



HU000227655B1

(19) **HU**(11) Lajstromszám: **227 655**(13) **B1****MAGYAR KÖZTÁRSASÁG**
Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

SZABADALMI LEÍRÁS

(21) A bejelentés ügyszáma: **P 00 04391**(51) Int. Cl.: **H01L 310/32** (2006.01)(22) A bejelentés napja: **1998. 10. 23.**

(86) A nemzetközi (PCT) bejelentési szám:

PCT/CH 98/00455(40) A közzététel napja: **2001. 03. 28.**(45) A megadás meghirdetésének dátuma a Szabadalmi
Közlöny és Védjegyértesítőben: **2011. 10. 28.**

(87) A nemzetközi közzétételi szám:

WO 9956325

(30) Elsőbbségi adatok:

98810382.6**1998. 04. 29.****EP**

(74) Képviselő:

**Harangozó Gábor, DANUBIA Szabadalmi és
Védjegy Iroda Kft., Budapest**

(72) (73) Feltaláló(k) és szabadalmas(ok):

dr. La Vecchia, Nunzio, Ascona (CH)

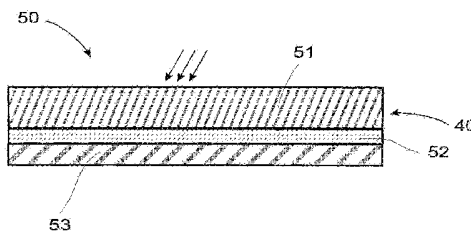
(54)

Félvezető elem és eljárás ilyen félvezető elem gyártására

(57) Kivonat

A félvezető elem, amely különösen napelem, legalább egy, egykristályos vagy polikristályos szerkezetű, félvezető alapanyagot (40) tartalmaz, amely félvezető alapanyag (40) legalább részben előre meghatározott tisztaságú FeS_2 képletű piritet tartalmaz. A legalább részben FeS_2 képletű piritet tartalmazó félvezető alapanyag (40) bórral és foszforral van társítva vagy szennyezve. A találmány szerinti eljárás lényege, hogy egy ilyen félvezető elem gyártásához félvezető alapanyagként vagy természetben előforduló, vagy vasból és kénből szintetikusán előállított FeS_2 képletű piritet használunk, amelyet bórral és foszforral társítunk vagy szennyezzünk.

3. ábra



Félvezető elem és eljárás ilyen félvezető elem gyártására

A találmány tárgya félvezető elem, különösen napelem, és eljárás ilyen félvezető elem gyártására. A találmány szerinti félvezető elem legalább egy olyan, egykristályos vagy polikristályos szerkezetű, félvezető alapanyagot tartalmaz, amely legalább részben előre meghatározott tisztaságú, FeS_2 képletű piritet tartalmaz.

Számos olyan általános célú félvezető elem vagy félvezető fényelem ismert, amely körülbelül 15% hatásfokkal rendelkezik, és a nap vagy más fényforrás által kisugárzott energia következtében kialakuló fényelektromosság elvén működik. Félvezető anyagként ma elsősorban p- és n-típusú vezetőréteggel rendelkező, vékony szilícium vagy gallium-arszenid-vas kristályokat használnak.

Jól ismertek az olyan vékonyréteg napelemek is, amelyeknél a félvezető réteget fémgözzöléssel vagy más hasonló módon viszik fel egy hordozóra. Ezeknél a napelemeknél a félvezető réteg vastagsága mikrométer nagyságrendű (1-50 μm). Félvezető anyagként kadmium-szulfidot, kadmium-telluridot, réz-szulfidot vagy más hasonló anyagot használnak. Ezekkel a félvezető anyagokkal legfeljebb 5-8% hatásfok érhető el. Ugyanakkor ezek az anyagok kedvező teljesítmény/tömeg aránnyal rendelkeznek, és kisebb költséggel állíthatók elő, mint a szilícium-vas kristályok.

Az EP-A 0173642 számú szabadalmi leírás olyan, FeS_{2+x} általános képletű fényérzékeny piritréteg formájában megvalósított, általános célú napelemet ismertet, amelyben a nemkívánatos szennyeződések koncentrációja kisebb, mint 10^{20} $1/\text{cm}^3$, és szennyező anyagként mangánt, arzént és/vagy kobaltot vagy klórt tartalmaz. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az ilyen napelemekkel nem érhető el a kívánt hatásfok.

Az "Iron disulfide for solar energy conversion" c. (Solar Energy Materials and Solar Cells, 1993. május) tanulmányban a piritet mint napenergia hasznosítására alkalmas anyagot vizsgálták. A piritet rendkívül vékony rétegben (10-20 nm) helyezték el egy p-típusú és egy n-típusú réteg között.

A "P-type conduction in pyrite single crystals prepared by chemical vapor transport" c. (Applied Physics Letters, 1993, Vol. 62., No. 17, 2093-2095 o.) tanulmány kis méretű FeS_2 piritkristályokból álló félvezető alapanyagról tesz említést. A félvezető alapanyag a vas és kén mellett főként vörös foszfort tartalmaz 0,5-4,0 tömeg% koncentrációban. A pirit szennyezése és/vagy az ilyen pirit foszforral történő

társítása bizonyítható módon bizonyos elektromos tulajdonságokat idéz elő a piritben.

Az ismert félvezető elemekhez képest a találmány szerinti, fent említett alapanyagú félvezető elemmel, különösen napelemmel az eddigieknél nagyobb hatások érhető el mind napfény, mind pedig mesterséges fény esetén. A találmány szerinti félvezető elem előállításának költsége jóval alacsonyabb, ezért az ilyen típusú napelemek tömeggyártásra is alkalmasak. A találmánnyal célunk továbbá olyan félvezető anyag megalkotása, amely könnyen és környezetbarát módon állítható elő.

A kitűzött célokat egyrészt olyan félvezető elem, különösen napelem megvalósításával érjük el, amely legalább egy, egykristályos vagy polikristályos szerkezetű, félvezető alapanyagot tartalmaz, ahol a félvezető alapanyag legalább részben előre meghatározott tisztaságú, FeS_2 képletű piritet tartalmaz. A legalább részben FeS_2 képletű piritet tartalmazó félvezető alapanyag bórral és foszforral van társítva vagy szennyezve

A kitűzött célokat másrészt olyan, a imént említett félvezető elem gyártására szolgáló eljárással érjük el, amely során félvezető alapanyagként vagy természetben előforduló piritet, vagy vasból és kénből szintetikusán előállított FeS_2 képletű piritet használunk, és a piritet bórral, valamint foszforral társítjuk vagy szennyezzük.

Ily módon optimális és rendkívül jó hatásfokú félvezető elem állítható elő, amely kifejezetten alkalmas napelemnek.

A találmány szerinti félvezető elemből olyan napelemek állíthatók elő, amelyek hatásfoka nagyobb, mint az ismert napelemeké. A pirit félvezető anyagként való alkalmazása azért előnyös, mert olyan természetes anyag, amelyet mesterségesen szintén elő lehet állítani. Az előállítás költsége a nagyobb hatásfok ellenére is olyan alacsony szinten tartható, hogy gazdaságos termelést tesz lehetővé.

A találmányt a továbbiakban a rajz alapján részletesen ismertetjük. A rajzon:

- az 1. ábra a találmány szerinti félvezető elem kinagyított vázlatos keresztmetszete;
- a 2. ábra a pirit oktaéder és deformált oktaéder alakú ligandumterében lévő d-állapotú vas energiaszintjeit szemlélteti vázlatosan;
- a 3. ábra a találmány szerinti félvezető elem egy heteroátmenettel rendelkező változatának kinagyított vázlatos keresztmetszete;
- a 4. ábra a találmány szerinti félvezető elem egy heteroátmenettel rendelkező változatának energiasávjait szemlélteti vázlatosan.

Az 1. ábrán találmány szerinti, elsősorban napelemként használható 10 félvezető elem keresztmetszete látható kinagyítva, vázlatosan. Ennél a kiviteli alaknál a 10 félvezető elem többrétegű struktúrával rendelkezik. Egymás mellett több ilyen elem is állhat, melyek egy fém foglalatba ágyazhatók, és így módon egyetlen panelt alkothatnak. A panelt az 1. ábrán nem ábrázoltuk. A napelem célszerűen olyan átlátszó anyagból készült fedőlappal – például 11 üveglemezzel – van ellátva, amely a félvezető elemet a szokásos mechanikai hatásoktól, például ütődéstől, a nedvességtől és a kedvezőtlen időjárástól egyaránt védi. A napelemet felül lévő – például gyantából készített – laminált 12 réteg és alul lévő, szigetelő anyagból – például kerámiából – készült 14 szigetelőréteg fogja közre. Ennek köszönhetően a napelem belseje a külvilágtól el van szigetelve, így nem juthat be pára vagy víz.

A találmány szerinti félvezető elem félvezető 20 alapanyaga FeS_2 képletű piritet vagy vas-piritet tartalmaz. A félvezető 20 alapanyagot legalább bórral vagy és foszforral társítjuk vagy szennyezzük. Az 1. ábrán látható 20 alapanyag egyetlen FeS_2 rétegből áll.

A szilárdtest elemként megvalósított 10 félvezető elem egy piritből készült, félvezető 20 alapanyagból álló réteget, egy 21 foszforréteget és egy 22 bórréteget tartalmaz. A 21 foszforréteg és a 22 bórréteg a 20 alapanyag két oldalán helyezkedik el oly módon, hogy a kötést szennyező anyag hozza létre a félvezető 20 alapanyag és a 21 foszforréteg, illetve a 22 bórréteg között. A 21 foszforréteg és a 22 bórréteg rendkívül vékony, a vastagságuk mindössze néhány mikrométer. Az említett rétegek kialakításának módját a későbbiekben ismertetjük.

A napelemként kialakított 10 félvezető elem úgy működik, hogy napsugárzás hatására elektromos áram indul meg benne, melyet célszerűen egy 13, 15 vezetőanyag segítségével vezetünk el. A 13, 15 vezetőanyagot ismert módon a félvezető 20 alapanyag felett, illetve alatt helyezzük el. A 15 vezetőanyagot alulról 14 szigetelőréteg védi. A 13, 15 vezetőanyagokat vezetékek segítségével kapcsoljuk a fogyasztóhoz, ennek módja az 1. ábrán azonban már nem látható.

Az 1. ábra egy egyszerű szerkezetű napelemként szemlélteti a találmány szerinti félvezető elemet. Nyilvánvaló ugyanakkor, hogy a vezetőanyagot és a félvezető alapanyagot különböző elrendezésekben és különböző mennyiségekben alkalmazhatjuk.

A bemutatott félvezető elemet különböző típusú napelemekben használhatjuk. Megvalósíthatunk nagyon kis méretű napelemet, például zsebszámológépek

számára, vagy nagy méretű napelemet házak vagy nagyobb csarnokok ^{előtársára} fűtésére.

~~Ezeknél a napelemeknél a napenergiát elektromos árammá alakítjuk át~~

A pirit és a vas-pirit – mint a ^{vezetők} kőzetek anyaga – a leggyakrabban előforduló szulfid a világon. Spanyolországban nagy mennyiségben található például hidrotermális érctelepeken. A tiszta piritkristályok sárgaréz vagy habarcs színűek és rendkívül kemények. Keménységük eléri a 6–6.5 fokot a Mohs-féle keménységi skálán. A pirit hőtágulási együtthatója 90 K és 300 K között $4.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, míg 300 K és 500 K között $8.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Az FeS_2 képletű pirit 12 atomból álló elemi cellával rendelkezik. A cellák mérete megközelítőleg $5.4 \times 10^{-10} \text{ m}$. A pirit általában hexaéder, kocka, pentagondodekaéder vagy oktaéder kristályszerkezetű. A találmány szerinti félvezető anyag további előnye, hogy a benne lévő pirit rendkívül környezetbarát.

A találmány szerinti 10 félvezető elem hatékonysága szempontjából – a kvantummechanika általános szabályait figyelembe véve – csak azok a fotonok játszanak szerepet, amelyek energiája egyenlő a tiltott sáv szélességével vagy annál nagyobb, de nem haladja meg a vegyértéksáv alsó szélé és a vezetési sáv felső szélé közötti különbségnek megfelelő energiát. A keletkező töltéshordozók mennyisége nem csak az egységnyi felületre sugárzott fotonok számától és energiájától függ, hanem a félvezető abszorpciós együtthatójától ^(α) is. A pirit a hagyományos félvezető anyagokhoz képest jóval nagyobb abszorpciós együtthatóval rendelkezik, amelynek értéke a $\lambda < 1 \mu\text{m}$ -es ^{hullámhossz – tartományban} sáv szélességénél nagyobb, mint 10^5 cm^{-1} . A találmány szerinti 10 félvezető elem előállításakor optimálisan használjuk ki a piritnek ezt a tulajdonságát.

A 2. ábrán a vas d energianívójú elektronjai energiaszintjének felhasadását szemlélteti a pirit O_h oktaéderes ligandumtere és D_{3d} deformált oktaéderes ligandumtere esetén. A vas d energianívóinak betöltött t_{2g} energianívókra és betöltetlen e_g energianívókra történő felhasadásával egy tiltott sáv jön létre a félvezető alapanyagban. A vegyértéksáv 0.8 eV szélességű vagy annál nagyobb, melytől az alapsáv szintén egy 0.8 eV szélességű tiltott sávval van elválasztva. A vezetési sáv felett az elektromos tulajdonságokat a vas $4s$ és $4p$ energianívói határozzák meg. A molekulapálya-elméletben a piritnél a tiltott sáv létrejöttét a vas $3d$ energianívóinak egy alacsonyabb energiájú betöltött t_{2g} és betöltetlen e_g energianívóra történő felhasításával érjük el. Az energianívók felhasadása a kén

oktaédes ligandumterének köszönhető, amely könnyen deformálható, és amelynek a deformációja az energianívók további, jelentős mértékű szétválásához vezet. Amint a 2. ábrán látható, a D_{3d} deformált oktaédes ligandumtér három, nevezetesen egy eg' , egy eg és egy ag energianívóval rendelkezik.

A 3. ábrán olyan 50 félvezető elem keresztmetszete látható vázlatosan, amely szintén a találmány részét képezi. Az 50 félvezető elem legalább egy, felül elhelyezkedő 51 piritréteget tartalmaz, amely α félvezető 40 alapanyagból van, továbbá tartalmaz egy 52 bórréteget és egy 53 foszforréteget. Mivel az 51 piritréteg a felső oldalon helyezkedik el, közvetlenül ki van téve a napsugárzás hatásának. A rétegek ilyen elrendezésénél vagy vegyületet képezünk a szomszédos 51 piritréteg anyagával, vagy a integráljuk a foszfort és a bört a szomszédos 51 piritrétegbe. A vezető elemeket elrendezhetjük oly módon is, hogy érintkezzenek mindhárom réteggel, azonban ennek részleteit nem ismertetjük.

Ellentétben a 3. ábrán látható többrétegű félvezető 40 alapanyaggal, egy egykristályként előállított pirit mag oldalára is felvihetünk egy vagy több bór-, illetve foszforréteget.

A napelemként is használható, találmány szerinti 10, 50 félvezető elem félvezető 20, 40 alapanyagát különböző eljárásokkal állíthatjuk elő. Az FeS_2 képletű piritet kinyerhetjük természetes anyagból, de előállíthatjuk szintetikusán is vasból és kénből.

Amikor a félvezető alapanyagot természetes piritkristályokból állítjuk elő, akkor az egyébként kb. 10^{15} $1/cm^3$ effektív töltéshordozó-koncentrációval rendelkező piritet többzónás tisztítási eljárással kell kezelni annak érdekében, hogy ~~99,9%~~ ^{99,99%} tisztaságot érjünk el. A szennyező anyagnak, vagyis a bórnak és a foszfornak szintén ~~99,9%~~ ^{99,99%} tisztaságúnak kell lennie ahhoz, hogy a találmány szerinti félvezető elemeket a legjobb minőségben tudjuk előállítani.

A félvezető alapanyagként szolgáló pirit mesterséges (szintetikus) előállításához különböző eljárások alkalmazhatók. Ezeknél az eljárásoknál az alapanyagot szintén többzónás tisztítással kezeljük annak érdekében, hogy a vegyületből a lehető legnagyobb tisztaságú alapanyagot állíthassuk elő.

A gyártási eljárás alkalmas gázfázisú transzportra (pl. kémiai gőzleválasztás, CVT), melynél a vas-kén vegyület előállításához szükséges hőmérsékleti gradienst $250^\circ C$ és $1200^\circ C$ között kell tartani. Ha a piritet természetes alapanyagból nyerjük ki, akkor az alacsonyabb hőmérsékletű oldalon a hőmérséklet $250^\circ C$ és $850^\circ C$

között változhat. A ként a vashoz továbbító hordozóanyag lehet brómszarmazék, *például*
~~célszerűen Br_2 vagy FeBr_3 , vagy más anyag~~

A kristálynövesztés végrehajtható például nátrium-poliszulfát oldatban. A piritet a megtisztított alapelemekből, vasból és kénből 250°C és 1200°C közötti standard hőmérséklet-gradiens, vagy 200°C és 1400°C közötti hőmérséklet-gradiens alkalmazásával lehet előállítani. A CVT eljárás a gyártás során jobb reprodukálhatóságot biztosít, és teljesen tiszta kristályok előállítását teszi lehetővé.

Nagy méretű pirit egykristályok előállításához olyan eljárást alkalmazunk, amelynek során tellúr, BrCl_2 , Na vagy S_2 tartalmú olvadékot használunk.

A pirit előállításának egy másik lehetséges módja a rádiófrekvenciás *porlasztás* (RF sputter). Ezt egy olyan porlasztó egységgel végezzük, amellyel argon-kén plazmát *vezetjük* ~~porlasztunk~~ a pirit céltárgyra. Az argon áramlási sebessége $0,1\text{--}300$ ml/perc. A ként elemi kén elgőzöltetésével állítjuk elő. A porlasztás során az üzemi nyomás 1 Pa, de ennél akár nagyobb, akár kisebb is lehet a nyomás. Az önbeálló DC nullszint-eltolódás értéke 0 és 400 V között van. A hordozó hőmérsékletét 80°C és 950°C közötti értékre állítjuk be. Ezzel az eljárással elvileg előállítható polikristályos anyagszerkezet.

Ha a találmány szerinti félvezető elemet vékonyréteggént állítjuk elő, akkor lehetővé válik inkongruens anyagrendszer felhasználása. Erre a célra megfelelő eljárás a pirit *cel forrást* használó reaktív porlasztás, a molekuláris kémiai gőzleválasztás (MOCVD) és a permetezéssel pirolízis. Ezenkívül, az elgőzöltetés, amelynek során egy hordozórendszer segítségével a porszerű keveréket kis adagokban a forró, elgőzöltető forráshoz szállítjuk, garantálja, hogy a magas hőmérséklettől függően az anyag majdnem teljesen elgőzölgjön. Az elgőzöltetésnek ez a változata azért előnyös, mert befolyásolni lehet az összetevők arányát, valamint lehetőséget biztosít szennyezésre, mivel az adalékanyagot például közvetlenül a porszerű keverékhez is hozzáadhatjuk. Ha vasrétegeket kéneznünk tisztán hőkezeléssel vagy plazma segítségével, akkor lehetőség van arra, hogy tiszta alapanyagokból induljunk ki.

Az aktív réteg vastagsága nagy mértékben befolyásolja a napelem hatásfokát. A hatásfok és a napelem szükséges paramétereinek becsléséhez megfelelő határoló felületeket lehet meghatározni.

Ha a félvezető alapanyagot foszforral vagy bórral kívánjuk társítani vagy szennyezni, akkor célszerű az utóbbiból az alapanyag 10^{-6} - 20 tömeg%-ának megfelelő mennyiséget használni. A pontos érték attól függ, hogy a kész félvezető elemmel szemben milyen elvárások vannak.

A találmány szerinti félvezető elemet előállíthatjuk ún. tandem cellaként is. Ez esetben kombinált hatás érhető el egy piritet tartalmazó szennyező réteg és egy-egy másfajta félvezető anyagot – például szilíciumot, gallium-arszenidet vagy más, erre a célra alkalmas anyagot – tartalmazó további p-típusú és n-típusú réteg felhasználásával. Az ilyen félvezető elemekkel maximálisan kihasználható a spektrum, amennyiben a félvezető alapanyagok képesek lefedni az 1.0 és 1.8 eV közötti tiltott sávot.

Amint a 4. ábrán vázlatosan látható, ^{hogy} a találmány értelmében különböző félvezető elemek között heteroátmenetek valósíthatók meg. Ilyen félvezető elemeket ismertettünk például a 3. ábra alapján. A működés feltétele azonban az, hogy a két szomszédos anyag rácsállandója és hőtágulási együtthatója ne térjen el jelentős mértékben. Például a találmánynál alkalmazott pirit (31) p-típusú félvezetőt kombinálni lehet egy másik anyagból lévő (32) n-típusú félvezetővel. Az ilyen heteroátmenet olyan sáveltolódásokat idéz elő, amelyeket innovatív módon lehet a töltéshordozók mozgásának befolyásolására felhasználni. Két különböző félvezető esetén a tiltott sávok szélességei, a ϕ_{s1} , ϕ_{s2} munkafüggvények, és a χ_1 , χ_2 elektronaffinitások is különbözőek. A 4. ábrán a többi jelölés az ^{szilícium} ~~atomfizikában~~ szokásosan alkalmazott jelölések, melyek jelentését itt nem részletezzük.

A heteroátmenetek előállításához speciálisan erre a célra kifejlesztett epitaxiát alkalmaznak, amely egyúttal a találmány szerinti félvezető alapanyag előállítására is alkalmas. Mind a molekulásugaras kristálynövesztés (MBE), mind a gázzal történő kristálynövesztés (MOCVD) megvalósítható szerves fémvegyület kémiai gázleválasztásával.

A heteroátmenettel rendelkező vékonyréteg napelem esetében célszerűen foszfort és bórt integrálunk vagy ^{adalekanyag} ~~szennyezőnk~~ részecskegyorsító felhasználásával végzett ion-implantációval a pirit félvezető alapanyag felületébe. Így az ionizálást követően a szennyező atomok magas energiaszintre kerülnek, és ekkor az alapanyagba injektáljuk azokat, ahol egy jellemező behatolási mélységet elérve lefékeződnek és azon a helyen maradnak. Az implantációs folyamat következtében a félvezető kristályrácsa jelentős károsodást szenved, melyet hőkezeléssel kell

helyreállítani. A hőkezelés során az implantált szennyeződések szétszóródnak, és egyidejűleg beépülnek a kristályrácsba. Ennek megfelelően az implantált ionoknak és a szétszóródott szennyeződéseknek megfelelő különböző vegyület profilok alakulnak ki.

A molekulásugaras kristálynövesztés (MBE) egy speciális gőzleválasztási eljárás. Az anyagot kis méretű elülső nyílással rendelkező, fűtött, hengeres csövekben gőzöltetjük el. Az anyagnak a targethez történő szállítását a nyílás mérete és a kemencében a magas hőmérséklet hatására kialakuló gőz nyomása határozza meg. Tömegspektroszkóppal szabályozott ultranagy vákuum és egy hűtött árnyékoló lap segítségével rendkívül tiszta kristályrétegeket lehet létrehozni. Ezeknek a kristályrétegeknek a szerkezetét kvázi *online* módon lehet szabályozni az ún. RHEED (Reflected High Energy Electron Diffraction) mérésekkel, míg a rétegek vastagságát hőmérsékletszabályozással és az atomok egy rétegéhez történő gyors rögzítésével lehet pontosan beállítani.

Többrétegű szerkezet esetén a félvezető akár száz réteget is tartalmazhat. Így a 3. ábrán látható félvezető elemet érdemes háromnál több különböző rétegből megvalósítani, vagyis több piritrétegből és ennek megfelelően több bór- és foszforrétegből.

A piritből a korábban ismertetett módon előállított félvezető elem a találmány értelmében nem csak egy- vagy többrétegű, szilárdtest napelem előállítására, hanem vékonyréteg napelem, fém-szigetelő-félvezető (MIS) napelem vagy fotokémiai cella előállítására is alkalmas.

A találmány szerinti félvezető elemet legelőnyösebben napelemként lehet használni, mivel az abból készült napelem rendkívül magas hatásokkal rendelkezik. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a találmány szerinti félvezető elem más célokra is felhasználható, többek között diódának, tranzisztornak, tirisztornak, stb.

A találmány szerinti félvezető elem elvileg akkor is működőképes lenne, ha piritből és a piritnek egy bórral vagy foszforral alkotott vegyületéből állítanánk elő egy réteget.

Szabadalmi igénypontok

1. Félvezető elem, különösen napelem, amely legalább egy, egykristályos vagy polikristályos szerkezetű, félvezető alapanyagot (20,40) tartalmaz, amely félvezető alapanyag (20,40) legalább részben előre meghatározott tisztaságú, FeS_2 képletű piritet tartalmaz, azzal jellemezve, hogy a legalább részben FeS_2 képletű piritet tartalmazó félvezető alapanyag (20, 40) bórral és foszforral van társítva vagy szennyezve.

2. Az 1. igénypont szerinti félvezető elem, azzal jellemezve, hogy olyan többrétegű félvezető alapanyagot tartalmaz, amely legalább egy rétegben piritet tartalmazó p-típusú vagy n-típusú félvezetőt (31), és legalább egy rétegben más anyagú, n-típusú vagy p-típusú félvezetőt tartalmaz.

3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti félvezető elem, azzal jellemezve, hogy a félvezető alapanyagban (20, 40) mindegyik hozzáadott kémiai elem koncentrációja 10^{-6} és 20 tömeg% között van.

4. Az 1.–3. igénypontok bármelyike szerinti félvezető elem, azzal jellemezve, hogy a félvezető elem egy- vagy többrétegű napelemként, vékonyréteg napelemként, fémszigetelő-félvezető (MIS) napelemként, fotokémiai elemként vagy más hasonló elemként van megvalósítva.

5. Az 1.–4. igénypontok bármelyike szerinti félvezető elem, azzal jellemezve, hogy a pirit hőtágulási együtthatója 90 K és 300 K között $4.5 \times 10^{-8} \text{ K}^{-1}$, 300 K és 500 K között pedig $8.4 \times 10^{-8} \text{ K}^{-1}$.

6. Az 1.–5. igénypontok bármelyike szerinti félvezető elem, azzal jellemezve, hogy az FeS_2 képletű pirit egy elemi cellája 12 atomot tartalmaz, ahol az elemi cella szélessége $5.4185 \times 10^{-10} \text{ m}$, és a pirit hexaéder, kocka, pentagondodekaéder vagy oktaéder kristályszerkezetű.

7. Az 1.–6. igénypontok bármelyike szerinti félvezető elem, **azzal jellemezve**, hogy a piritből előállított félvezető alapanyag többzónás tisztítással van kezelve, és ~~célszerűen~~ ^{tegoroldó} 99.999%-os tisztaságú.

8. Az ²1.–7. igénypontok bármelyike szerinti félvezető elem, **azzal jellemezve**, hogy ~~amennyiben a félvezető elem többrétegű~~, a rétegek száma legfeljebb száz.

9. Eljárás az 1.–8. igénypontok bármelyike szerinti félvezető elem, különösen napelem, gyártására, **azzal jellemezve**, hogy félvezető alapanyagként vagy természetben előforduló, vagy vasból és kénből szintetikusán előállított FeS_2 képletű piritet használunk, amelyet bórral és foszforral társítunk vagy szennyezzük.

10. A 9. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a piritet, illetve amennyiben a piritet szintetikusán állítjuk elő, a félvezetőgyártás alapanyagaként szolgáló vasat és ként többzónás tisztítással ^{tegoroldó} 99.999%-os tisztaságig kezeljük.

11. A 9. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a piritet hidrotermális eljárással vagy nedves kémiai eljárással, előnyösen kémiai gőzleválasztással (CVT) állítjuk elő.

12. A 9. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a piritet tellurid, Na_2S vagy $FeCl_2$ megolvasztásával állítjuk elő.

13. A 9. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a pirit előállításához és/vagy szennyezéséhez gázfázisú transzportot használunk.

14. A 13. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a gázfázisú transzportnál szállító közegként Br_2 -ot használunk.

15. A 9. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a piritet plazmakénezással, termikus kénezással, molekuláris gőzfázisú leválasztással (MOCVD), reaktív porlasztással vagy permetezéssel pirolizissal állítjuk elő.

16. A 9. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy pirit alapanyag bórral és foszforral történő társítását vagy szennyezését epitaxiával végezzük.

17. A 9. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy pirit alapanyag bórral és foszforral történő társítását vagy szennyezését ion-implantációval végezzük.

18. A 9. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a piritel történő társításhoz 99.999%-os tisztaságú bórt és foszfort használunk.

legalkalmas

11 oldal leírás
 2 oldal rajz (kibővítés)

07.04.13
 M. D. K.

12006 / 07

1/2

NYOMDAPÉLDÁNY

Fig. 1

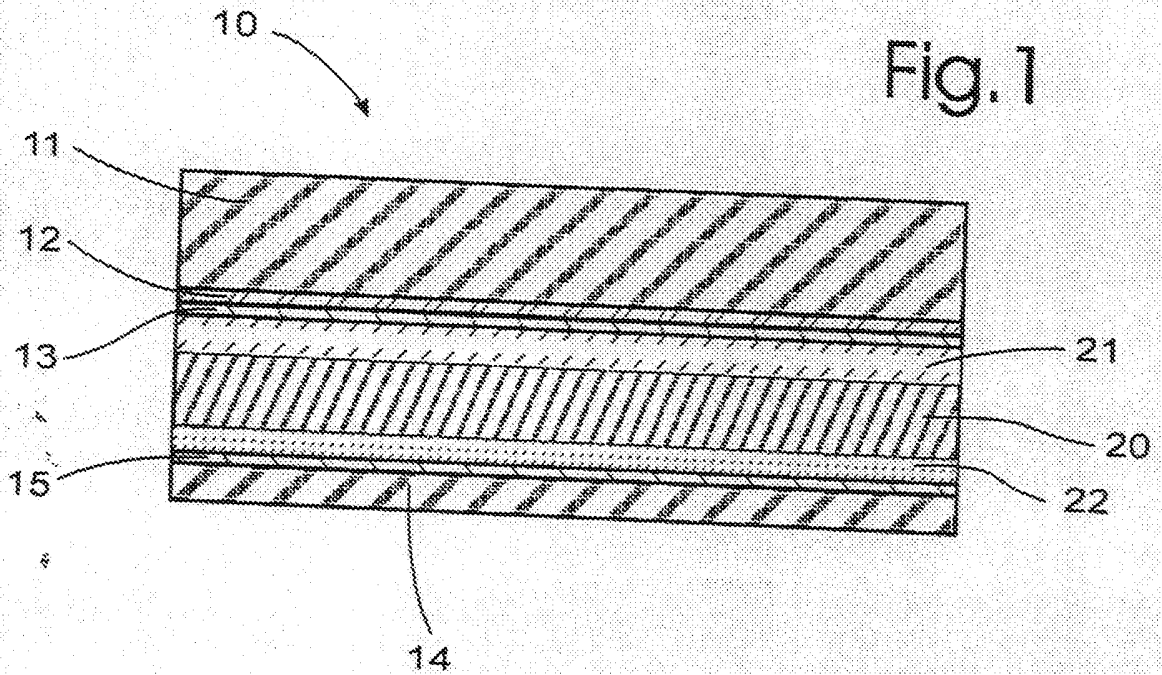
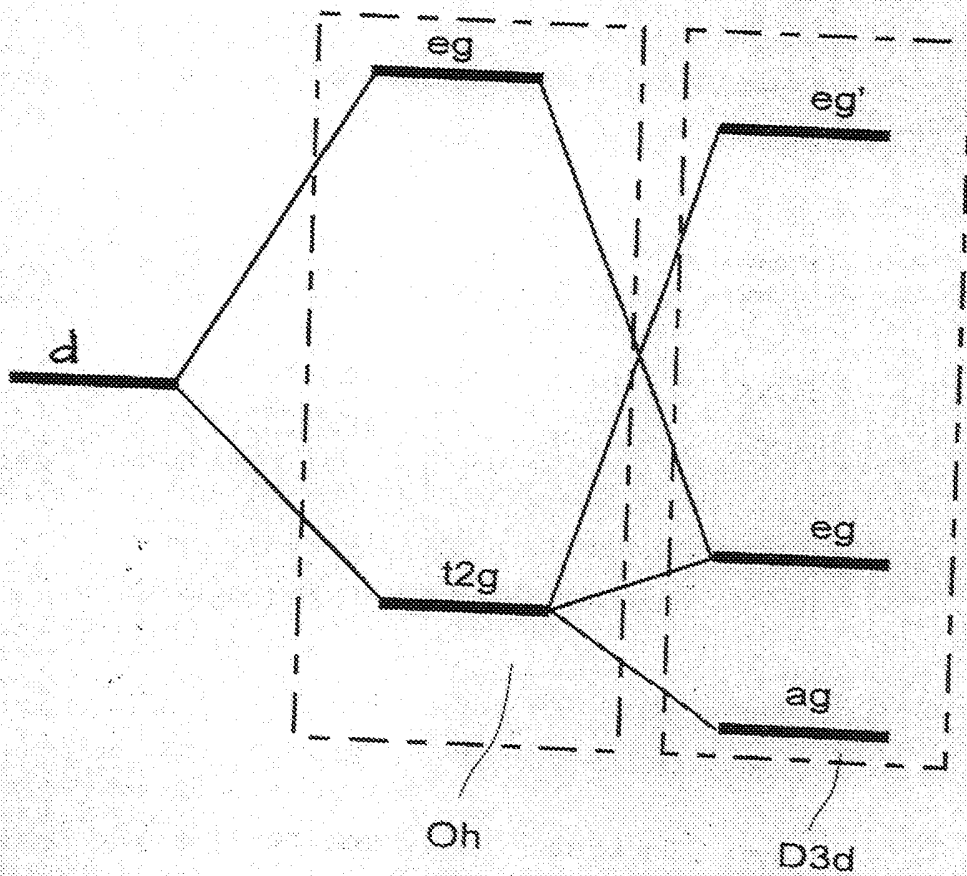


Fig. 2



dy

2007/07

Fig.3

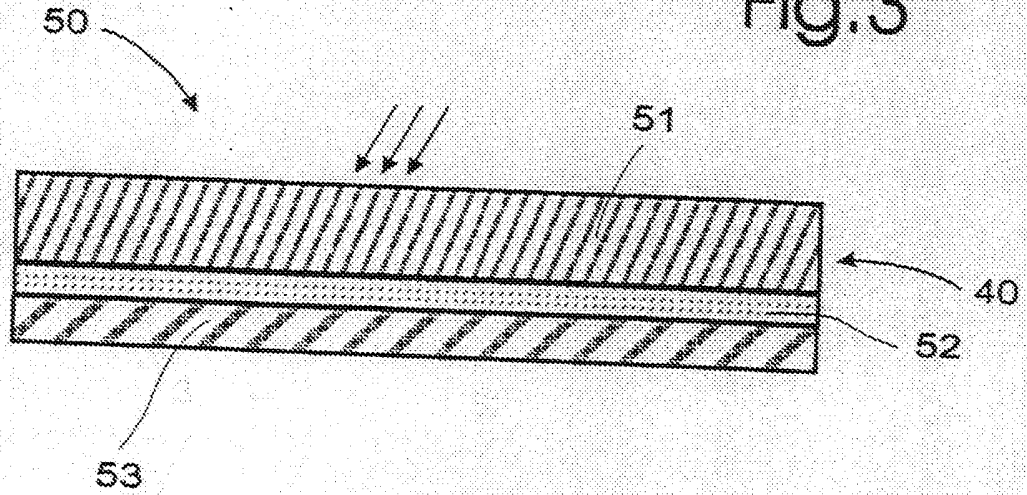
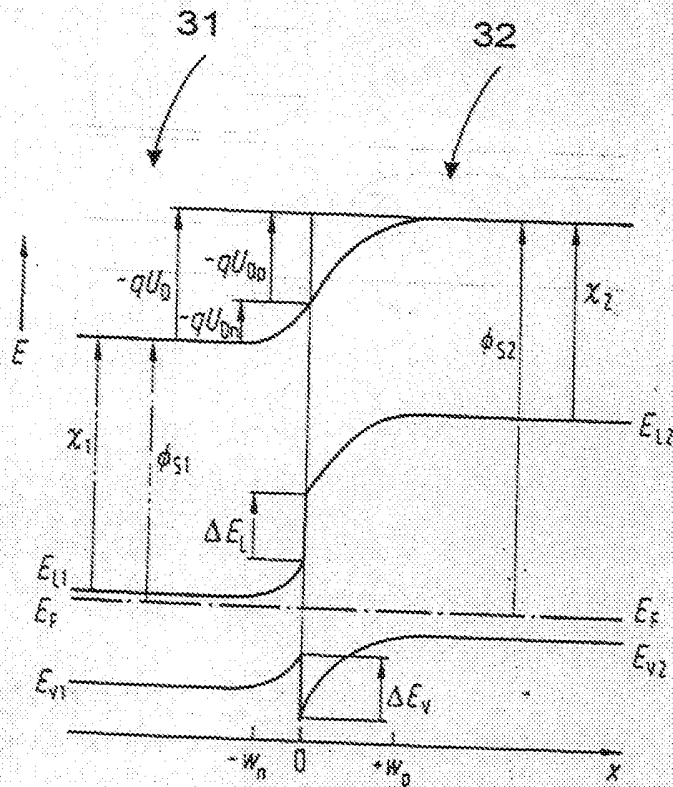


Fig.4



Handwritten signature