer control means comprises at least one light sensor (81), preferably a photodiode, capable to sense a luminosity on the basis of which said thin layer control means controls the electrical connection between said one or more thin batteries (17; 25) and the rear and front transparent electronic conductors (13a; 23a; 13; 23).

5. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that said one or more electronic components of said thin layer control switching electronic means (18, 19; 26, 27) are incorporated on chip.

6. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that said one or more thin batteries (17; 25) and said one or more electronic components of said thin layer electronic means (18, 19; 26, 27) are all interposed between the same two layers of said plurality of layers.

7. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that at least one portion of at least one of the rear transparent electronic conducting layer (13a; 23a) and front transparent electronic conducting layer (13; 23) is shaped according to a two-dimensional array comprising a plurality of pixels, said pixels being connected to said thin layer control means (18, 19; 26, 27) through a plurality of sub-micron tracks, said thin layer control means (18, 19; 26, 27) controlling the electrical connection between said one or more thin batteries (17; 25) and the rear and front transparent electronic conductors (13a; 23a; 13; 23) so as to make at least one portion of the electrochromic device operate as a display.

8. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that at least one portion of at least one of the rear transparent electronic conducting layer (13a; 23a) and front transparent electronic conducting layer (13; 23) is shaped according to at least one

pattern, said at least one pattern being connected to said thin layer control means (18, 19; 26, 27) through one or more sub-micron tracks.

9. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that it further comprises planar attaching means (11; 21) adjacent to the transparent rear substrate (12a; 22a), said planar attaching means preferably comprising or consisting of a transparent adhesive layer (11; 21), said planar attaching means (11; 21) being part of said plurality of layers, whereby the electrochromic device may be coupled through said planar attaching means (11; 21) to a structure selected from the group comprising a glass (30; 37; 49) and a mirror (76).

10. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that it further comprises a frame (77) for housing an external structure, preferably comprising a reflecting surface, more preferably a rear-view mirror (76), whereby the electrochromic device is mountable on said external structure.

11. Electrochromic device according to any one of the preceding claims, characterised in that said electrochromic set comprises three electrochromic layers adjacent to each other in the following order:

- an active electrochromic layer (14) operating as working electrode,
- a layer of ionic conductor (15), and
- a ionic reservoir layer (16) operating as counter electrode.

12. Electrochromic device according to claim 11, characterised in that at least one portion of at least one of the three electrochromic layers of said electrochromic set is shaped according to a two-dimensional array comprising a plurality of pixel and/or according to at least one pattern.

13. Electrochromic device according to any one of the claims 1 to 10, characterised in that said electrochromic set comprises or consists of an electrochromic layer (24) containing electrochromic materials dissolved in a solvent or in a polymeric array.

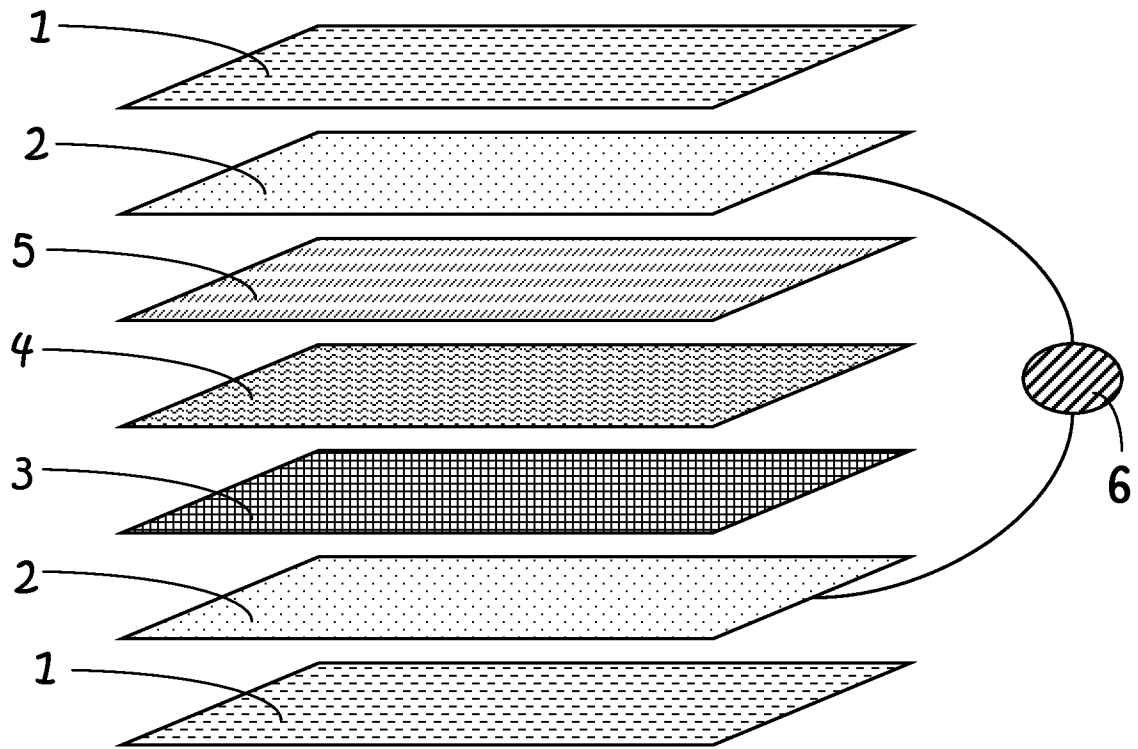


FIG. 1

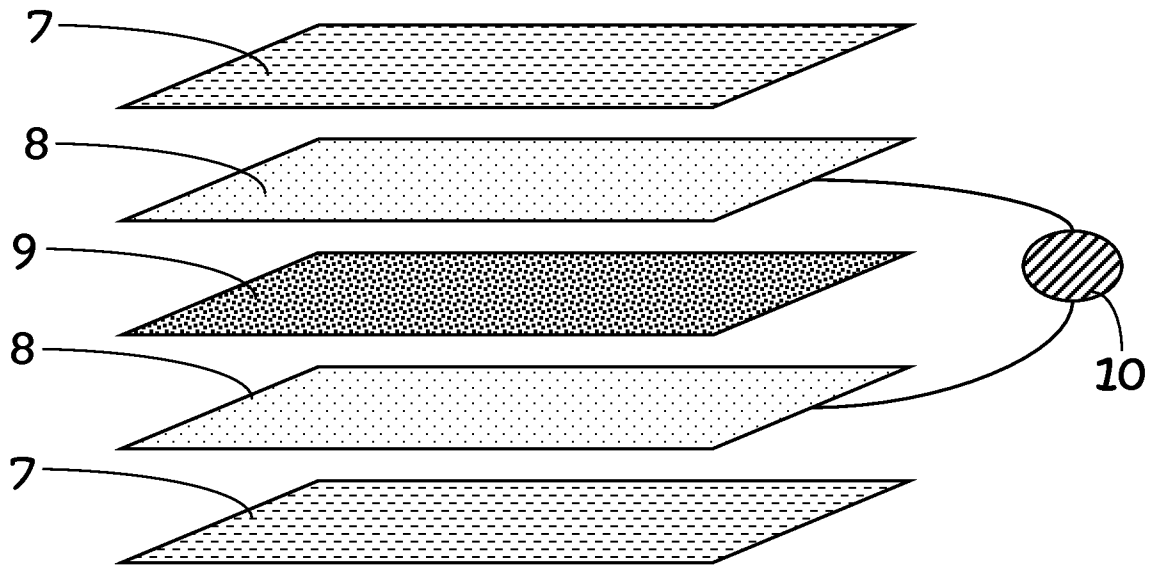


FIG. 2

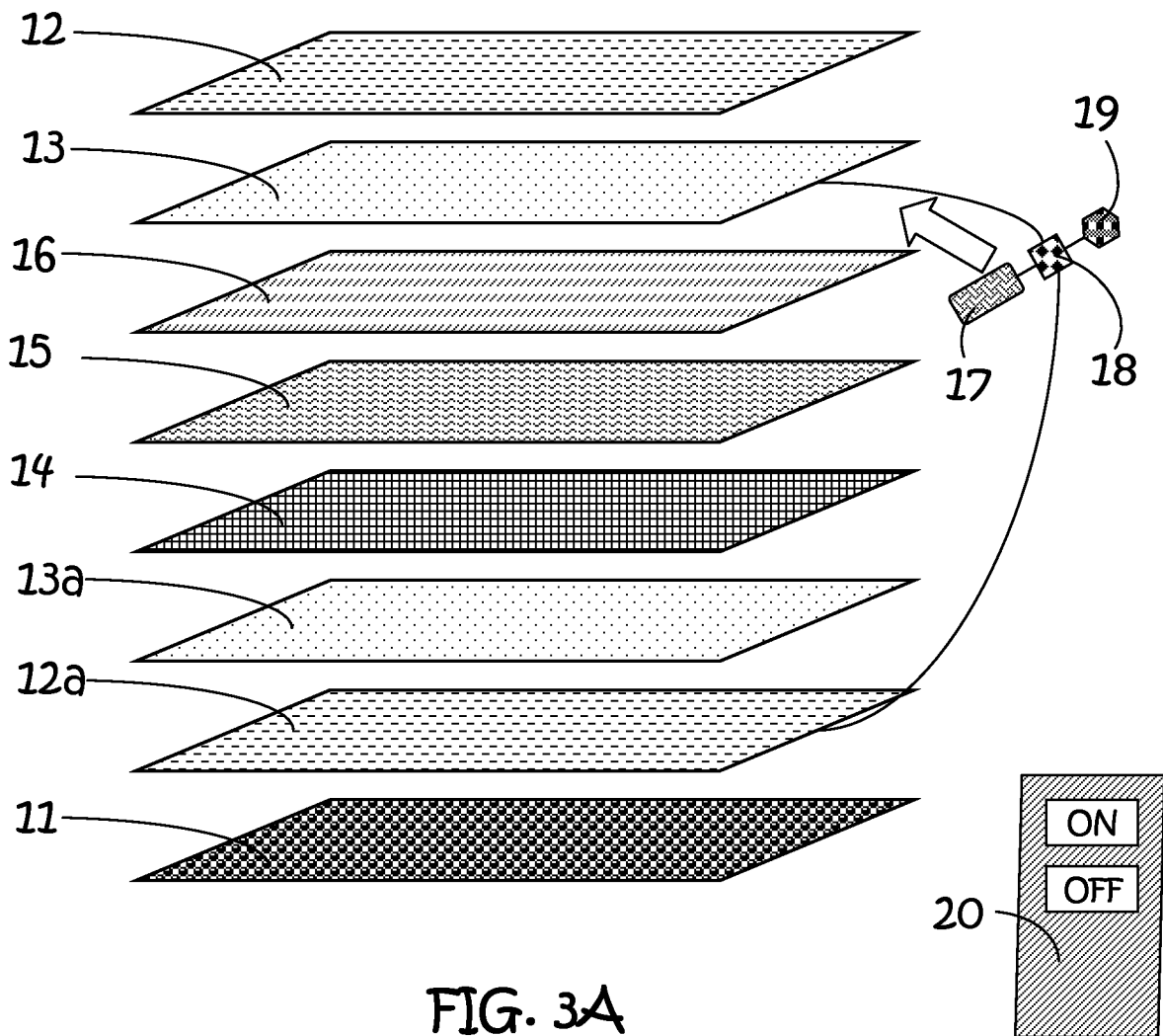


FIG. 3A

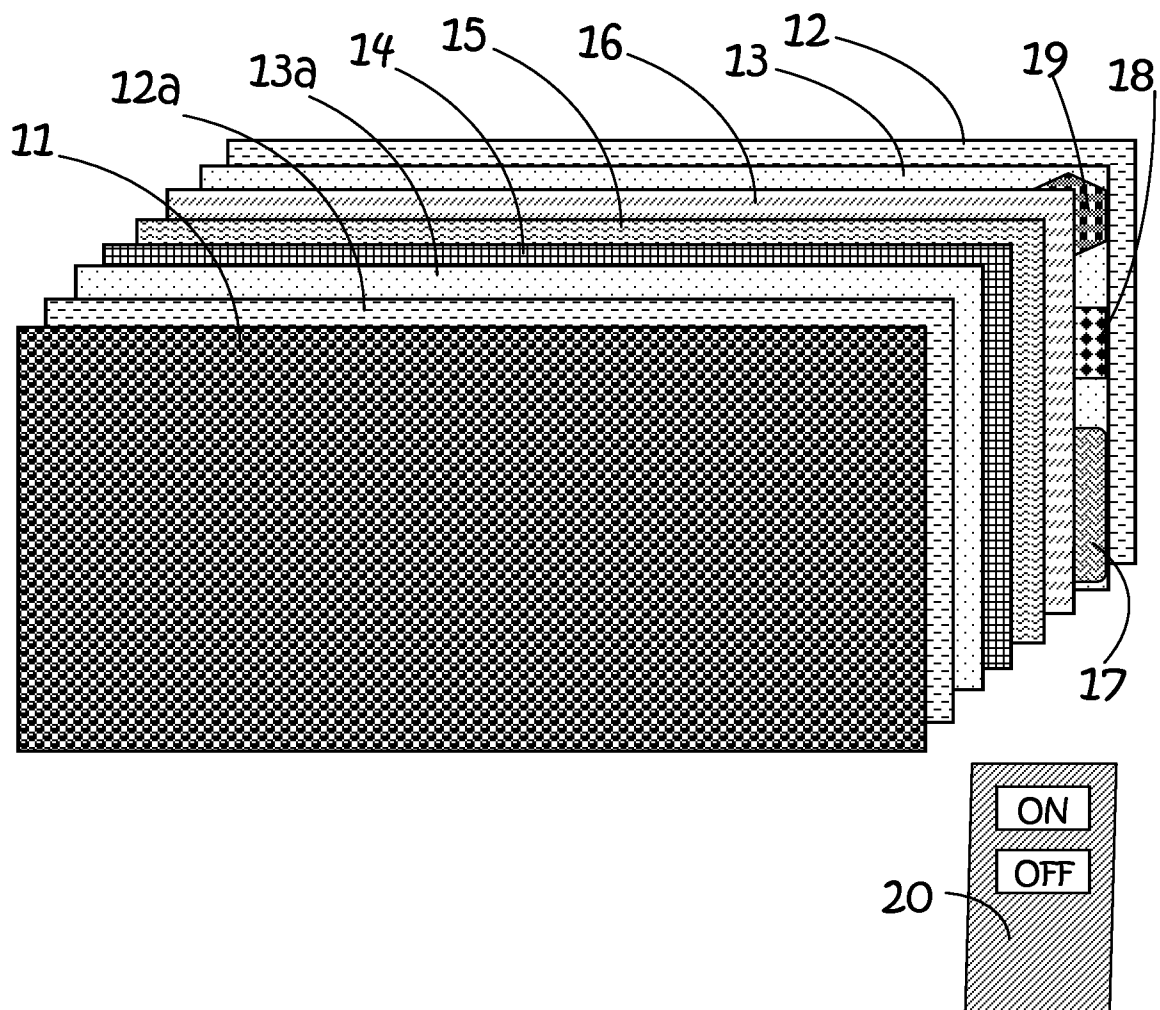
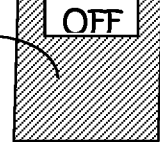
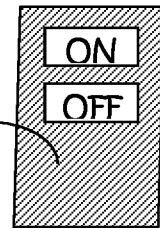
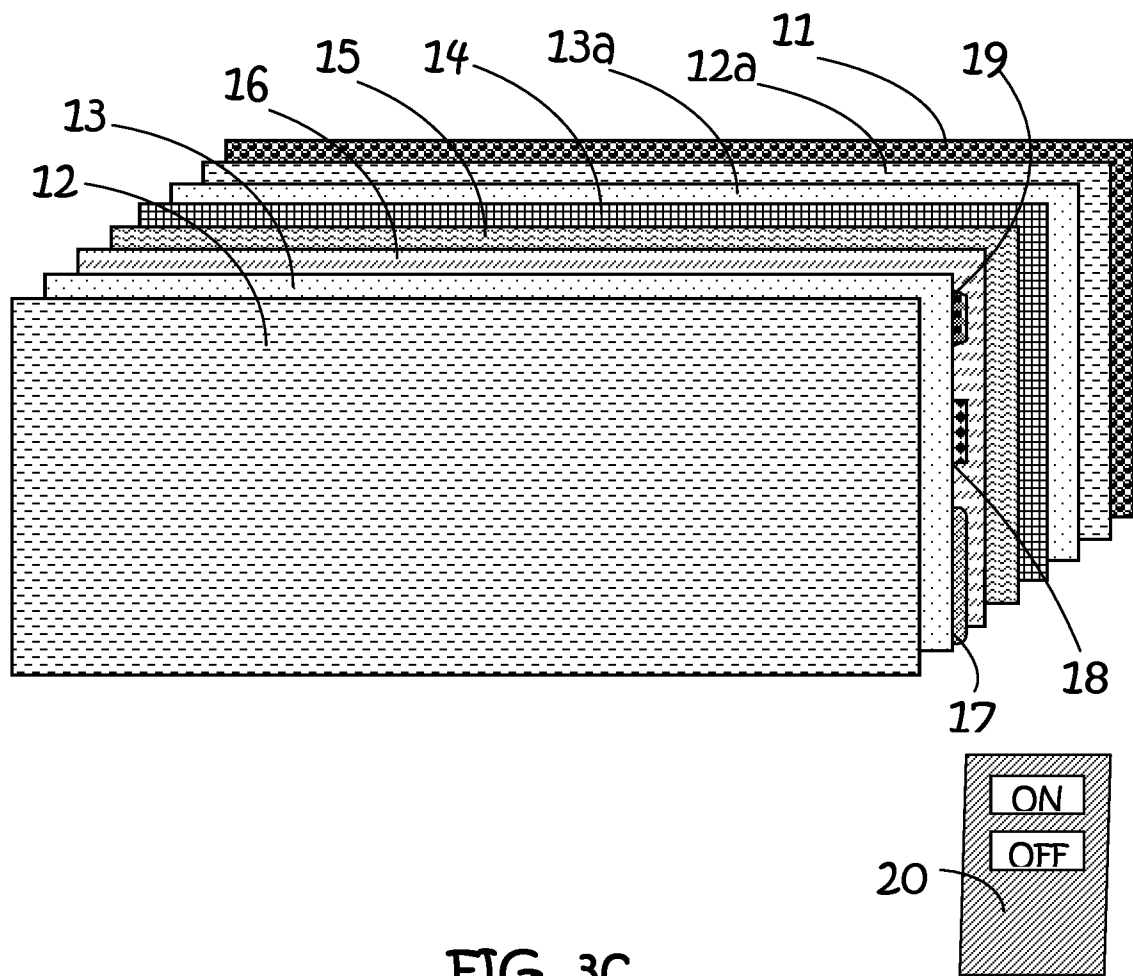


FIG. 3B



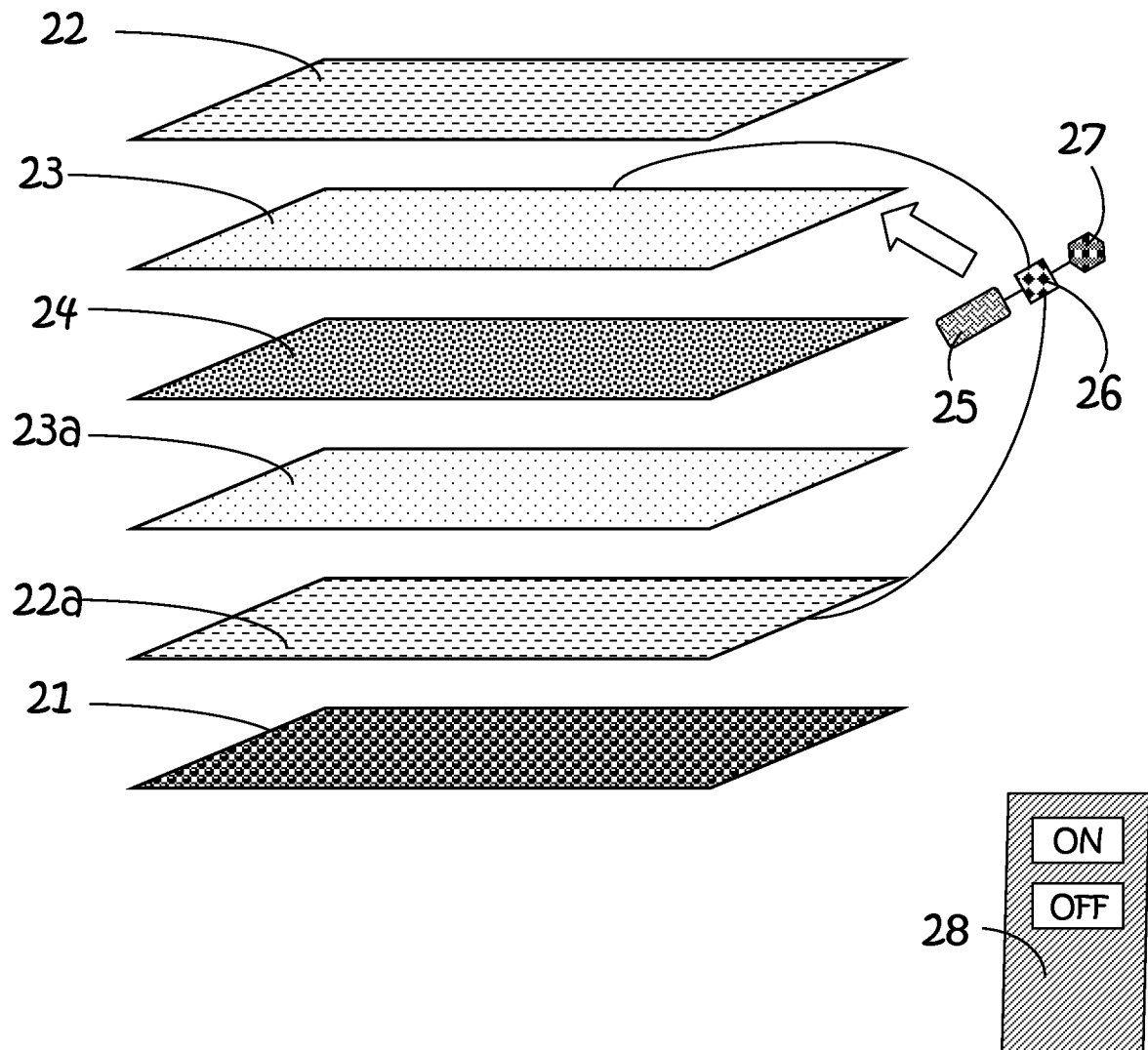


FIG. 4A

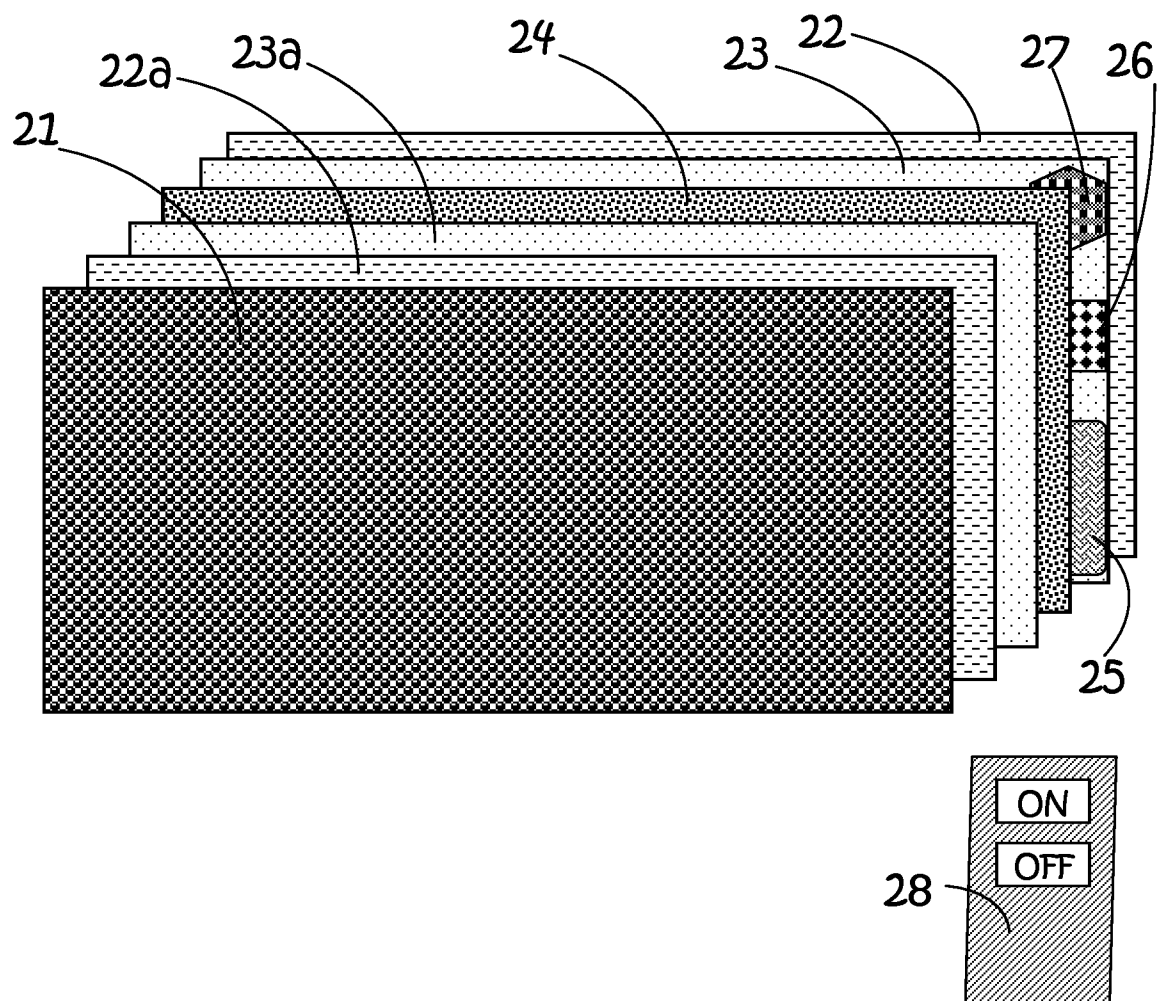
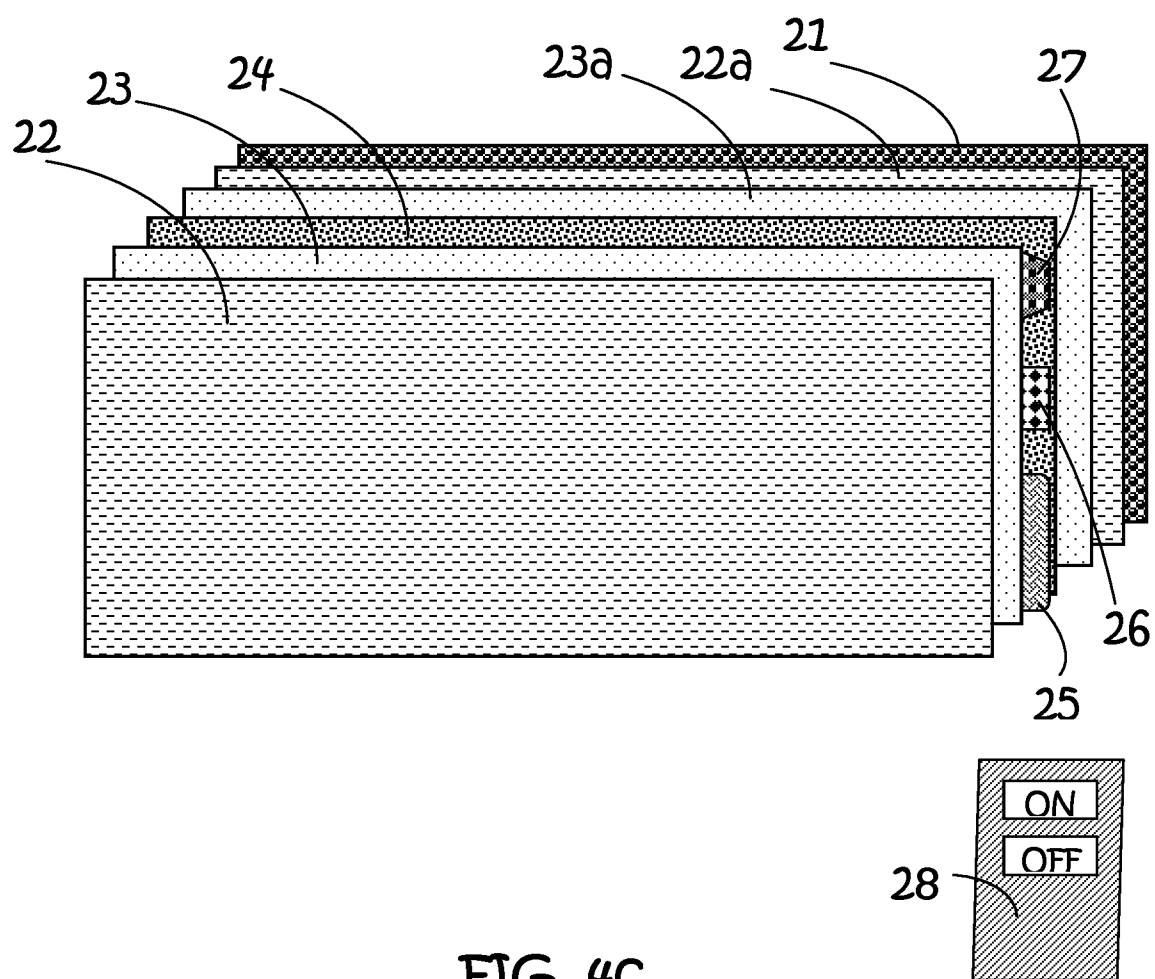
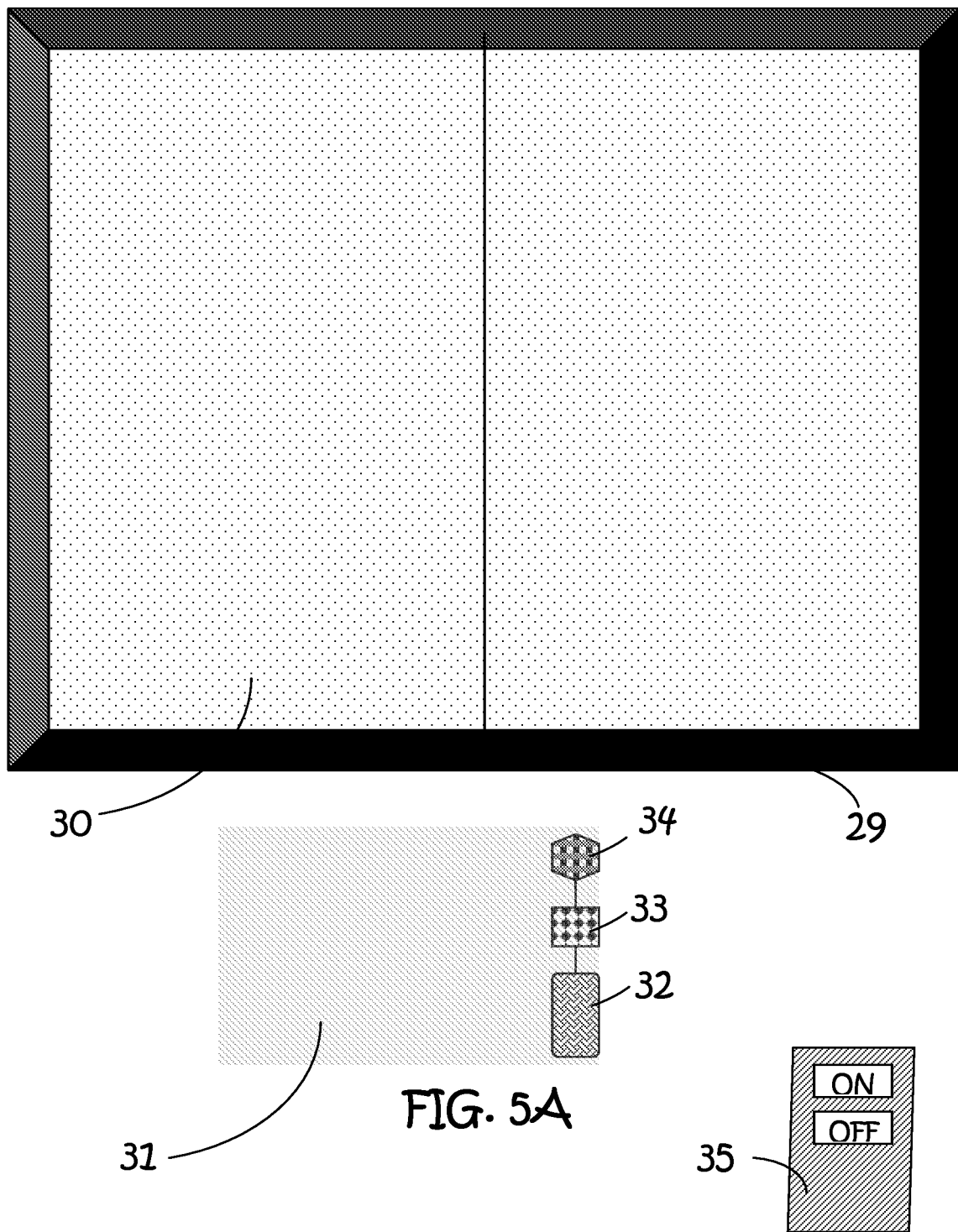


FIG. 4B





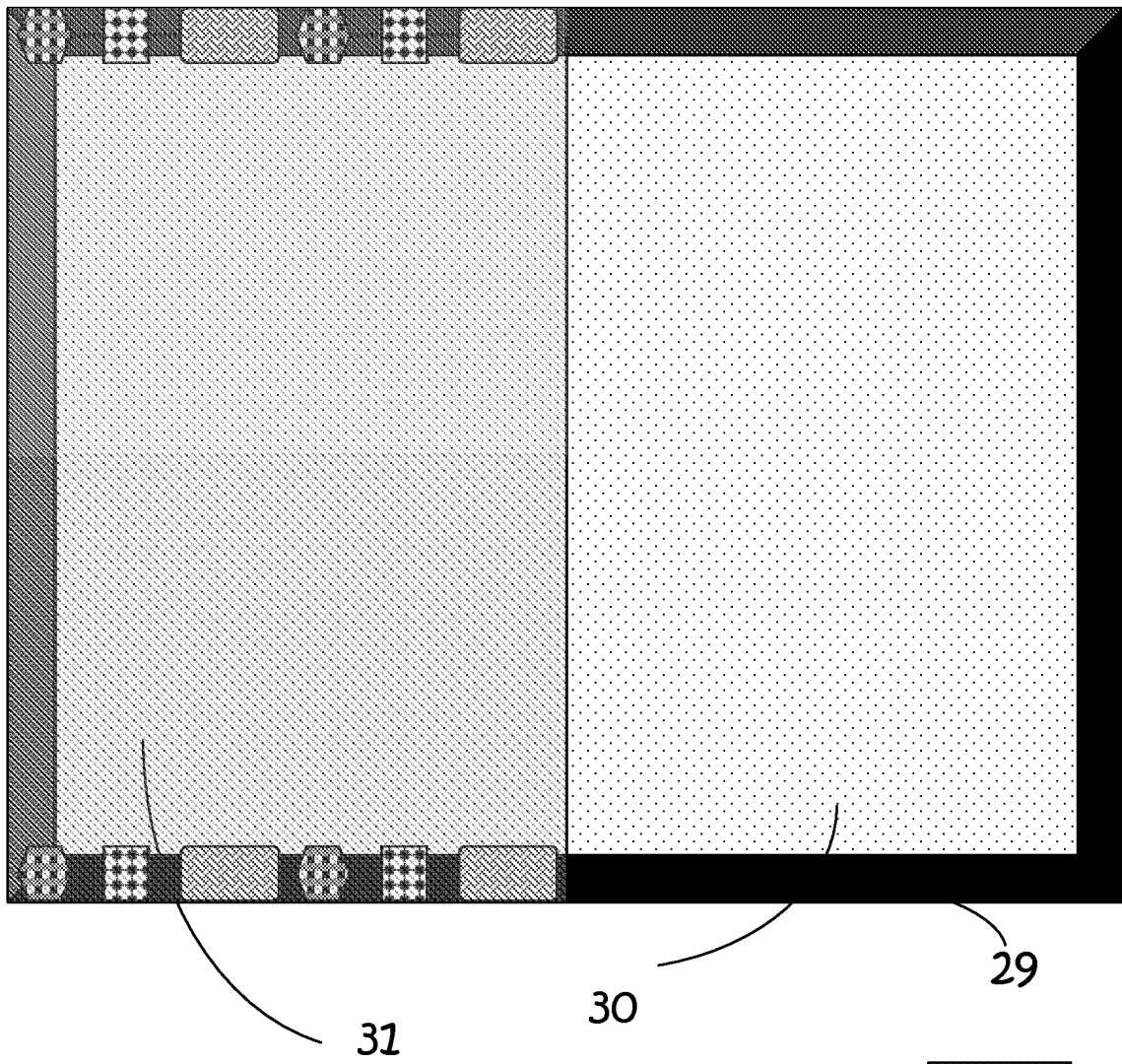


FIG. 5B

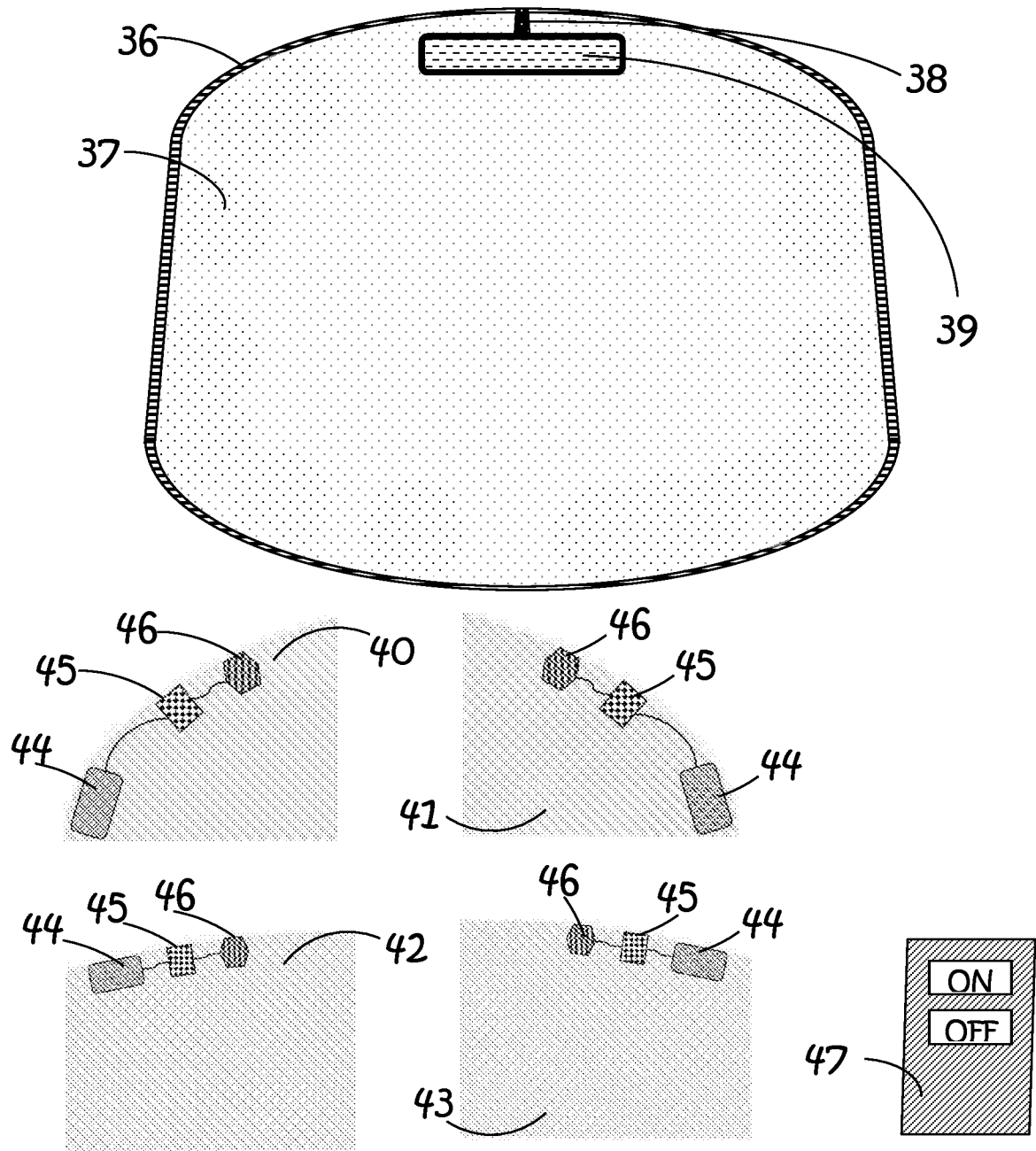


FIG. 6A

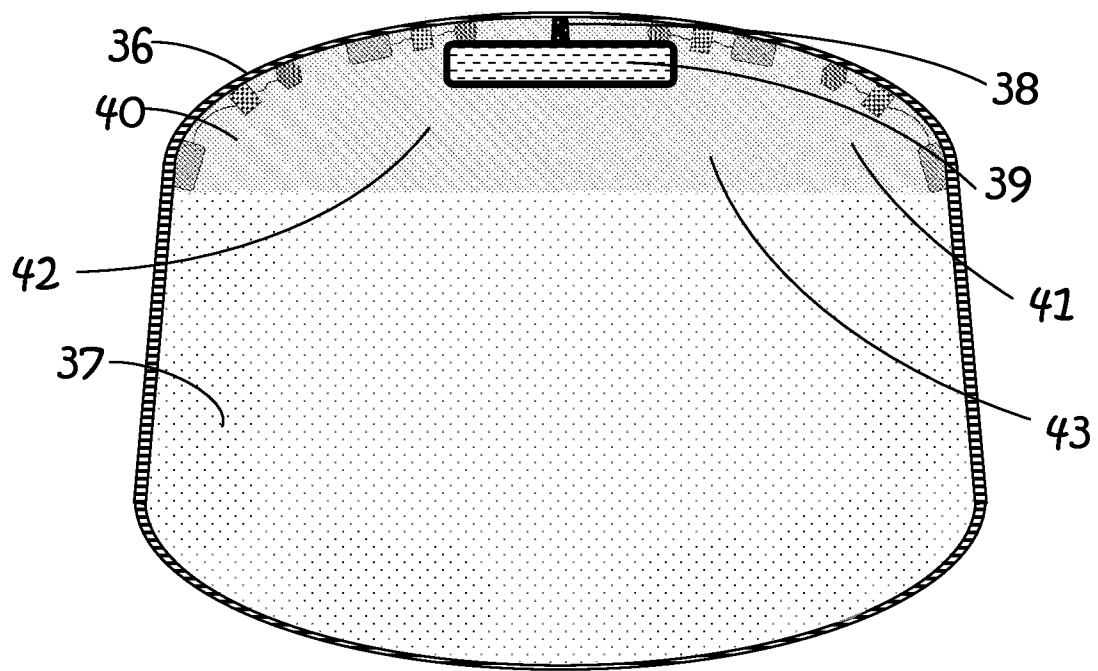
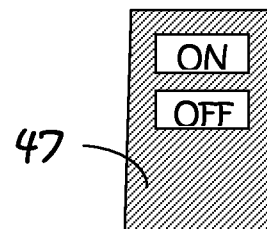


FIG. 6B



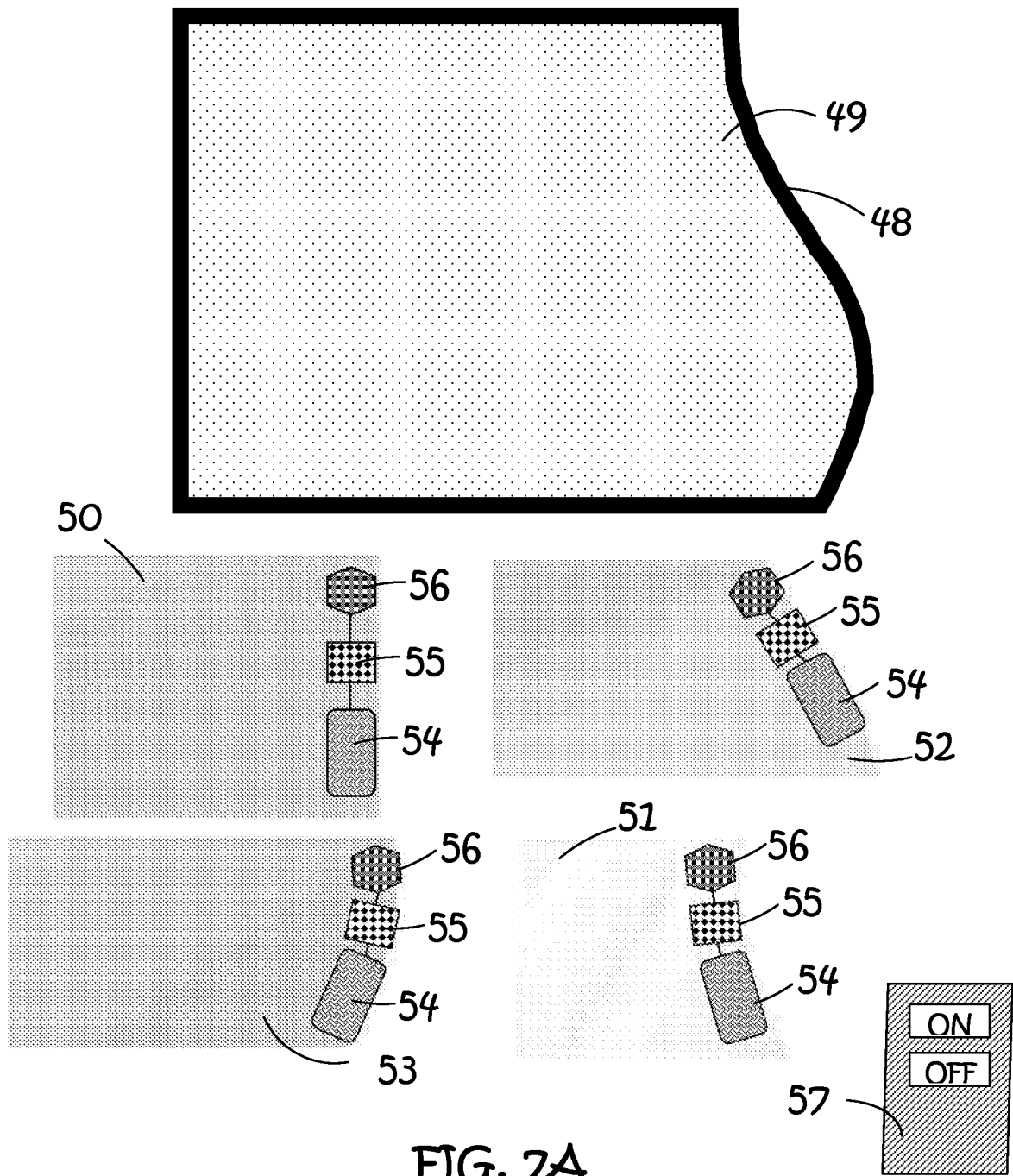


FIG. 7A

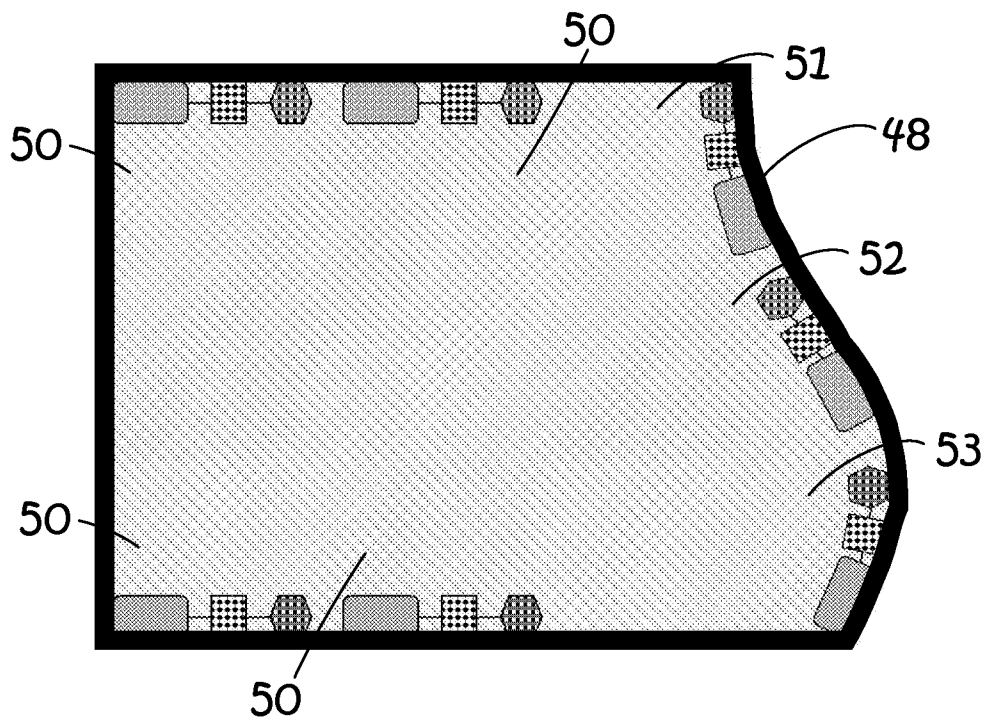
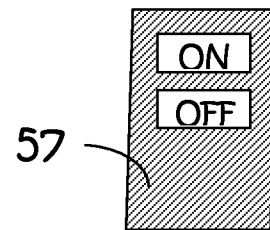
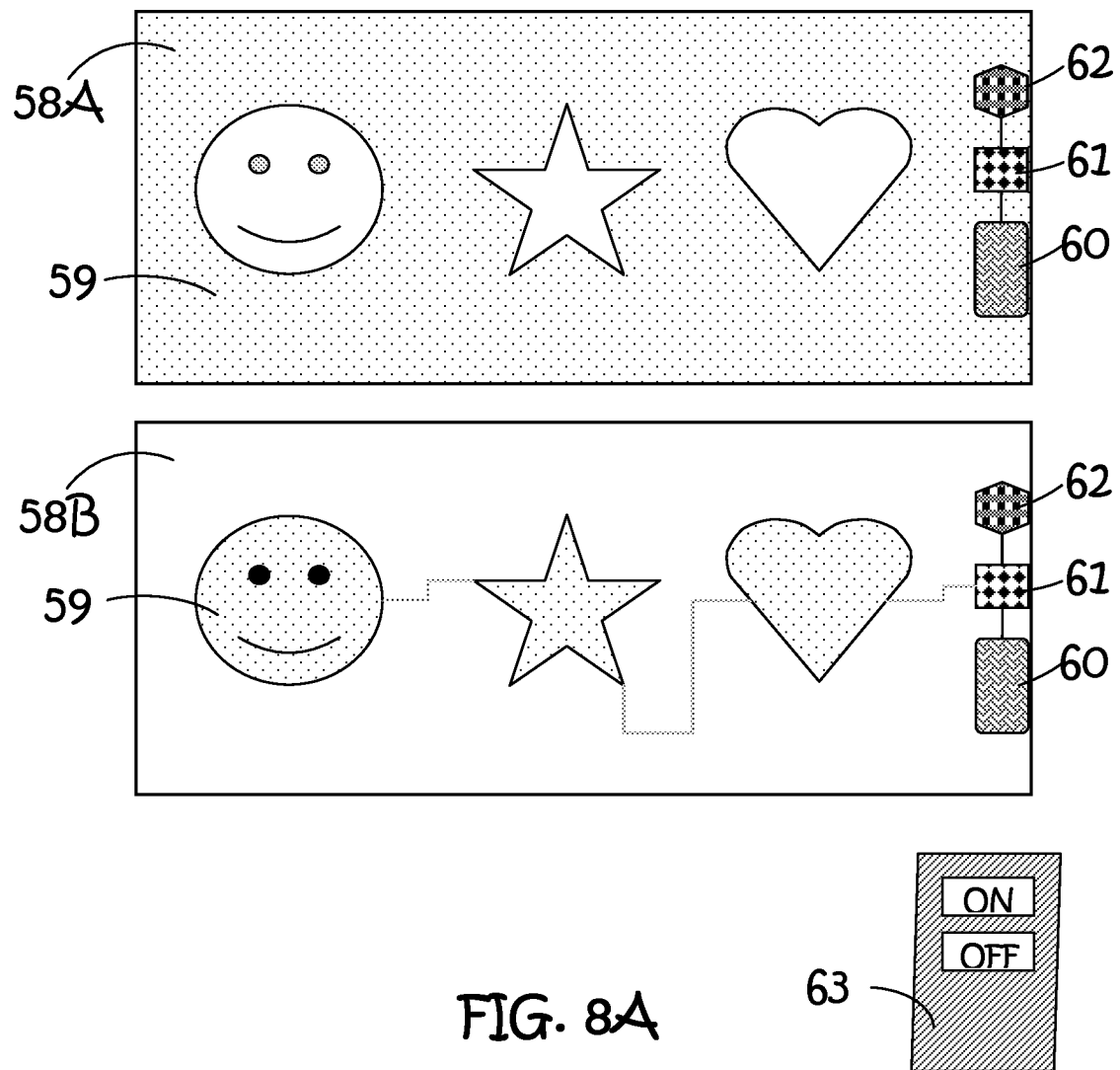


FIG. 7B





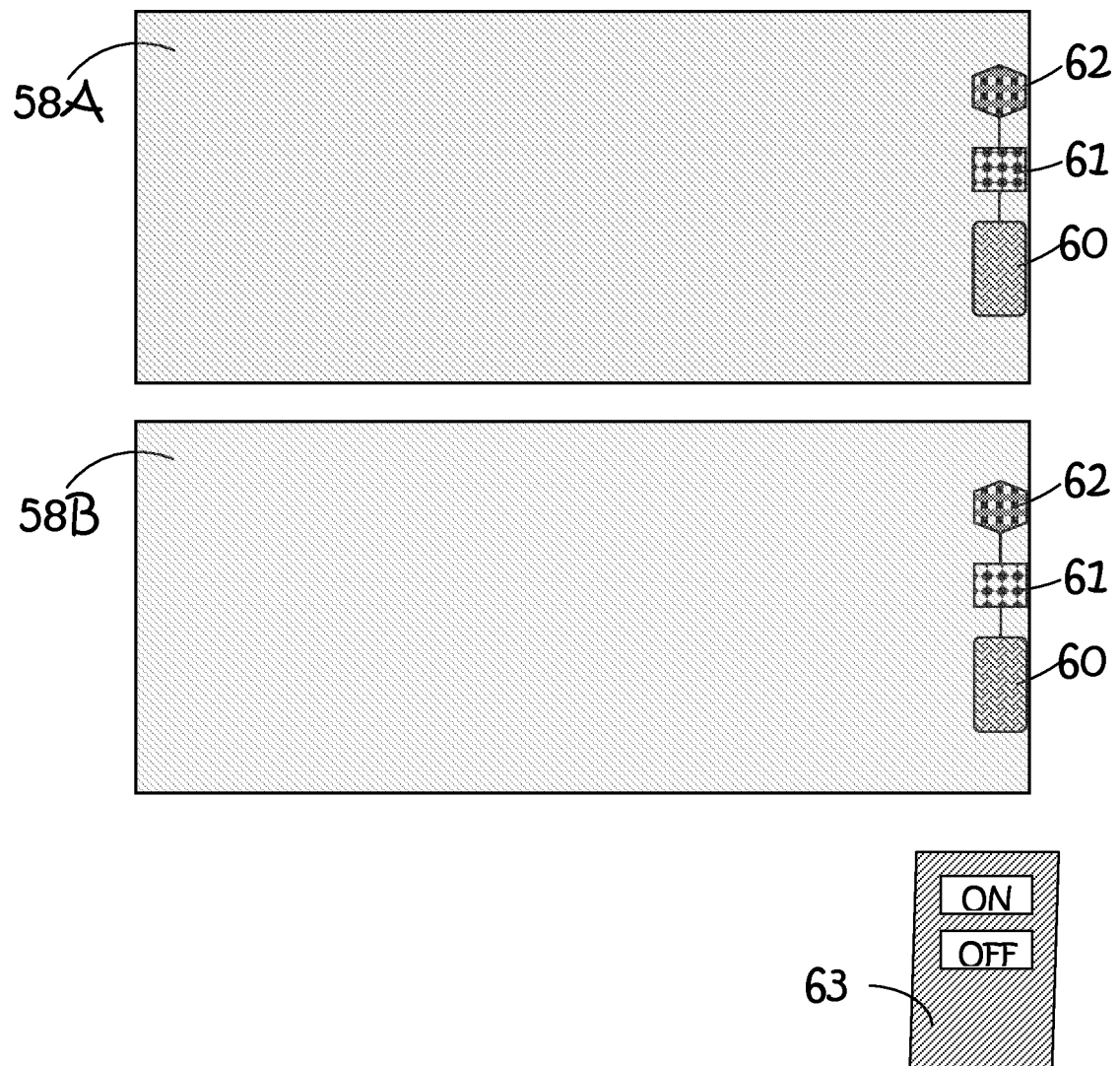


FIG. 8B

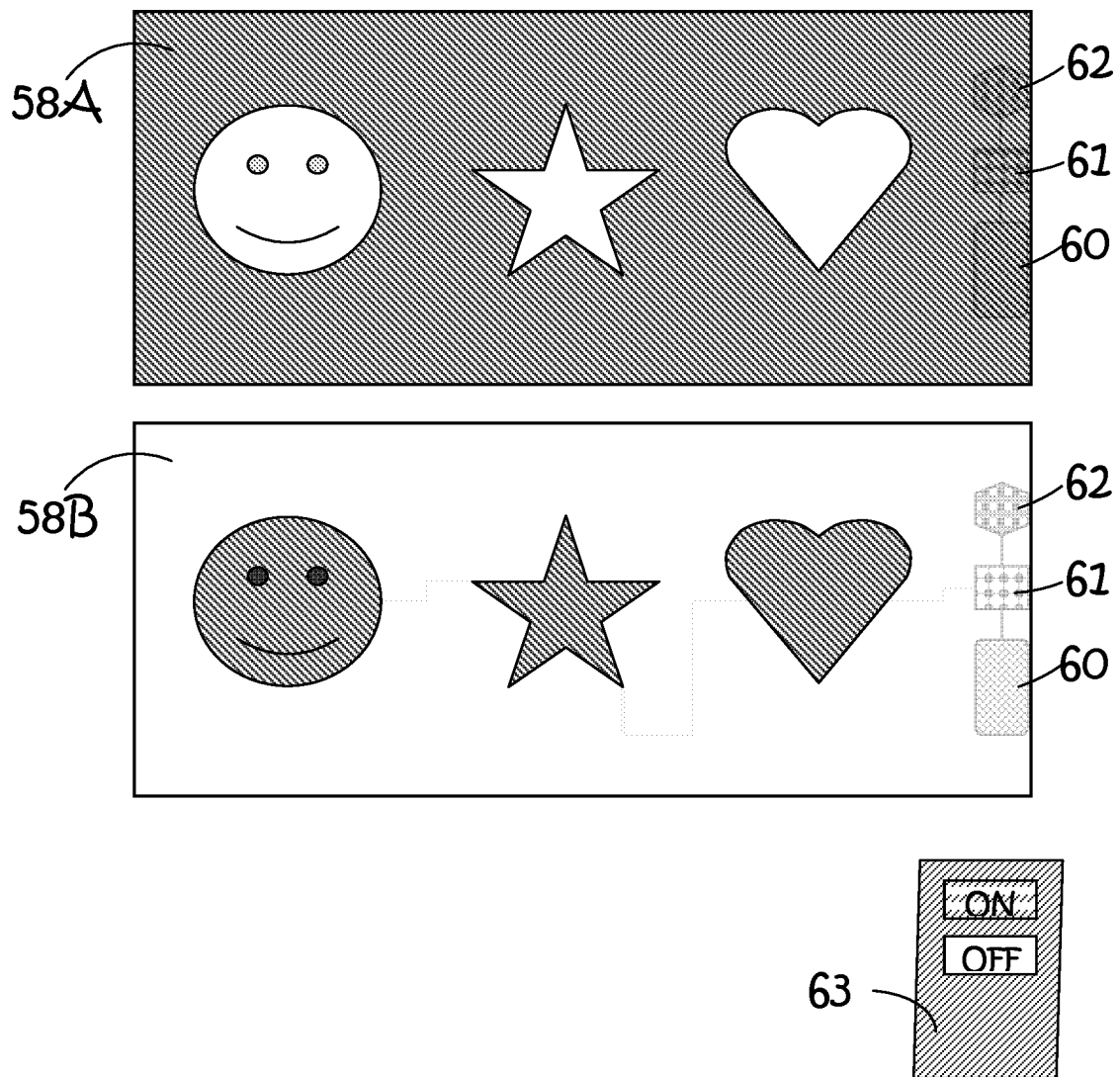


FIG. 8C

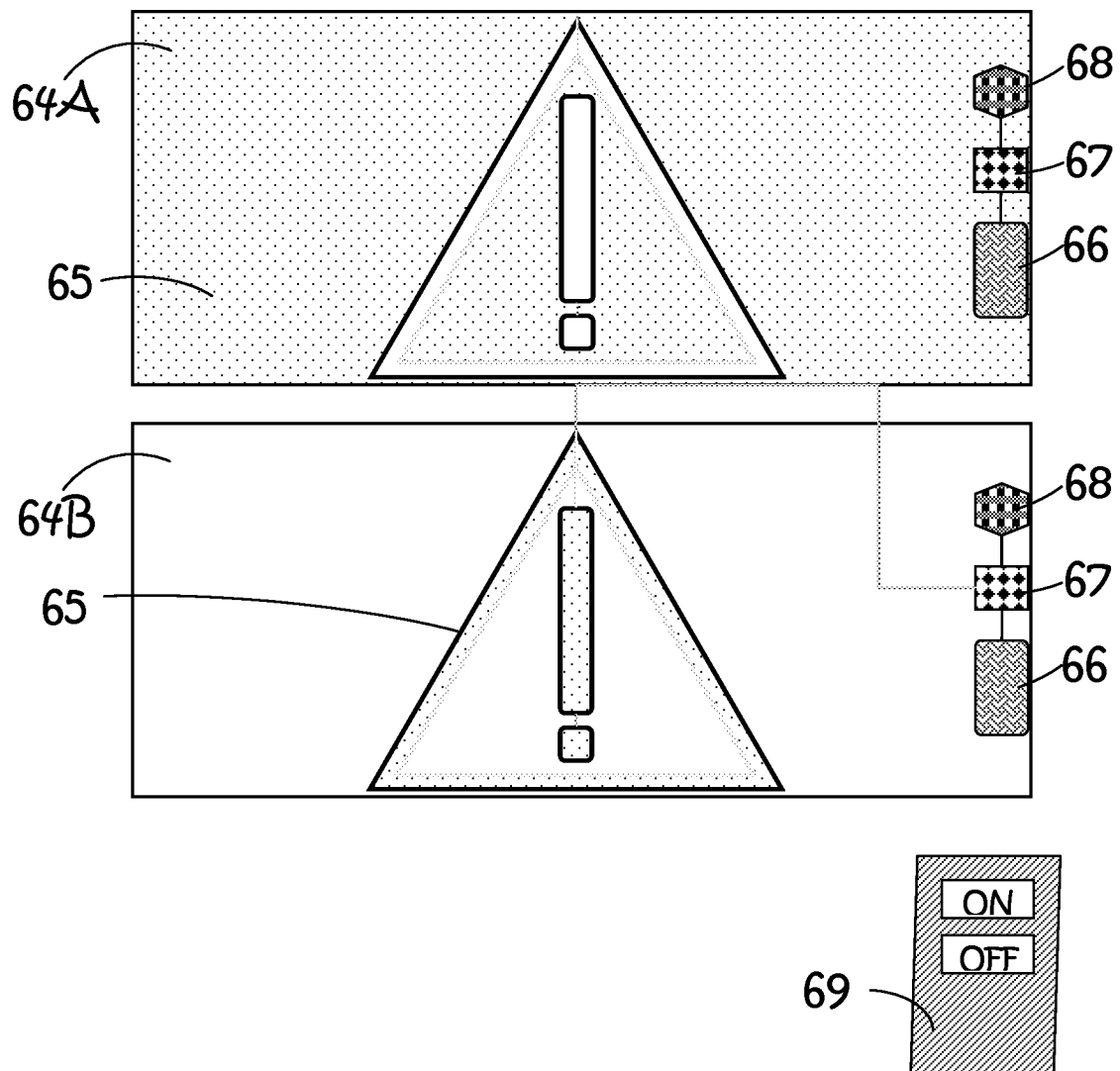


FIG. 9A

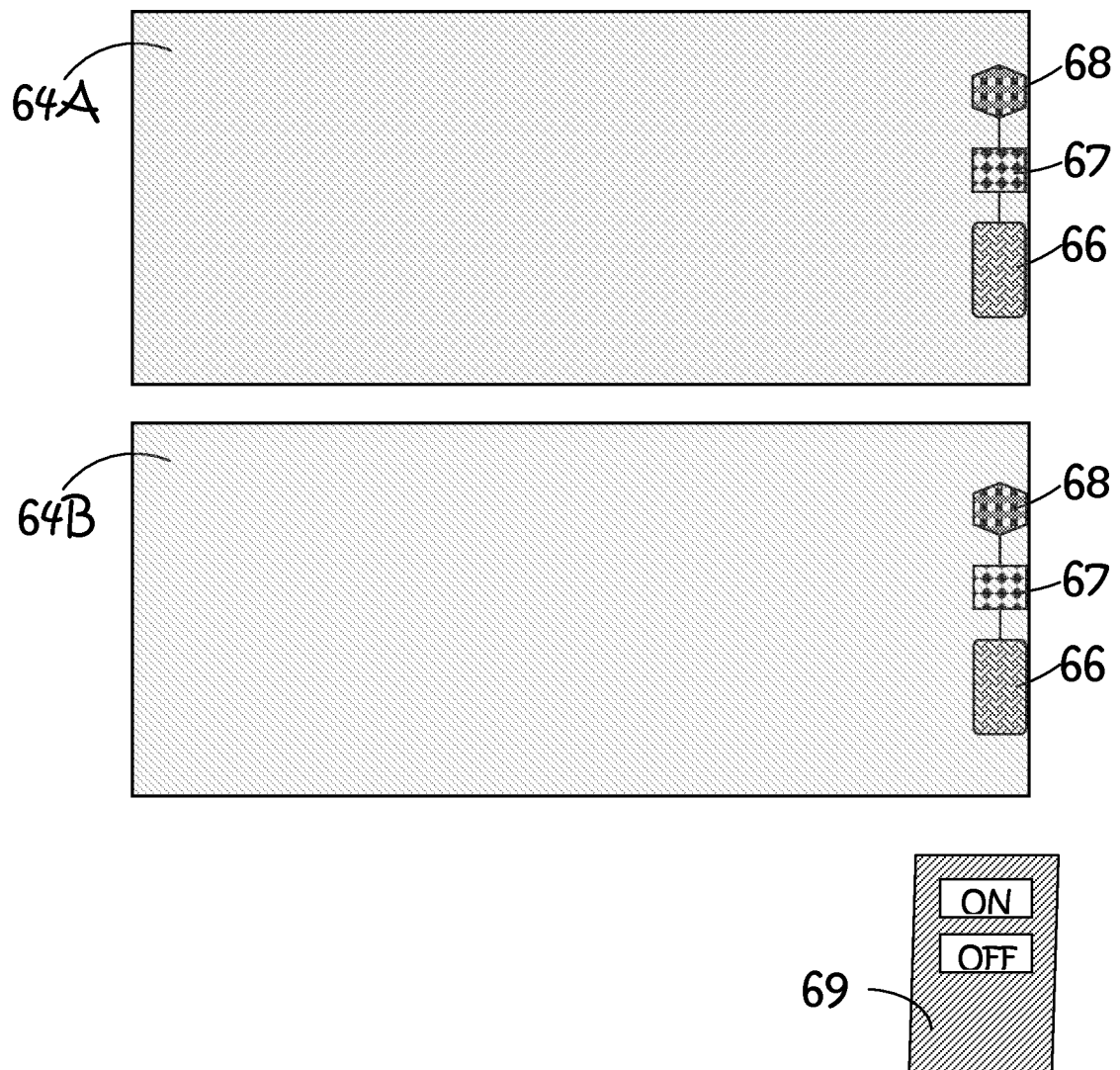


FIG. 9B

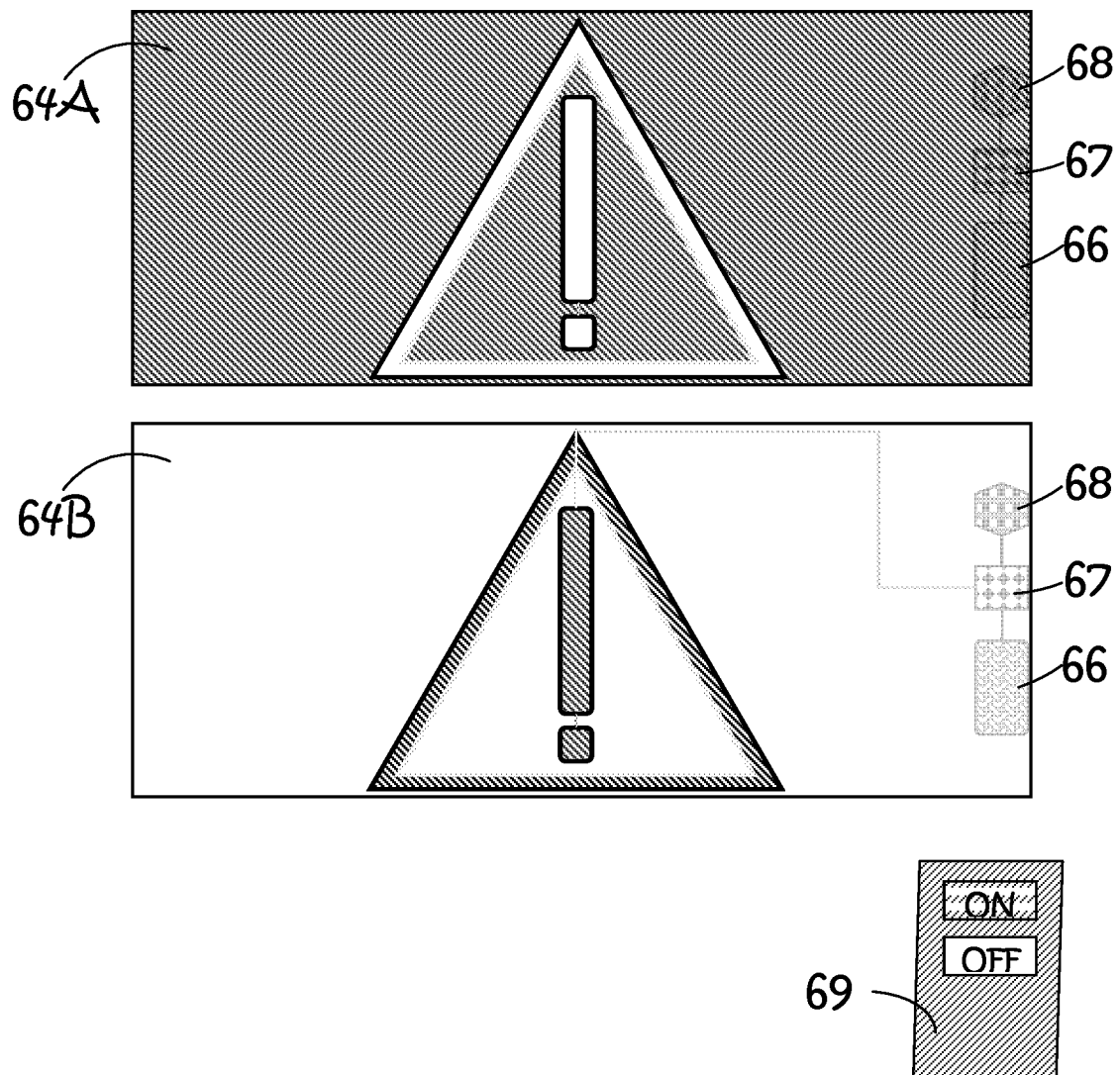


FIG. 9C

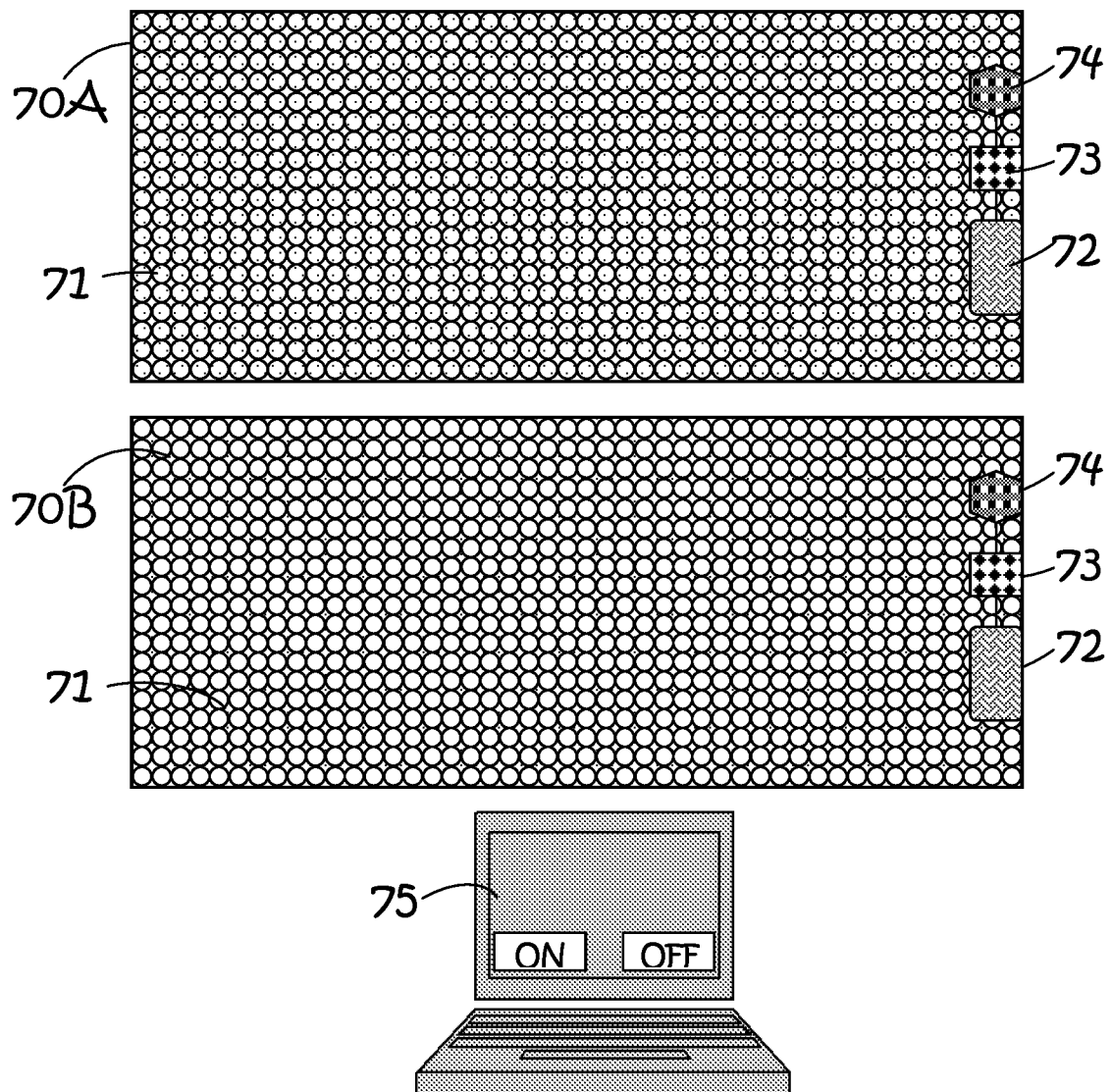


FIG. 10A

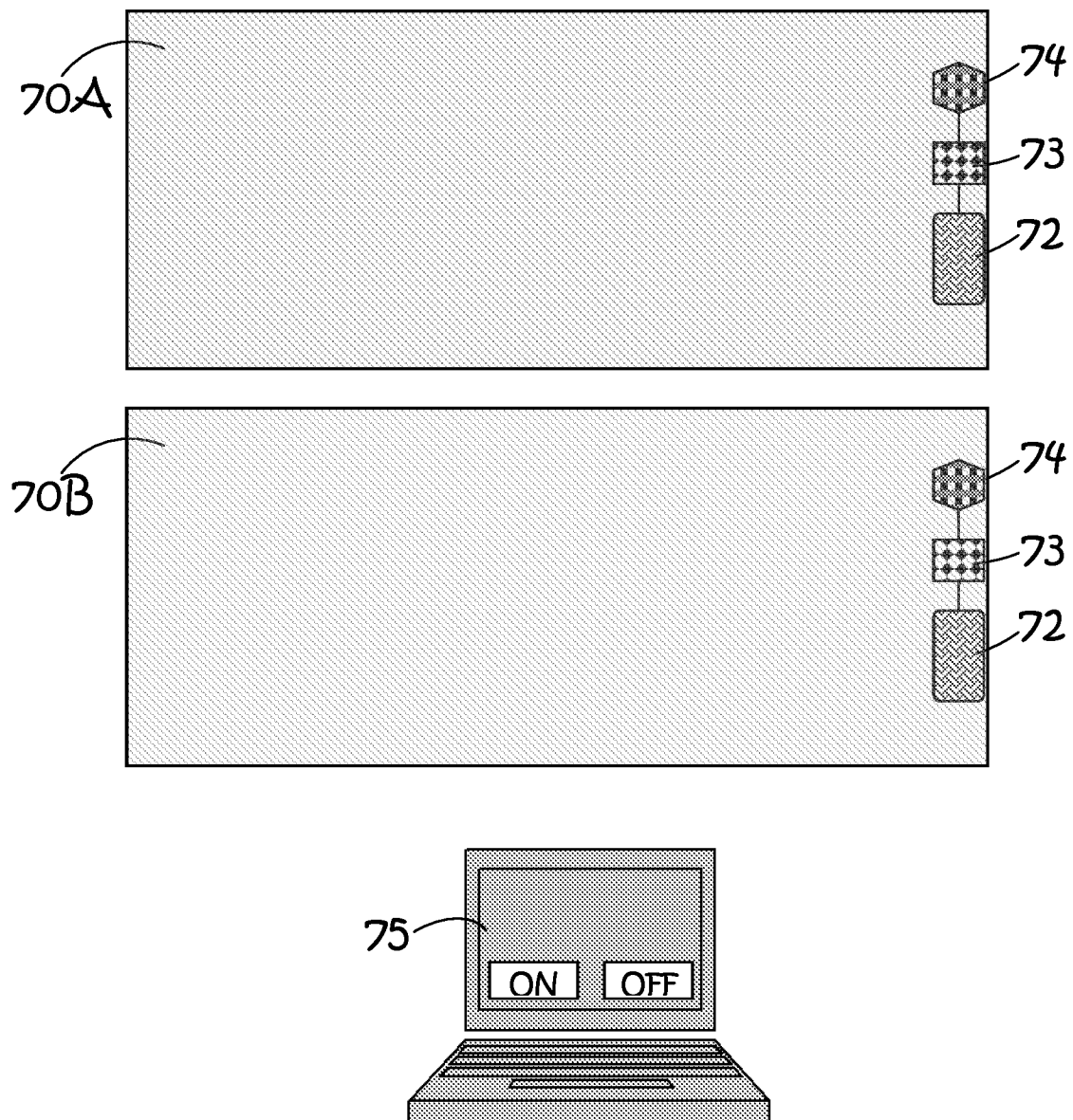


FIG. 10B

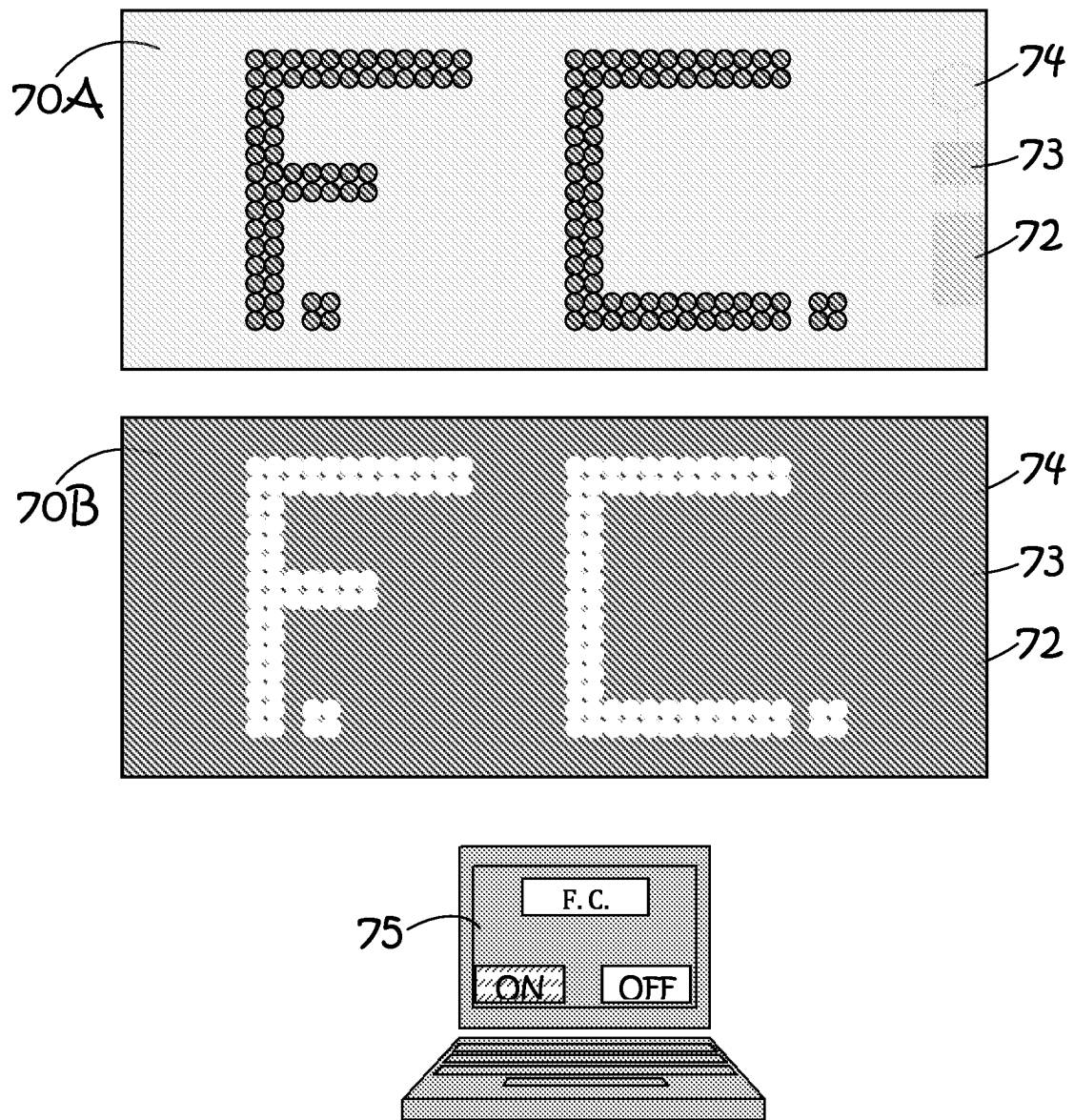


FIG. 10C

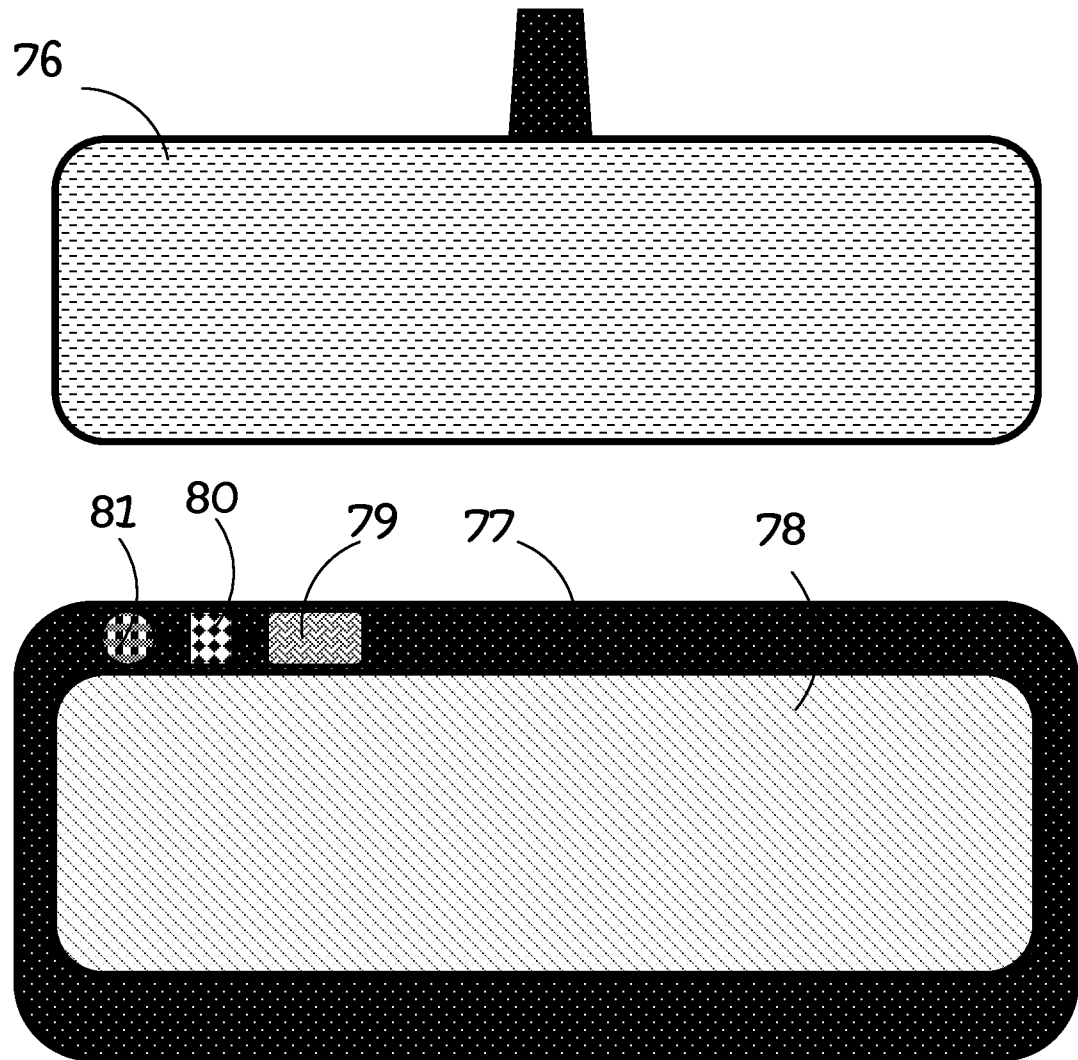


FIG. 11A

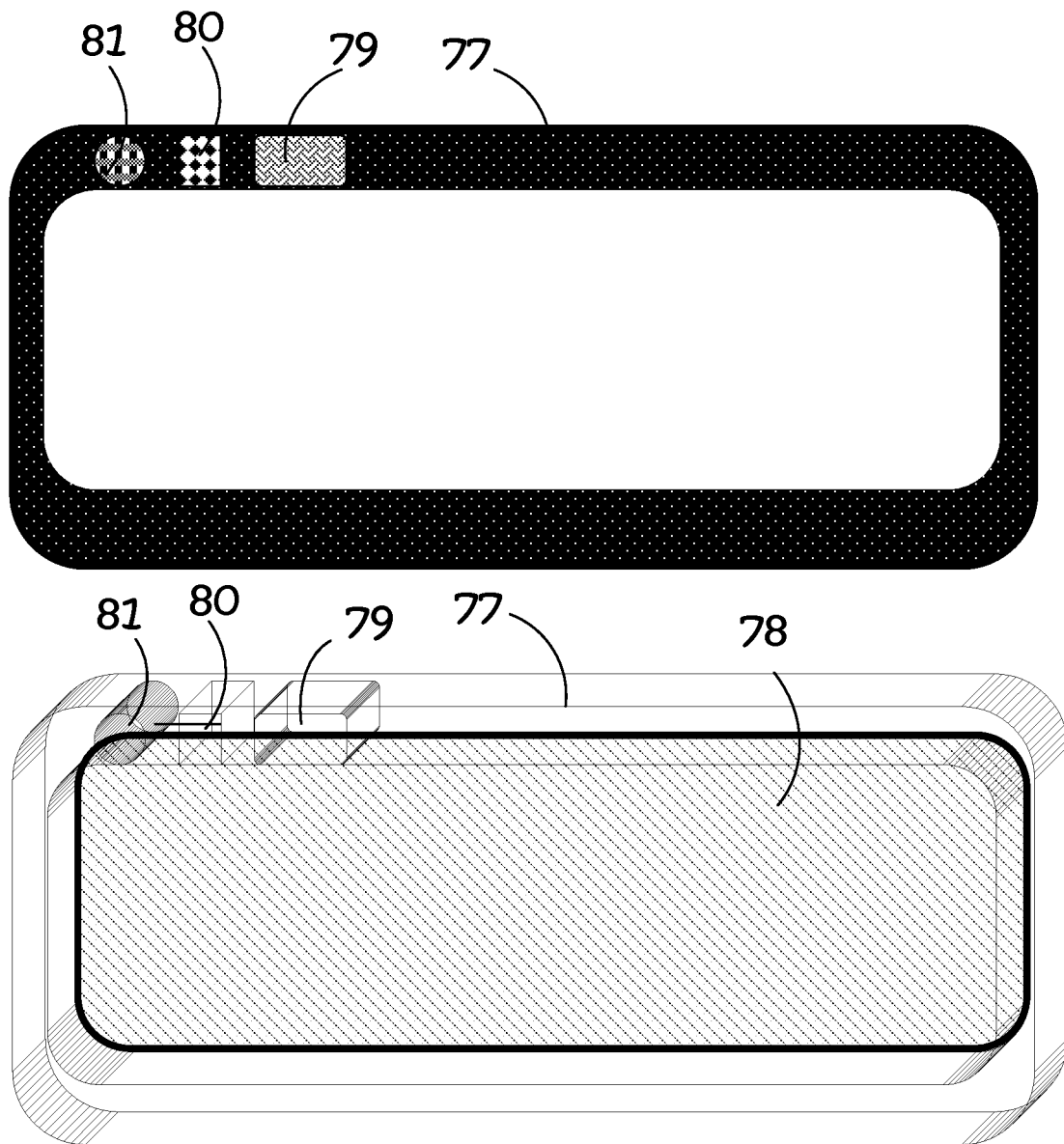


FIG. 11B

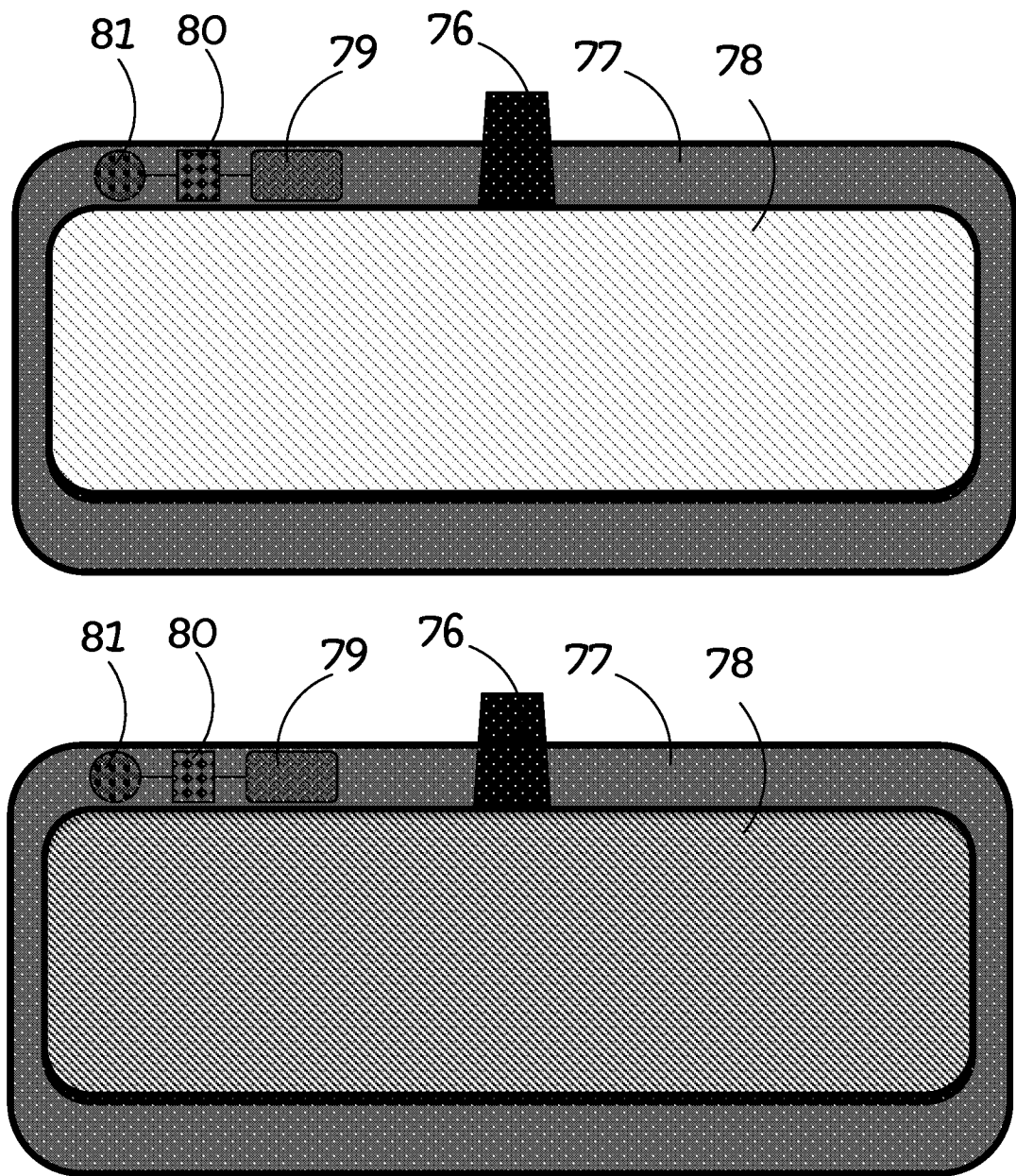


FIG. 11C