



A2

KÖZZÉTÉTELI PÉLDÁNY

AKUSZTIKAI ELEM, AKUSZTIKAI ESZKÖZ, HANGSUGÁRZÓ, AKUSZTIKAI ELNYELŐESZKÖZ, AKUSZTIKAI REZONÁTOR, AKUSZTIKAI BURKOLAT, RÖGZÍTŐESZKÖZ AUDIOEGYSÉGEK SZÁMÁRA, VALAMINT ELJÁRÁS REZONÁNS MÓDUSÚ HANGSUGÁRZÓRENDSZEREK ELŐÁLLÍTÁSÁRA

5

Kivonat

A találmány tárgya akusztikai elem, amely hajlítóhullámú rezgések végzésére képes panelként (1) van kialakítva, továbbá ~~izotróp panelhez képest a hajlítóhullámokat a levegőbe az akusztikai teljesítmény- és/vagy irányjelleggörbét tekintve egyenletesebben kicsatoló~~
10 ~~módon~~ a panel (1) hajlítómerevsége és/vagy felületi tömegsűrűsége koincidenca-frekvenciák tartományát létrehozóan változik a panel (1) felülete mentén, ahol a legnagyobb és a legkisebb koincidenca-frekvencia aránya legalább 1,2:1.

A találmány tárgya olyan akusztikai eszköz is, amely a panelként (1) kialakított akusztikai elemet és egy, az akusztikai elemhez csatlakoztatott átalakítót (3) tartalmaz^{2a}

15 A találmány tárgya még olyan hangsugárzó, amely a panelként (1) kialakított akusztikai elemet és a panelhez (1) csatlakoztatott, az akusztikai elemben hajlítóhullámokat gerjesztő, akusztikai kimenetet eredményező átalakítót (3) tartalmaz^{2a}, továbbá a hangsugárzó a koincidenca-frekvenciáinak a panel (1) akusztikai kimenetére gyakorolt hatását elsimítóan van kiképezve.

20 A találmánynak tárgyát képezi továbbá olyan akusztikai elnyelőeszköz, utózengés szabályozására szolgáló akusztikai rezonátor, akusztikai burkolat, valamint rögzítőeszköz audioegységek számára, amely a panelként (1) kialakított akusztikai elemet tartalmaz^{2a}

A találmánynak tárgya továbbá rezonáns módusokkal működő hangsugárzórendszer előállítására szolgáló eljárás^{2a}, amelynek során kiválasztjuk a panel (1) anyagát, a panel (1) mé-

~~retét és az átalakító (3) típusát, kiválasztjuk a panelen (1) az átalakító (3) kezdeti helyzetét,
kiválasztjuk a panel (1) kezdeti hajlítómerevség-profilját, iteratív módon változtatjuk az át-
alakító helyzetét és a panel (1) profilját, és ezzel kisimítjuk a panel (1) akusztikai frekven-
cia- és irányjelleggörbét, az iteratív módon meghatározott panelprofilnak megfelelő panelt
5 (1) készítünk, és az átalakítót (3) az iteratív módon meghatározott helyre rögzítjük azon/~~

Tárgya még a találmánynak hangsugárzó, amely tartalmaz: hangfrekvenciás hajlítóhullámú
rezgések végzésére képes panelt (1); a panelen (1) elhelyezkedő, a panelben (1) hajlítóhul-
lámokat gerjesztő, akusztikai kimenetet keltő átalakítót (3); ahol a panel (1) hajlítómerev-
sége a panel (1) élének környezetében változik, és aránylag állandó a panel (1) belső ré-
10 szén. (1. ábra)

B. R.

01.08.23.



KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

A2

**AKUSZTIKAI ELEM, AKUSZTIKAI ESZKÖZ, HANGSUGÁRZÓ,
AKUSZTIKAI ELNYELŐESZKÖZ, AKUSZTIKAI REZONÁTOR,
AKUSZTIKAI BURKOLAT, RÖGZÍTŐESZKÖZ AUDIOEGYSÉGEK
SZÁMÁRA, VALAMINT ELJÁRÁS REZONÁNS MÓDUSÚ**

5 **HANGSUGÁRZÓRENDSZEREK ELŐÁLLÍTÁSÁRA**

A találmány tárgya hajlítóhullám módusokat felhasználó panel formájú akusztikai eszköz, pontosabban ilyen panelt magába foglaló akusztikai elem, akusztikai eszköz, hangsugárzó, akusztikai elnyelőeszköz, akusztikai rezonátor, akusztikai borítás, rögzítőeszköz audioegységek számára, valamint a találmány tárgyát képezi rezonáns módusú
10 hangsugárzórendszerek előállítására vonatkozó eljárás.

Az elosztott paraméterű akusztikai eszközök számos publikációból, például a WO97/09842 számú nemzetközi közzétételi iratból ismertek. Az ilyen eszközök nem a hagyományos hangsugárzóknál megszokott módon hátrafelé és előrefelé (dugattyúszerűen) elmozduló membránnal működnek. Ehelyett az átalakító olyan merev panelhoz van kapcsolva, amely hajlítóhullámú rezgéseket végezhet. A hajlítóhullámú rezgések eloszlanak a
15 kívánt frekvencia tartományban, és kicsatolódnak a levegőbe. Ezt a technológiát gyakran használják hangsugárzók esetén, amelyeknél az átalakító akusztikai kimenőjelet eredményező hajlítóhullámokat gerjeszt a panelben.

A WO98/39947 számú nemzetközi közzétételi iratban, amelyet a jelen bejelentés elsőbbségi napja után tettek közzé, olyan elosztott paraméterű akusztikai eszközt írnak le, amely dugattyúszerűen is működtethető. Annak érdekében, hogy ennek tömegközéppontja az átalakító elhelyezésére alkalmas helyre kerüljön, a hajlítómerevség eloszlását olyan módon alakítják ki, hogy a hajlítómerevség középpontja ne essék egybe az átalakító helyével.

Gyakran előnyös nagyméretű merev panel alkalmazása. A nagyméretű merev paneleknek
25 jó nagy- és kisfrekvenciás tulajdonságaik vannak. Ugyanakkor a koincidenciafrekvencia



fölött, vagyis azon frekvencia fölött, ahol a hajlítóhullámok terjedésének sebessége megegyezik a levegőben terjedő hang sebességével, erős nyalábosítás lép fel.

Kisebb méretű paneleknél a koincidencia jelensége kisebb problémát jelent. Ugyanakkor a méret csökkentése lerontja a kislekvenciás átvitelt és csökkenti a módussűrűséget kislekvencián, ezáltal a ráfelelés kevésbé lesz egyenletes.

A koincidencia hatásainak csökkentése érdekében lehetőségünk van kevésbé merev panelek alkalmazására. Ez kétféleképpen veszélyezteti a nagyfrekvenciás tulajdonságokat. Egyrészt megerősödik a lengőtekercs tömegének hatása azáltal, hogy az impedanciája összehasonlítható lesz a panel impedanciájával kislekvencián, és ez befolyásolja a nagyfrekvenciás levágást. Másrészt a panel anyaga lengőtekercsen belülre eső részének apertúrarezonanciája, amely akkor következik be, amikor a panelbeli hullámhossz összemérhető az átalakító átmérőjével, kisebb frekvencián következik be kevésbé merev panel esetén. Ez a jelenség a hangnyomásban érzékelhető csúcsként éreztetheti hatását. Ráadásul a kisebb merevségű nagyméretű panel kislekvenciás átvitele aránylag rossz.

A jelen találmánnyal célunk a fent vázolt problémák megszüntetése, illetve hatásaik csökkentése.

A kitűzött feladatot olyan panel formájú akusztikai elem segítségével oldjuk meg, amely hajlítóhullámú rezgések végzésére képes, amelynek hajlítómerevsége és/vagy felületi tömegsűrűsége a panel felülete mentén változik, és így a koincidenciafrekvenciáknak egy olyan tartománya jön létre, amelynél a minimális és maximális koincidenciafrekvencia aránya legalább 1,2:1, így izotróp panelekhez képest a hajlítóhullámok egyenletesebben csatlódnak a levegőbe az akusztikai teljesítményt és/vagy az irányítottságot tekintve.

Az 1,2:1 koincidencia tartomány mérsékelt hatást hoz létre kiviteli alakoknál. Ugyanakkor szélesebb, legalább 1,5:1, előnyösen legalább 2:1 tartomány nagyobb hatás kibontakozását teszi lehetővé.

A koincidencia szabályozása nem képezi részét az elméleti ismereteknek, vagy a tankönyvi tudásnak. Bár a koincidencia jelensége ismert, azt olyan problémaként kezelik, amelyet el kell kerülni. Más tanítások szerinti eljárásoknál tömeget adnak az akusztikai elemhez, vagy egy hozzákapcsolt réteggel csillapítják azt. Ezek a beavatkozások alapvetően izotróp jellegűek.

A panel formájú akusztikai elem számos lehetséges akusztikai eszköznek részét képezheti. Ennek megfelelően készülhet akusztikai elnyelőanyag, utózungést szabályozó akusztikai rezonátor, akusztikai burkolat, vagy audioegységek rögzítőeszköze ilyen panel formájú akusztikai elem felhasználásával.

10 Fontos felhasználási területet képeznek az olyan aktív eszközök, amelyek a panel formájú akusztikai elemhez csatlakoztatva olyan átalakítóval rendelkeznek, amely elektromos jelet alakít hajlítóhullámokká vagy hajlítóhullámokat elektromos jelekké. Eszerint készíthető olyan mikrofon, amely egy fent leírt panel formájú akusztikai elemet, valamint egy olyan átalakítót tartalmaz, amely az elem hajlítóhullámait elektromos jelekké alakítja.

15 Különösképpen fontos alkalmazást jelentenek a hangsugárzók. Ennek megfelelően készíthető olyan hangsugárzó, amelynek részét képezi olyan panel elem, amelyben hangfrekvenciás hajlítóhullámok terjedhetnek, valamint a panel elemen elhelyezkedő olyan átalakító, amely hajlítóhullámokat gerjeszt a panelben, és ezzel akusztikai kimenőjelet hoz létre, ahol a panel elem hajlítómerevsége változik a panel elem felületén vett helyzet függvényében,

20 és így a koincidencia hatása a panel akusztikai kimenőjelét tekintve nem jelentkezik élesen.

A koincidencia hatása jelentkezhet a koincidenciafrekvencia felett fellépő nyalábosításban, vagy a frekvencia függvényében felvett kimenő hangnyomás vagy teljesítmény jelleggörbéken szakadások vagy csúcsok formájában, ahol a teljesítményt az egész féltérre integrálva és/vagy egy adott irányban mérhetjük. A találmány felhasználásával ezen jelenségek bár-

25 melyike vagy mindegyike csökkenthető lehet.

A hajlítómerevség megváltozása magával hozza a panelben terjedő hang sebességének megváltozását, és ezzel a koincidenciafrekvencia megváltozását. A hangsugárzás iránya ennek megfelelően ugyancsak változhat a panel felülete mentén. A hajlítómerevség változása a fentiek alapján úgy alakítható, hogy a sugárzott hang nagyobb szögtartományban oszoljék el, csökkentve ezzel a nyalábosítást.

Tovább menve, hajlítóhullámmal működő panel kimenő teljesítményét a frekvencia függvényében ábrázolva a koincidenciafrekvenciánál gyakran csúcs, ugrás vagy szakadás található. Ez a szabálytalanság kisimítható a koincidenciafrekvencia változtatásával.

A koincidenciafrekvencia fordított arányosságban van a hajlítási merevséggel, és általában a hajlítómerevség változtatásával változtatható. Ez ugyanakkor a panel vastagságának változtatásával érhető el.

A panel merevebb lehet az átalakítónál, így az apertúrarezonancia, amely azért alakul ki, mert a lengőtekercs tömegét egy véges felületdarabhoz kapcsoljuk hozzá, előnyösen magasabb frekvenciára tolódik merevebb panel esetén.

Másképpen a hajlítómerevségnek maximuma lehet az átalakító helyéhez közel. Például a panel készíthető szimmetrikusra, amikor a maximum közepén helyezkedik el, így ugyanis az elosztott módusú paneleknél előnyös középponttól különböző átalakító helyzet közel van, azonban nem egyezik meg a koincidenciafrekvencia minimumhelyével, amely általában a hajlítómerevség maximumánál van. „Közel van” alatt azt értjük, hogy kellőképpen közel van ahhoz, hogy az átalakító helyén a hajlítómerevség legalább maximumának 70%-a, előnyösen 80%-a, még előnyösebben 90%-a legyen.

Más kiviteli alakoknál a panel merevebb lehet a panel széleinél, mint a közepénél. A koincidenciafrekvencia ebben az esetben is kisimul a merevség változtatásával.

Az átalakító elhelyezkedhet a panel vékony részén, ahol a panel mechanikai impedanciája kisebb; a panel közepéhez közel, egy olyan részen, amelynek kisebb a merevsége, mint a panel átlagos merevsége. Ez elősegíti a kisfrekvenciás energia panelre csatolását.

5 A panel hajlítómerevségének maximuma lehet a középső részén (a középső harmadán mind kereszt- mind hosszirányban), és csökkenhet a merevség az élek felé. Ilyen panel kialakítható fröccsöntéssel, a panel középső, vastagabb része felől történő anyagbejuttatással.

A találmány a nagyméretű merev panelek előnyeit biztosítva ugyanakkor csökkent néhányat az előnytelen tulajdonságok közül, különösen a hallható tartományba eső koincidenciafrekvencia hatásait.

10 Ugyanakkor a találmányt nemcsak nagyméretű merev paneleknél alkalmazhatjuk. Az alább bemutatott kedvező eredmények közül néhányat kisméretű paneleknél értünk el.

Annak érdekében, hogy hatást gyakoroljunk a koincidenciára, a hajlítómerevségen kell változtatnunk a panel egy olyan régióján belül, amelynek lineáris mérete összehasonlítható vagy nagyobb, mint a kérdéses frekvenciatartományban a hang hullámhossza. Ez tipikusan
15 3-tól 4 cm lehet 10 kHz frekvencia esetén. Ennek megfelelően, ha a megnövelt hajlítómerevség nagyon kicsiny felületre terjed ki, az nem lesz alkalmas a koincidencia hatásainak kisimítására. A változással érintett felület megfelelő lineáris mérete így legalább másfélszerese, előnyösen duplája a koincidenciánál mérhető hullámhossznak. A koincidencia hatásainak csökkentéséhez megfelelő lehet, ha a változás által érintett felület legalább 5%-a a
20 panel felületének, előnyösen pedig 10%-a annak.

Az előző bekezdésben ismertetett feltételek mellett a hajlítómerevség változása koncentrálnálódhat az átalakító helyére. Például a hajlítómerevség gradiense nagy lehet az átalakító helyén, és lassan csökkenhet olyan vonalak mentén, amelyek az átalakító helyétől kiindulva kifelé futnak. Egyes kiviteli alakoknál az ilyen profil a koincidencia hatásainak meg-

felelő kisimítását eredményezheti. A gradiens nullára csökkenhet az átalakító régiójának szélén, vagy a változása kiterjedhet a panel széléig.

5 A hajlítómerevség konstans lehet a panel azon részein, amelyek távol helyezkednek el az átalakítótól, és így a hajlítómerevség változása az átalakítót tartalmazó részen koncentrálódik.

A hajlítómerevség változhat azonban egy, a panel elem élénél körben elhelyezkedő sávban is. A hajlítómerevségnek maximuma lehet az élénél, és lecsökkenhet egy bizonyos szintre a panel belsején, vagy minimuma lehet az élénél, és növekedhet befelé. Az ilyen panelnek az éle kerethez lehet rögzítve: a hajlítómerevség változás az éleknél így kívánság szerint egyezést, vagy eltérést okoz a panel és a rögzítés mechanikai impedanciája között, amellyel to-
10 vább befolyásolható az akusztikai kimenőjel.

Pontosabban, a hajlítómerevség változhat egy olyan élénél elhelyezkedő sávban, amelynek éltől mért szélessége nem több, mint a panel hosszának 10%-a.

A merevség csökkenése a panel éléhez közel a panel mechanikai impedanciájának csökkenését okozza annak az éléhez közeli részén. Ha ez a csökkent impedancia kisebb, mint a rögzítő kereté, akkor kevés energia jut át a panelről a keretre.
15

Hasonlóan a periférián a merevség megnövelése megnöveli a mechanikai impedanciát a panel ezen részén. Ha a panel rugalmas felfüggesztésen nyugszik, akkor a panel megnövelt impedanciája nagyobb eltérést hozhat létre, amely így minimalizálja a nemkívánatos energiaátadást a keretre. Ezzel ellentétesen, amennyiben a panel szilárd felerősítő kerethez
20 csatlakozik, akkor ez a panel simább átmenetét biztosíthatja a rögzített él felé, és így elősegítheti a végső szerkezet mechanikai robusztusságát.

Ráadásul bármelyik esetben a gyorsan változó hajlítómerevség az él közelében visszaverheti az akusztikai rezgési energiát a panel belseje felé, így csak kevés energia éri el a ke-
25 retet.

A hajlítómerevség gyorsan változhat az élhez közeli tartományban, és aránylag konstans lehet a panel belsején. Az is lehetséges, hogy a hajlítómerevség mind az átalakító környezetében, mind az élnél körben változik, és az él, valamint az átalakító környezete között egy olyan tartomány helyezkedik el, amelyben a hajlítómerevség csak kevéssé vagy nem

5 változik.

Egy másik lehetőség esetén a hajlítómerevség a panel felülete mentén hullámos mintázat szerint vagy több lépcsőben változhat.

Az f_c koincidenciafrekvencia, amelynél a levegőben terjedő hang sebessége megegyezik a panelben terjedőével

$$10 \quad f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{B}}$$

szerint változik, ahol c a levegőben terjedő hang sebessége, μ a panel felületi sűrűsége, és B a hajlítómerevség.

Valójában a hajlítómerevség változtatása mellett vagy ahelyett, bármelyik paraméter változtatható, amely megváltoztatja a sebességet a panelben, és ennek megfelelően a koinci-

15 denciafrekvenciát. Így lehetséges a héj Young-féle modulusának megváltoztatása, illetve a héj vagy a mag felületi sűrűségének megváltoztatása.

A panel több, a frekvencia mentén elosztott rezonáns hajlítóhullámú módussal rendelkező elosztott módusú panel lehet.

Másfelől, a kitűzött feladat megoldásának része olyan eljárás, amellyel olyan akusztikai

20 elemet hozunk létre, amelyben hajlítóhullámú rezgés terjedhet, és amelyben a hullám sebessége oly módon változik a koincidencia környezetében, hogy koincidenciafrekvenciák egy tartománya jöjjön létre.

Az eljárás további lépéseinél kiválasztjuk a panel anyagát és a panel méretét, kiválasztjuk a panel hajlítómerevségének kezdeti profilját, és iterációs eljárás során változtatjuk a panel

profilját vagy a héj húzómerevségét a felület mentén, annak érdekében, hogy javítsuk a panel frekvencia- és irányjelleggörbéit, azáltal hogy megváltoztatjuk a panelben a sebességet a koincidenciafrekvencia környékén, és ezzel a koincidenciafrekvenciák egy tartományát hozzuk létre. A panel profiljának iteratív változtatása során a rezonáns módusok panelen való eloszlását a frekvencia függvényében szintén optimalizálhatjuk.

A kitűzött feladat megvalósításának érdekében a találmánynak tárgyát képezi egy olyan hangsugárzó rendszert előállító eljárás, amelynek során kiválasztjuk a panel anyagát, és a panel méretét, valamint az átalakító típusát, kiválasztjuk a panelen az átalakító kezdeti helyzetét, kiválasztjuk a panel hajlítómerevségének kezdeti profilját, iteratív módszerrel változtatjuk az átalakító helyzetét és a panel profilját annak érdekében, hogy kiválasszunk egy olyan helyzetet és profilt, amely optimalizálja a panel frekvencia- és irányjelleggörbéit, annak érdekében, hogy a sík panelhez képest csökkentsük a koincidencia hatásait, előállítjuk az iteratív módszerrel kiválasztott panelprofilnak megfelelő panelt, és az átalakítót rögzítjük ahhoz az iteratív módszerrel kiválasztott helyre.

A méretet, a profilt és az átalakító helyét úgy választhatjuk ki, hogy ennek eredményeként olyan elosztott módusú hangsugárzót kapjunk, amelynél a kisfrekvenciás módusok kellőképpen elosztottak a frekvencia mentén, és amelynél az apertúrajelenség minimalizált nagyobb frekvenciákon.

A találmánynak tárgya még hangsugárzó, amely tartalmaz hangfrekvenciás hajlítóhullámú rezgések végzésére képes panelt, a panelen elhelyezkedő, a panelben hajlítóhullámokat gerjesztő, akusztikai kimenetet keltő átalakítót, ahol a panel hajlítómerevsége a panel élének környezetében változik, és aránylag állandó a panel belső részén. A panel élei lehetnek fogva, és a panel hajlítómerevsége élesen emelkedhet a panel éle felé.

Az alábbiakban a találmány egyes kiviteli alakjait mutatjuk be a példa kedvéért, hivatkozva a csatolt ábrákra, ahol az

1. ábra egy, a találmány szerinti hangsugárzót mutat be, a
2. ábra a találmány szerinti hangsugárzóknál felhasználható panelprofilokat mutatja be, a
- 3–6. ábrák összehasonlítási céllal állandó vastagságú hangsugárzó esetén mutatják a hangsebességet és az akusztikai kimenetet, a
- 5 7. ábra a találmány első kiviteli alakjának megfelelő hangsugárzó paramétereit mutatja, a
- 8–10. ábra a 7. ábrán látható hangsugárzó segítségével elért eredményeket mutatja, a
11. ábra a találmány egy második kiviteli alakjának paramétereit mutatja, a
- 10 12–14. ábrák a 11. ábrán illusztrált hangsugárzóval elért eredményeket mutatják, a
15. ábra a találmány egy harmadik kiviteli alakját mutatja, a
16. ábra a 15. ábrán látható panel felülete mentén a koincidenciafrekvencia változását szemlélteti, a
17. és 18. ábra a 15. ábrán látható hangsugárzó használatával kapott eredményeket mutatja, a
- 15 19–21. ábrák a 9. ábrán látható panelnél fellépő apertúrarezonancia hatásait mutatják, a
22. és 23. ábrák a hajlítómerevség változtatására alkalmas más módszert illusztrálnak, és a
24. ábra alternatív panelprofilokat mutat.

Az 1. ábrán olyan hangsugárzó látható, amely 1 panelt és ahhoz hozzáerősített 3 átalakítót foglal magába. A 3 átalakító rezonáns hajlítóhullámokat gerjeszt az 1 panelben, és ezzel az 1 panelt hang kisugárzására készíti. Elektromos 5 vezetők kötik a 3 átalakítót erősítőhöz. Ennél a kiviteli alaknál az 1 panel 7 magból és két 9 héjból áll. Alternatív módon az 1 panel lehet monolitikus felépítésű is.

A hangsugárzónál felhasznált 1 panel lehet elosztott módusú panel, mint amelyet például a WO97/09842 számú nemzetközi közzétételi irat és más bejelentések is feltárnak, ahol használható frekvenciaráfelelést azzal érünk el, hogy a rezonáns módusokat egyenletesen osztjuk el a frekvencia mentén, és az is előnyös, hogy ha a módusokat eloszlatjuk a panel felülete mentén.

A gerjesztett hullámok módusainak jó eloszlása érdekében az 1 panel alakját és a 3 átalakító helyzetét kiválaszthatjuk. A WO97/09842 számú nemzetközi közzétételi irat feltár néhány különösen előnyös alakot, például az olyan téglalapot, amely oldalainak aránya 1:0,882 vagy 1:0,707 izotróp panel esetén. Ezen arányokhoz képest némi változtatásra lehet szükség az 1 panel vastagságának profilja függvényében.

A 3 átalakító helyzete szintén fontos. A 3 átalakító helyének kapcsolódnia kell az elosztott rezonáns módusokhoz. A 3 átalakító néhány kedvező helyzete az 1 panel közepéhez közel, de nem pont középen helyezkedik el. Izotróp téglalap alakú panel esetén egy ilyen helyzet oldalhosszúsághoz viszonyított relatív koordinátái: $(\frac{3}{7}, \frac{4}{9})$, amely közel van a panel középpontjának $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ koordinátáihoz. Természetesen a jelen találmány szerinti változó hajlító-merevséggel rendelkező 1 panelek esetén az előnyös koordináták eltérhetnek ezektől az értékektől, amelyek mindazonáltal alkalmas kezdőpontul szolgálhatnak az optimális helyzet próbálás és hibázás módszerével történő megtalálásához. Másképpen lézeres vagy számítógépes analízis segítheti a 3 átalakító hatékony helyzetének meghatározását.

A hajlítóhullámú panelek gyártásának költségkímélő módja a fröccsöntés. Ez nemcsak a szerény egységár és amiatt van, hogy így egyenletes eredménnyel oldható meg a gyártás,

hanem azért is, mert így az 1 panel bizonyos részei, amelyek a 3 átalakítóhoz, vagy az 1 panelt felfüggesztő kerethez csatlakoztatják, és rögzítőeszközei az 1 panel szerves részeként kialakíthatóak a fröccsöntés során, megtakarítva ezzel az alkatrészek és az összeszerelés költségét. A fröccsöntés az olyan 1 paneleknél hatékony, amelyek a közepüknél vastagab-

5 bak, és az éleik felé elvékonyodnak, mint azt látni fogjuk.

Az elosztott módusú hangsugárzóknál az egyik olyan paraméter, amelynek szabályozását hasznosnak tartjuk, a koincidenciafrekvencia, és elsősorban az, hogy az hol helyezkedik el a frekvenciatartományban. Ennek az oka, hogy a koincidencia fölött az 1 panel más módon sugároz, mint az alatt. Az f_c koincidenciafrekvencia néhány megvalósított hajlítóhul-

10 lámú 1 panel esetén gyakran valahol a hallható frekvenciatartományon belül helyezkedik el, és ennek hallható káros hatásai lehetnek. A koincidenciafrekvencián a hangsugárzás erősebb egy szélesebb szögtartományban, amely szögtartomány az 1 panel normális iránya felé összezárul, ahogy a frekvencia növekszik. A sugárzás szögének azon megváltozása, amely azalatt következik be, amíg a frekvencia a koincidenciafrekvencia alól afölé nő, tér-

15 beli energiaeltolódást okoz, ami nemkívánatos lehet. Ezen túlmenően az apertúrahatás korlátozza a kevésbé merev panelek nagyfrekvenciás átvitelét. A befogott elosztott módusú hangsugárzók alkalmazása lehetővé teszi kevésbé merev panelek használatát, de a tömegsűrűség megnövelése alapvetően nemkívánatos lehet, mivel az az érzékenység csökkenését eredményezi.

Úgy gondoljuk, hogy kívánatos lehet a koincidenciafrekvencia káros hatásait oly módon csökkenteni, hogy csökkentjük az egyetlen frekvenciához tartozó energiatartalmat azáltal, hogy azt eloszlatjuk egy frekvenciatartományon azzal, hogy az 1 panel felülete mentén változtatjuk a hajlítómerevséget. Ez összességében azzal a hatással jár, hogy ahelyett, hogy a sugárzás egy hirtelen, nagy energiatartalmú átmeneten menne keresztül, inkább egy

25 széles koincidenciatartományon bekövetkező sima átmenet fog jelentkezni.

Az 1 panel felülete mentén változó hajlítómerevség miatt a hajlítóhullámok hullámhossza a koincidencia körüli frekvenciatartományban változik a panel felülete mentén. Például ab-

ban az esetben, ha a vastagság növekszik középtől kifelé, akkor a hullám sebessége növekszik a panel élei felé. Ellenkező esetben a hullám sebessége csökken, ha az elvékonyodás fordított. Ez megváltoztatja a hajlítóhullámokhoz kapcsolódó sajátvektorokat a panel felülete mentén.

5 Az 1 panel merevségének gradiense számos módon változtatható. Az alkalmas módszerek között van:

1. Az 1 panel vastagságának változtatása az 1 panel felülete mentén a fröccsöntés során történő habosítással. A 2. ábrán ennek néhány változata látható. Valószínűleg a megnövelt vastagsággal együtt jár némi megnövelt tömeg is. A tömeg növekedése kicsiny lesz a merevség megnövekedéséhez képest. Mivel az utóbbi gyorsabban változik a vastagsággal (körülbelül a vastagság négyzetével arányosan, szendvics szerkezet esetén) összehasonlítva a tömeg megváltozásával, amely a vastagság tört részével arányosan növekszik (a hab tömegsűrűsége nagyon kicsiny lehet).
- 10 2. Monolitikus öntvény használata esetén merevséggradiens és felületisűrűség-gradiens hozható létre (lásd a 2. ábrát). Ebben az esetben a vastagság megduplázódása a merevség nyolcszoros megnövekedését okozza, míg felületi tömegsűrűség csak megduplázódik. Így ez járható utat jelent monolitikus panelek esetén.
- 15 3. A merevséggradiens előidézhető habosított anyag, például Rohacell vagy olyan szendvics szerkezetű 1 panel kívánt alakra sajtolásával, ahol 9 héjak zárnak maguk közé habosított 7 magot. Ebben az esetben a tömegsűrűség állandó az 1 panel felülete mentén.
- 20 4. A merevséggradiens előidézhető úgynevezett „intelligens polimerek” felhasználásával, amelyek modulusának gradiense van a hosszuk vagy a felületük mentén. Változó felületi vagy területi merevségű polimerek megvásárolhatóak lapok formájában, és felhasználhatóak rétegelt szerkezetek kialakítására vagy fröccsöntés során, valamint
- 25

egyéb gyártási eljárások alkalmazása során. Ebben az esetben megtarthatjuk az 1 panel egyforma vastagságát, és elérhetjük a kívánatos merevséggradienst anélkül, hogy befolyásolnánk a tömeget.

5. Alakos, görbült vagy redőzött 1 panel használata. Ez a technika csak szerény merevséggradienst fog okozni, hacsaknem nagyon kis görbületi sugarakat hozunk létre. Ez az eljárás hatékony lehet azokban az esetekben, amikor a kívánt „forma” összeházasítható a stílusos megjelenéssel (lásd a 22. és 23. ábrát).
6. A 7 mag a kívánt profilú alakra marható vagy csiszolható. A 9 héjak a mart vagy csiszolt 7 mag bármelyik oldalához rögzíthetőek.
- 10 A fröccsöntés kiválóan alkalmas nagyszámú hajlítóhullámú 1 panel előállítására, alacsony költséggel és egyenletes minőségben. Bár a monolitikus sugárzók egyszerű módon önthetőek, nem alkalmazhatóak némely felhasználás esetén.

Ezek a módszerek olyan megoldásait szolgáltatják az öntés problémakörének, amelyek nem járnak járulékos költséggel, mivel a habosításhoz aránylag kevés pótlólagos anyagra van szükség. A merevség kettes szorzóval való változtatása a koincidenciafrekvenciát körülbelül 40%-os mértékben fogja szétteríteni (például 10 kHz-től 14 kHz-ig), amely kellően hasznos és elégséges lehet a legtöbb felhasználási módnál a koincidenciafrekvencia/energia szétterítésére.

A 2. ábrán néhány ilyen lehetséges merevségváltozással rendelkező hajlítóhullámú 1 panel látható. Egy ezek formálására alkalmas eljárás során a külső részükön vastagság változást hozunk létre pozitív vagy negatív gradienssel. Az 1 panel 7 magjában szabályozva a habképző szert, nagy merevséggradienst hozhatunk létre az 1 panel mentén. Monolitikus 1 panel esetén a merevség a vastagság köbével arányosan változik, míg szendvics szerkezetű panel esetén a merevség körülbelül a vastagság négyzetével arányosan változik.

Azokban az esetekben, amikor a merevséggradiens negatív az 1 panel élei felé tartó irányokban, az alábbi előnyös hatások közül egy vagy több elérhető:

- 5 Elsősorban az 1 panel közepe környékén lévő nagyobb merevség miatt a 3 átalakító tekercsének véges mérete folytán fellépő apertúrahatás csökkenthető. Másodsorban az 1 panel szabad felfüggesztését megközelítő helyzet érhető el, amely bizonyos felhasználások esetén azzal az előnnyel jár, hogy az 1 panel felfüggesztése vagy kerete felé egyenletes átmenet biztosított. Harmadsorban megvalósíthatóvá válik az 1 panel fröccsöntéssel való előállítás, az 1 panel közepe felől történő anyagbejuttatással. Ez kis tömegű, habosított 7 magot eredményez.
- 10 Ellenben, ha a merevséggradiens pozitív az 1 panel élei felé tartó irányokban, a merevséget szándékosan növelhetjük annak érdekében, hogy egyenletes átmenetet biztosítsunk befogott élű 1 panel esetén. Ez növeli a végső szerkezet mechanikai ellenállóképességét.

- 15 Az 1 panel gerjesztése a kívánalmaknak megfelelő tetszőleges módon elérhető, például a korábbi szabadalmi bejelentéseinkben leírtaknak megfelelően. Tehát azt a célt kell szem előtt tartani, hogy az 1 panel módusait egyformán gerjesszük, annak érdekében, hogy a (mechanikai teljesítményt fogadó) mechanikai impedancia és/vagy a sugárzott akusztikai teljesítmény kellőképpen egyenletes legyen a tervezett frekvencia tartományban). Az ilyen optimális helyzet(ek)et analízis, például végeelem-módszer, vagy kísérletek segítségével kaphatjuk meg.
- 20

- 25 A hajlítóhullámú 1 panelek viselkedése jól jellemezhető hajlítóhullámokkal kisfrekvencián, ahol az 1 panelnek konstans hajlítómerevsége és tömegsűrűsége van. Ugyanakkor nagyfrekvenciákon az olyan hatások, mint például a koincidencia és az apertúrarezonancia, eltéréseket okozhatnak a statikusan számolt értékeken alapuló előrejelzésekhez képest, mivel az ilyen nagyfrekvenciákon az 1 panel nagymértékben nyíró igénybevétellel működik, amely olyan hajlítómerevséggel jellemezhető, amely nagyobb frekvenciákon csökkenő ten-

denciát mutat. A pontos nagyfrekvenciás viselkedés csak az 1 panel anyaga nyíró tulajdonságainak teljes ismeretében határozható meg, amely nem mindig áll rendelkezésre. Így a konstans hajlítómerevséget tartalmazó alapvető egyenletekből levont következtetések néhány panelanyag esetén nem biztos, hogy a tényleges viselkedést írják le a koincidencia környékén. A találmány szerinti 1 panelek akusztikai tulajdonságának meghatározása érdekében rezgésanalízisre és kísérletekre lehet szükség.

Az akusztikai teljesítmény a hangnyomásszintnek a tér minden irányába vett integrálja. A frekvencia függvényében sima jellegű görbe gyakran a hangminőség fontos tényezője. A hajlítóhullámú 1 panelek esetén a kimenő teljesítményben a koincidenciánál mutatkozó szabálytalanságot szétkenhetjük egy frekvenciatartományon az 1 panel vastagságának változtatásával. A meghajtás helyétől távolodó irányban megnövelve a merevséget a koincidencia kisebb frekvenciák felé kenődik el, ezzel ellenkezőleg, csökkentve a merevséget a tartomány a magasabb frekvenciák felé terjed ki.

Nagyméretű, könnyű 1 panelt feltételezve, a sugárzási csatolás mértékének megnövelése a koincidencia fölött azt jelenti, hogy az 1 panelba betáplált energia a gerjesztés helyéhez közeli részről lesz elsugározva. A 3 átalakítótól távolodva, az 1 panel sebessége fokozatosan csökken, és kisebb teljesítmény sugárzódik el. Ennek megfelelően az 1 panel vastagságának változását a 3 átalakítóhoz aránylag közeli részre kell koncentrálni, máskülönben a változás az 1 panel azon részén következik be, amely nem vesz részt különösebben a sugárzásban, és így az csak kicsiny hatással lesz. Ez azzal az előnnyel is jár, hogy az 1 panel vastagságának változtatása kisebb mértékben befolyásolja annak kisfrekvenciás viselkedését: kisfrekvencián (koincidencia alatt) a sugárzás hatásfoka nagymértékben csökken, és az energia a frekvencia mentén elosztott rezonáns hajlítóhullámú módusok formájában lesz jelen az 1 panel egész felületén.

Más esetben, nehéz 1 panelt tekintve, a sugárzási csatolás alacsonyabb, és ráadásul a hangot az 1 panelhez képest nagyobb felület sugározza el. Ezért a merevség vagy a hullám sebességének változása az 1 panel nagyobb részén kell, hogy koncentrálódjék.

Ugyanezen okból, az a felület, amelyen a változást el kell osztani, ugyancsak függ a szerkezeti anyagcsillapítástól, amennyiben ez nagyobb, mint a sugárzási csillapítás.

Összegezve, a koincidencia elkenéséhez szükséges profil az 1 panel tömegsűrűségétől, hajlítómerevségétől, nyírótulajdonságaitól és csillapításától függ.

- 5 Elvben az 1 panel hajlítómerevségének változtatása kiszélesíti az irányjelleggörbét is. Olyan 1 panel esetén, amelynek merevsége a 3 átalakítótól távolodva csökken, a hangsugárzás kiterjed az 1 panel normális irányával bezárt nagyobb szögekre is. Ezzel ellentétesen, növekvő merevségű 1 panel esetén a hangsugárzás kiterjed az 1 panel normális irányával bezárt kisebb szögekre is. Akár így, akár úgy, a szögtartomány megnő.
- 10 A gyakorlatban az 1 panel sugárzásának irányjelleggörbáját sokkal nehezebb egyenletesebbé tenni, kisimítani, mint az akusztikai teljesítmény jelleggörbáját, mint az az alábbiakból kiderül.

Vizsgáljuk a sugárzás koincidencia feletti nyalábosítását az 1 panel v_{panel} sebességéből kiindulva. A nyalábnak az 1 panel normális irányával bezárt szögét az alábbi egyenletből határozzuk meg:

- 15

$$\Theta = \sin^{-1} \left(\frac{c}{v_{panel}} \right).$$

Egy adott frekvencián az 1 panel különböző hajlítóhullám-sebességgel rendelkező részei különböző irányokba sugároznak, amely így az irány függvényében a hangenergia egy adott irányjelleggörbáját eredményezi.

- 20 A frekvencia növekedtével az 1 panel sebessége nő, és a sugárzott hang szöge a normális irány felé mozdul el a fenti egyenletnek megfelelően. A szög változása a sebességre tekintettel nagy nagy szögek esetén, és csökken, ahogy a normális irányhoz közelebbi szögeket

vizsgálunk. Így, ahogy a frekvencia nő, a hang változó irányjelleggörbe szerint kerül kisu-
gárzásra. Az energia a normális irány körül egyre szűkebb nyalábban összpontosul.

Az irányjelleggörbe a növekvő frekvenciával változtatja alakját. Speciális módon változtatva
a hajlítómerevséget az 1 panel felülete mentén, egyenletesebb akusztikai kimenetet érhe-
tünk el egy adott frekvencián, de a kimeneteket összegezve kevésbé sima kimenetet ka-
punk más frekvenciákon.

Ennek alternatívájaként elérhetjük, hogy a hangnyomásszint egy adott hallgatási szög-
aránylag állandó maradjon. Ugyanakkor más irányban a hangnyomásszint nem lesz ál-
landó, és nagyobb nyalábosítást tapasztalhatunk.

Összegzésképpen nem érhetünk el maximálisan sima irányjelleggörbét minden frekven-
cián, vagy maximálisan sima frekvencia-jelleggörbét minden irányban. A tervezés során
olyan ésszerű kompromisszumra kell törekedni, amely aránylag sima frekvencia-jelleggör-
bét eredményez egy bizonyos iránytartományban, és aránylag sima irányjelleggörbét ad
egy bizonyos frekvenciatartományban.

15 **Kísérleti eredmények.**

A 4–10. ábrákon látható eredményeket szolgáltató mérések során használt 1 panel össze-
sajtolatlan Rohacell 7 magot tartalmazott 100 μm vastag üvegből készült 9 héjak között. A
változó vastagságú 1 panelt úgy alakítottuk ki, hogy a megfelelő alakra csiszolt Rohacell
lemezekből készült 7 magra lamináltuk a 9 héjakat. Aránylag nagyméretű 1 panelokat vá-
lasztottunk annak érdekében, hogy a koincidencia hatása kihangsúlyozódjék, és az összes
1 panel az alábbi méretekkel rendelkezett (mididemo méret):

az 1 panel hosszúsága: 544 mm

az 1 panel szélessége: 480 mm

az 1 panel felülete: 0,26 m^2 .

Gerjesztési pontnak az 1 panel közepét választottuk annak érdekében, hogy egyszerűbb legyen a mérendő 1 panelek alakja. A 3 átalakító egy 4 ohmos NEC elektrodinamikus 3 átalakító volt 13 mm-es átmérőjű lengőtekerccsel.

Az összes 1 panelen az alábbi méréseket végeztük el:

- 5 1) Hangnyomásszint az 1 panel körül a szög függvényében.
A mikrofon távolsága = 1 m.
Az 1 panel hangfalban van elhelyezve. Teljes felület = 1 m².
A mért értékeket dB-ben ábrázoltuk.
A görbe nincs simítva.
- 10 2) Irányjelleggörbe egy adott frekvencián az irányítottság bemutatására.
A mikrofon távolsága = 1 m.
Az 1 panel hangfalban van elhelyezve. Teljes felület = 1 m².
A mért értékeket dB-ben ábrázoltuk.
A görbe harmadoktávsvámban simított annak érdekében, hogy kisimítsuk a hajlítóhul-
15 lámú 1 panel sugárzására jellemző finom, részletes ingadozásokat, és ezzel kiemeljük
a koincidencia okozta hatásokat.
- 3) Akusztikai teljesítmény.
A mikrofon távolsága = 1 m.
Az 1 panel hangfalban van elhelyezve. Teljes felület = 1 m².
20 A mért értékeket dB-ben ábrázoltuk.
A görbe nincs simítva.

4) A gerjesztési pont sebessége lézeres sebességmérő rendszerrel mérve.

A mért értékeket mm/s/V egységben ábrázoltuk.

A görbe nincs simítva.

5) Az 1 panel sebességeloszlásának képe az 1 panel felülete mentén. Ezt egy adott gerjesztő frekvencia mellett az 1 panel hullámhosszának meghatározására használtuk, amelyből a hajlítóhullám sebessége számítható.

Először az összehasonlítási alapul szolgáló állandó hajlítómerevségű 1 panelek esetén kapott eredményeket ismertetjük.

A 3a ábra a hajlítóhullám sebességét mutatja az 1 panel anyagának jellemzőiből számolva három különböző, de állandó panelvastagság, 4 mm, 3 mm és 2 mm esetén. A 3b ábra az 1 panel sebességének kísérleti úton meghatározott értékeit mutatja az 1 panel rezgés-képéből meghatározva egy rögzített frekvencián. Kisfrekvencián az előre jelzett értékek megfelelnek a kísérleti értékeknek. Ugyanakkor nagyobb frekvenciákon a mért sebességértékek kisebbek, mint az előre jelzett értékek a nyírásból adódóan. A sebesség kisebb mértékben változik a frekvencia függvényében, mint annak a négyzetgyökös összefüggésnek megfelelően, amelyet tiszta hajlítóhullám esetén várnánk nagy frekvenciákon.

A 3. ábra diagramjain egy c vonal is látható, amely a levegőben terjedő hang sebességét mutatja. Azon frekvenciák a koincidenciafrekvenciák, ahol ez a c vonal metszi a különböző vastagságú 1 panelek sebességgörbéjét. A statikus vagy kisfrekvenciás hajlítómerevségből megjósolt/számított értékek azt mutatják, hogy a koincidenciafrekvencia 5 kHz-ről 8,5 kHz-re növekszik, ha az 1 panel vastagságát 4 mm-ről 2 mm-re csökkentjük. A gyakorlatban a vastagság ilyen megváltoztatása a koincidenciafrekvenciát sokkal nagyobb mértékben, 5 kHz-ről 14 kHz-re változtatja. A 4 mm-es 1 panelnek 5 kHz-es koincidenciafrekvenciája, a 3 mm-esnek 7 kHz-es koincidenciafrekvenciája és a 2 mm-es 1 panelnek 14 kHz-es koincidenciafrekvenciája van.

A később tárgyalt változó vastagságú 1 panelnek 4 mm-es a vastagsága a gerjesztési pontban, amely 2 mm-re csökken az éleknél.

A koincidencia hatásai, amelyek befolyásolását a találmány megcélozza, a 4–6. ábrákon láthatóak, amelyek a 4 mm-es állandó vastagságú, sík 1 panel mérési eredményeit mutatják.

A 4. ábrán egy-egy pontban felvett frekvenciaráfelelések láthatóak az 1 panel normális irányában, illetve azzal 40° és 80° szöget bezárva. Az 1 panel normális irányával bezárt szög növekedtével a kisfrekvenciák csillapítottak akusztikai kioltás következtében. 80° -nál egy nagyfrekvenciás csúcs mutatkozik 5 kHz közelében, amely ezen 1 panel koincidenciafrekvenciája. 80° -nál az akusztikai kimenet csúcsa eléri a 80 dB-t, amely körülbelül 14 dB-lel nagyobb, mint a normális irányban felvett ráfelelés ezen a frekvencián. A ráfelelésben észlelhető ezen csúcs, amelyet bizonyos fokú csillapítás követ a nagyméretű, merov 1 panelek esetén fellépő koincidenciajelenség jellemzője.

Az 5. ábrán látható irányjelleggörbék a hangnyomást mutatják különböző irányokban 6 kHz-en, 9 kHz-en és 15 kHz-en. A sugárzás beszűkülése világosan látható, amely 90° -nál kezdődik 6 kHz-en, és kevesebb, mint 60° -ig fokozódik 15 kHz-en. Ez a nyalábosítás — ami azt jelenti, hogy a besugárzott szögtartomány csökken a növekvő frekvenciával — a koincidenciajelenség jellegzetessége.

A 6. ábrán az akusztikai teljesítmény a frekvencia függvényében látható. Kisfrekvencián a teljesítmény lassan változik. Ugyanakkor, ahogy a frekvencia növekszik, a teljesítmény egy maximum eléréséig növekszik, ez a maximum közel van a koincidenciafrekvenciához, majd ezután a teljesítmény visszaesik magasabb frekvenciákon. A maximum sokkal szélesebb annál, mint amit az 5. ábrán látható hangnyomásgörbéken tapasztalhatunk. Ez azért van, mert a teljesítménymérés az egész szögtartományra integrálja a hangnyomásszintet, és így nem tükrözi a változó irányítottságot, hanem csak a teljes akusztikai kimenetet, amely aránylag lassan változik a frekvencia függvényében. A teljesítményráfelelésben jelentkező

ezen maximum szintén az ebben az esetben nagyméretű, merev hajlítóhullámú sugárzóknál fellépő koincidenciajelenség jellegzetessége.

Ezennel áttérünk a találmány szerinti hangsugárzó első kiviteli alakjának tárgyalására. A hangsugárzó változó vastagságú 1 panellal rendelkezik.

- 5 A 7a ábrán a változó vastagságú 1 panel profilja látható az 1 panel közepétől mért relatív távolság függvényében. Az 1 panelt mind az x , mind az y irányban ilyen profilúra martuk, és így annak középső részén egy gúla alakult ki. A megfelelő koincidenciafrekvencia görbe a 7b ábrán látható, amelyből kitűnik, hogy a nagyobb változás a gerjesztési helyhez aránylag közel helyezkedik el.
- 10 A 8. ábrán az 1 panel körül növekvő szögben elhelyezkedő egyes irányokból felvett frekvenciaráfelelések láthatóak. A normális irányú ráfelelés hasonló a referencia 1 paneléhez, mind a nagy-, mind a kisfrekvenciás részen.

A koincidencia környékén a sík 1 panelnél tapasztalt maximum 10 dB-lel csillapodott ennél a kiviteli alaknál. A maximum szélessége is körülbelül kétszeresére nőtt.

- 15 A koincidencia fölött az összehasonlító példánál a normális irányú ráfeleléshez képest a 80°-os görbénél a hangnyomásszint tapasztalt nagymértékű csillapítása nem jelentkezik az ezen kiviteli alak szerinti 1 panelnél, ez nagymértékben javítja a nagyfrekvenciás, normális irányon kívüli ráfelelést.

- 20 A 9. ábrán a hangnyomásszint irányjelleggörbéi láthatóak ugyanazokon a 6 kHz-es, 9 kHz-es és 15 kHz-es frekvenciákon, mint amelyet az 5. ábrán bemutattunk. A két ábrát összehasonlítva világosan látható, hogy ezen első kiviteli alak szerinti 1 panel esetén az irányjelleggörbék jelentősen kisebb nyalábosításról tanúskodnak, mint a sík referencia 1 panel esetén.

A 10. ábrán az első kiviteli alaknak megfelelő 1 panel által sugárzott akusztikai teljesítmény látható. Amennyiben ezt összehasonlítjuk a referencia 1 panel 6. ábrán látható ráfelelésével, nyilvánvalóvá válik, hogy a koincidenciánál fellépő maximum 5 dB-lel kisebb szintű, és szélesebb frekvencia tartományra terjed ki, mint az előre jelezhető volt az olyan

5 változó vastagságú 1 panelek esetén, amelyek merevsége csökken az élük felé.

Összefoglalva, a vizsgált 1 panel jelentősen kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkezik a sík 1 panelhez képest a koincidencia miatt felmerülő összes problémával kapcsolatban. Mint ilyen, ezzel kedvező kompromisszumot képvisel a panelprofil tekintve, jelentős kedvező hatásokat felmutatva a koincidenciából adódó problémák mindegyikével kapcsolatban,

10 ugyanakkor a jó frekvenciaráfelelést megtartva.

A 11–14. ábrákon a találmány egy második kiviteli alakjának megfelelő olyan hangsugárzó mérési eredményei láthatóak, amelynél az 1 panel felülete mentén a gradiens nagymértékben változik. Ezek az eredmények nagymértékben hasonlítanak azokhoz az eredményekhez, amelyeket a 7. ábrán látható 1 panelnél kaptunk.

Mind a két 1 panel kedvező kompromisszumot képez a koincidencia sugárzási jellemzőinek összes jellegzetességét javítva. A második 1 panel az elsőhöz képest kismértékben kedvezőtlenebb adott irányból felvett frekvenciaráfeleléssel és akusztikaiteljesítmény-görbével rendelkezik. Ugyanakkor az adott frekvencián felvett irányjelleggörbéi kismértékben jobbak. Mivel az optimalizálás minden esetben kompromisszummal jár, a tervező választhat az

15 adott felhasználásnak megfelelő követelményeknek megfelelően.

20

Az első két kiviteli alak közepes méretű 1 panelre mutatott példát. A következőkben tárgyalt harmadik kiviteli alak kisméretű (A5 – 210-szer 148,5 mm). A 15. és 16. ábrák a panelprofil mutatják. Mint látható, a vastagság nagyon nagymértékben változik. Az 1 panel 14,5 mm vastag Rohacellből készült a közepén 10,8 mm-esre, míg az élénél 1 mm-

25 esre sajtolva. A sík referencia 1 panel egész felülete mentén 9,8 mm-esre lett sajtolva. A 3 átalakító az 1 panel hátoldalára lett rögzítve olyan helyre, amely optimális izotróp 1 panel

esetén. Ezzel a gerjesztési hellyel jó eredményeket értünk el a változó vastagságú 1 panel esetén is, bár a gerjesztési hely további optimalizálása megfontolandó.

A 16. ábrán a koincidenciafrekvencia görbéje látható, amelyet az 1 panel felülete mentén vett helyzet függvényében számítottunk ki. Az azonos méretű 10 mm vastag sík 1 panel és a változó vastagságú 1 panel összehasonlító mérési eredményei a 17. ábrán láthatóak. Az akusztikaiteljesítmény-mérések eredménye a 18a ábrán (sík 1 panel) és a 18b ábrán (változó vastagságú 1 panel) láthatóak.

Amint látható, az 1 panel kiváló széles irányítottságot mutat, a hang még 13 kHz-en is egyenletesen kerül kisugárzásra az előoldali féltérbe. A változó vastagságú 1 panel teljesítményráfelelése nem mutat szignifikáns ugrást 5 kHz környékén. Egy ilyen kiugrás tisztán látható a referencia 1 panel ráfelelésében. Meg kell említenünk, hogy ezek az 1 panelek egy üreges dobozra voltak felszerelve, amely egy 500 Hz környéki maximumot idézett elő. Ezt egy gyakorlati hangsugárzó esetén valamilyen módon, például elektromos szűrővel, vagy másképpen le kell küzdeni. Ezt a doboz okozza, nem pedig a változó vastagság.

Számos vizsgálatot végeztünk további paneleken. Az eredmények a koincidenciából adódó különböző hatásokkal kapcsolatos javulásról árulkodnak a találmány szerinti panelek esetében. Az irányítottsággal kapcsolatos hatások kiegyenlítésénél a profil nagy fontossággal bír, ugyanakkor a pontos profil nem túlzottan fontos a teljes akusztikai teljesítmény kisimítása szempontjából.

A 19–21. ábrák három, 25 mm-es átmérőjű lengőtekerccsel rendelkező 3 átalakítóval gerjesztett 1 panel gerjesztési pontjának sebességét vizsgáló mérést mutatnak be. A 19. ábra egy 4 mm-es sík 1 panel mérési eredményeit, a 20. ábra az első kiviteli alak szerinti 1 panel mérési eredményeit, és a 21. ábra egy 2 mm-es sík 1 panel mérési eredményeit mutatja.

Az apertúrarezonancia egy 10 kHz és 20 kHz között elhelyezkedő éles csúcsként nyilvánvalóan jelentkezik a sebességgörbéken. A 4 mm-es és a változó vastagságú 1 panel esetén a rezonancia 13,1 kHz-en mutatkozik. A 2 mm-es 1 panel esetén a rezonancia 11,8 kHz-nél lép fel.

- 5 Mint várható volt, a rezonanciafrekvencia sík 1 panel esetén megnő az 1 panel növekvő merevségével. A változó vastagságú 1 panelnél a rezonanciafrekvenciát a gerjesztési pontbeli panelvastagság határozza meg, és így hasonló a 4 mm vastag sík 1 paneléhez.

Ez azt mutatja, hogy az apertúrarezonanciát a gerjesztési pontban lévő vastagság határozza meg. Ennek megfelelően, amennyiben a gerjesztés helyén merev paneldarab helyezkedik el, az minimalizálja az apertúrarezonanciát.

- 10 A (be nem mutatott) eredmények azt is jelzik, hogy amennyiben a hajlítómerevség változása az 1 panel éle környékén koncentrálódik, akkor a sugárzási tulajdonságokra gyakorolt hatás a koincidenciafrekvencia fölött kicsiny. Ugyanakkor az 1 panel ilyen kialakításának előnyös hatásai lehetnek, mint azt az alábbiakban leírjuk.
- 15 Egy gyakorlatban is használható hangsugárzó elkészítéséhez az 1 panelt gyakran valamilyen kerethez, vagy felerősítő elemre kell rögzíteni. A célunk ekkor az, hogy a rezgési energiát az 1 panelen belül tartsuk, és az csak minimális mértékben jusson át a keretre. Ez az 1 panel és a keret között lévő nagy impedanciakülönbséggel érhető el. Az 1 panel vastagságát annak élénél változtatva lehetővé válik, hogy az impedanciát a panel–keret határvonalán anélkül változtassuk, hogy jelentős mértékben befolyásolnánk az 1 panel általános sugárzási tulajdonságait. Az alábbiakban az ilyen jellegű hasznosnak mutatkozó megközelítésre mutatunk néhány példát.
- 20

- 25 Ha az 1 panel vastagságát annak éle közelében nagyon kicsire változtatjuk, akkor az 1 panel impedanciája nagyon kicsi értékű lesz. Amennyiben ez az impedancia jóval a rögzítő keret impedanciája alatt van, akkor nagyon kicsiny energia jut át arra.

Megnövelve az 1 panel vastagságát annak élénél, jelentős mértékben megnöveli az 1 panel impedanciáját. Amennyiben az 1 panel valamilyen lágy felfüggesztéssel (és ennek megfelelően kicsi impedanciával) csatlakozik a kerethez, akkor az 1 panel impedanciájának megnövelése nagyobb eltérést okoz a határon, és minimalizálja a keret felé az energia át-

5 jutását.

A két fenti példán túlmenően az 1 panel vastagságának éles növelése vagy csökkentése a határvonalon reflektálja az energiát az 1 panel belseje felé. Például élesen megnövelve az 1 panel vastagságát annak élénél, megközelítőleg olyan helyzetet teremt, mint amikor az 1 panelnek az 1 panelt határoló része be van fogva, és a határoló részre beeső energia reflektálódik az 1 panel belsejébe. Ezzel az 1 panel éle nyugodtan befogható vagy alátá-

10

Nem szükségszerű az 1 panel vastagságát változtatni a hajlítómerevség változásának elérése érdekében. A 22. ábrán egy sík 1 panelt láthatunk, amelynek felülete mentén azonban a görbületi sugár változik. Ez megváltoztatja a hajlítómerevséget. Egy másik megoldási mó-

15

dot mutat be a 23. ábra. Az itt látható panelen redőket hoztunk létre annak érdekében, hogy nagyobb hajlítómerevséget érzünk el annak középső részén, mint a külső részén.

Az 1 panel vastagságának nem szükségképpen kell olyan egyszerű módon változnia, mint azt fentebb bemutattuk. Például a hajlítómerevség az 1 panel felülete mentén hullámos mintát követve, vagy több lépcsőben változhat. Néhány lehetséges profilt a 24. ábra mutat

20

be. Ezeket a profilokat az 1 panel vastagságát hullámos vagy lépcsős módon változtatva vagy más módon alakíthatjuk ki.

Szabadalmi igénypontok

1. Akusztikai elem, amely hajlítóhullámú rezgések végzésére képes panelként (1) van kialakítva, *azzal jellemezve, hogy* — izotróp panelhez képest a hajlítóhullámokat a levegőbe az akusztikai teljesítmény- és/vagy irányjelleggörbét tekintve egyenletesebben kicsatoló
5 módon — a panel (1) hajlítómerevsége és/vagy felületi tömegsűrűsége koincidencia-frekvenciák tartományát létrehozóan változik a panel (1) felülete mentén, ahol a legnagyobb és a legkisebb koincidencia-frekvencia aránya legalább 1,2:1.
2. Akusztikai eszköz, *azzal jellemezve, hogy* egy, az 1. igénypont szerinti, panelként (1) kialakított akusztikai elemet és egy, az akusztikai elemhez csatlakoztatott átalakítót (3) tar-
10 talmaz.
3. Hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* az 1. igénypont szerinti, panelként (1) kialakított akusztikai elemet és a panelhez (1) csatlakoztatott, az akusztikai elemben hajlítóhullámokat gerjesztő, akusztikai kimenetet eredményező átalakítót (3) tartalmaz, továbbá a hangsugárzó a koincidenciának a panel (1) akusztikai kimenetére gyakorolt hatását elsimítóan van
15 kiképezve.
4. A 3. igénypont szerinti hangsugárzó *azzal jellemezve, hogy* a panel (1) hajlítómerevsége legalább a panel (1) felületének 10%-a mentén változik.
5. A 3. vagy 4. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a hajlítómerevségnek maximuma van, és az átalakító (3) olyan helyen van a panelhez (1) csatlakoztatva,
20 ahol a hajlítómerevség legalább 70%-a a maximumnak.
6. A 3–5. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* hajlítómerevség-tartományt és ezzel koincidenciafrekvencia-tartományt létrehozóan a panel (1) vastagsága változik a panel (1) felülete mentén.

7. A 3–6. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a hajlítómerevségnek maximuma van a panel (1) középső részén, és csökken az élek felé haladva.
8. A 7. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* az átalakító (3) a hajlítómerevség maximumhelyéhez közel van a panelhez (1) csatlakoztatva.
9. A 3–8. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* az átalakító (3) a panel (1) hajlítómerevségének egy maximumhelyénél van elhelyezve.
10. A 3–7. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a panel (1) merevségének minimuma van a panel (1) közepén, és növekszik a panel (1) élei felé haladva.
11. A 10. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* az átalakító (3) a panel (1) közepéhez közel, egy olyan részen van elhelyezve, amelynek kisebb a merevsége, mint a panel (1) átlagos merevsége.
12. A 10. vagy 11. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a panelnek (1) legalább egy éle be van fogva, és a panel (1) hajlítómerevségének maximuma van legalább egy befogott élnél.
13. A 3–12. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a hajlítómerevség gradiense az átalakító (3) helyéhez közel összpontosul.
14. A 13. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a hajlítómerevség gradiense nagy az átalakító (3) helyéhez közel, és lassan csökken az átalakítótól (3) kiinduló egyenesek mentén.
15. A 2–14. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a hajlítómerevség a panel (1) éle mentén körben változik.

16. A 15. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a hajlítómerevség legnagyobb a panel (1) élei mentén és egyenletesen esik a panel (1) belseje felé.
17. A 15. vagy 16. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a panelnek (1) legalább egy éle rögzítőeszközhöz van fogatva.
- 5 18. A 17. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a hajlítómerevség a panel (1) élénél oly módon van kialakítva, hogy a panel (1) mechanikai impedanciája annak élénél eltér a rögzítőeszköztől.
19. A 3–6. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a panel (1) hajlítómerevsége a koincidencia akusztikai kimentre gyakorolt hatását elsimítóan, hullá-
10 lámos mintának megfelelően változik.
20. A 3–19. igénypontok bármelyike szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy* a panel (1) több, a frekvencia mentén elosztott rezonáns hajlítóhullámú módussal rendelkező elosztott módusú panel (1).
21. Akusztikai elnyelőeszköz, *azzal jellemezve, hogy* az 1. igénypont szerinti, panelként
15 (1) kialakított akusztikai elemet tartalmaz.
22. Akusztikai rezonátor utózengés szabályozására, *azzal jellemezve, hogy* az 1. igénypont szerinti, panelként (1) kialakított akusztikai elemet tartalmaz.
23. Akusztikai burkolat, *azzal jellemezve, hogy* az 1. igénypont szerinti, panelként (1) kialakított akusztikai elemet tartalmaz.
- 20 24. Rögzítőeszköz audioegységek számára, *azzal jellemezve, hogy* az 1. igénypont szerinti, panelként (1) kialakított akusztikai elemet tartalmaz.

25. A 2. igénypont szerinti akusztikai eszköz, *azzal jellemezve, hogy az átalakító (3) a panelben (1) terjedő hajlítóhullámokat elektromos jellé alakító, az akusztikai eszköz mikrofonként való felhasználását lehetővé tevő átalakító (3).*

5 26. Eljárás rezonáns módusokkal működő hangsugárzórendszer előállítására, *azzal jellemezve, hogy* kiválasztjuk a panel (1) anyagát, a panel (1) méretét és az átalakító (3) típusát, kiválasztjuk a panelen (1) az átalakító (3) kezdeti helyzetét, kiválasztjuk a panel (1) kezdeti hajlítómerevség-profilját, iteratív módon változtatjuk az átalakító helyzetét és a panel (1) profilját, és ezzel kisimítjuk a panel (1) akusztikai frekvencia- és irányjelleggörbáját, az iteratív módon meghatározott panelprofilnak megfelelő panelt (1) készítünk, és az átalakító (3) az iteratív módon meghatározott helyre rögzítjük azon.

27. A 26. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve, hogy az átalakító (3) helyzetének és a panel (1) profiljának iteratív módon való meghatározása során a panel (1) rezonáns módusainak frekvencia szerinti eloszlását is optimalizáljuk.*

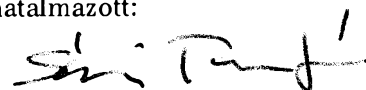
28. Hangsugárzó, amely tartalmaz:

15 hangfrekvenciás hajlítóhullámú rezgések végzésére képes panelt (1),
a panelen (1) elhelyezkedő, a panelben (1) hajlítóhullámokat gerjesztő, akusztikai kimenetet keltő átalakítót (3),

azzal jellemezve, hogy a panel (1) hajlítómerevsége a panel (1) élének környezetében változik, és aránylag állandó a panel (1) belső részén.

20 29. A 28. igénypont szerinti hangsugárzó, *azzal jellemezve, hogy a panel (1) élei be vannak fogva, és a panel (1) hajlítómerevsége élesen emelkedik a panel (1) éle felé.*

A meghatalmazott:



DANUBIA
Szabadalmi és Védjegy Iroda Kft.
Sári Tamás Gusztáv
szabadalmi ügyvivőjelölt

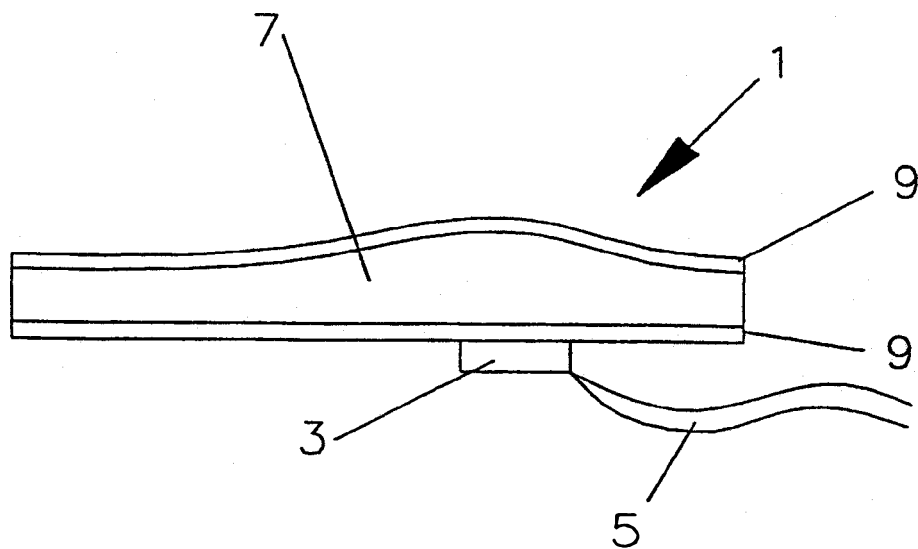
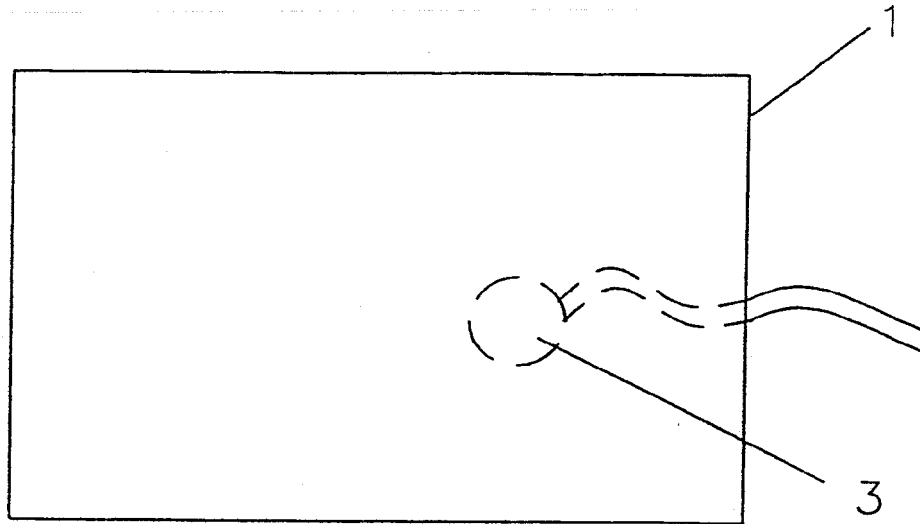


Jelölésjegyzék

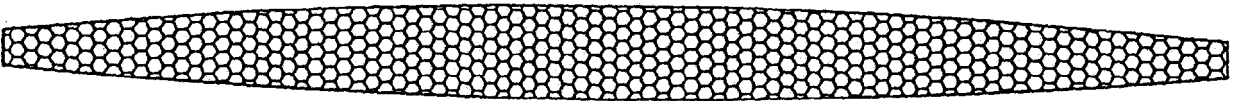
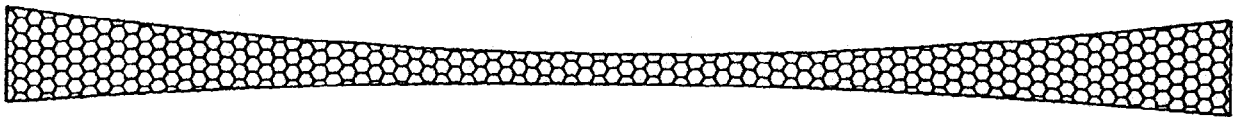
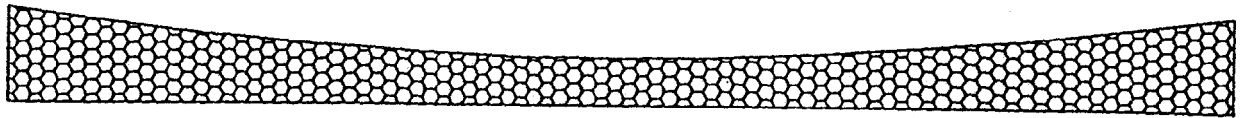
- 1 panel
3 átalakító
5 vezető
5 7 mag
9 héj
c vonal

**KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY**

1. ábra

**KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY**

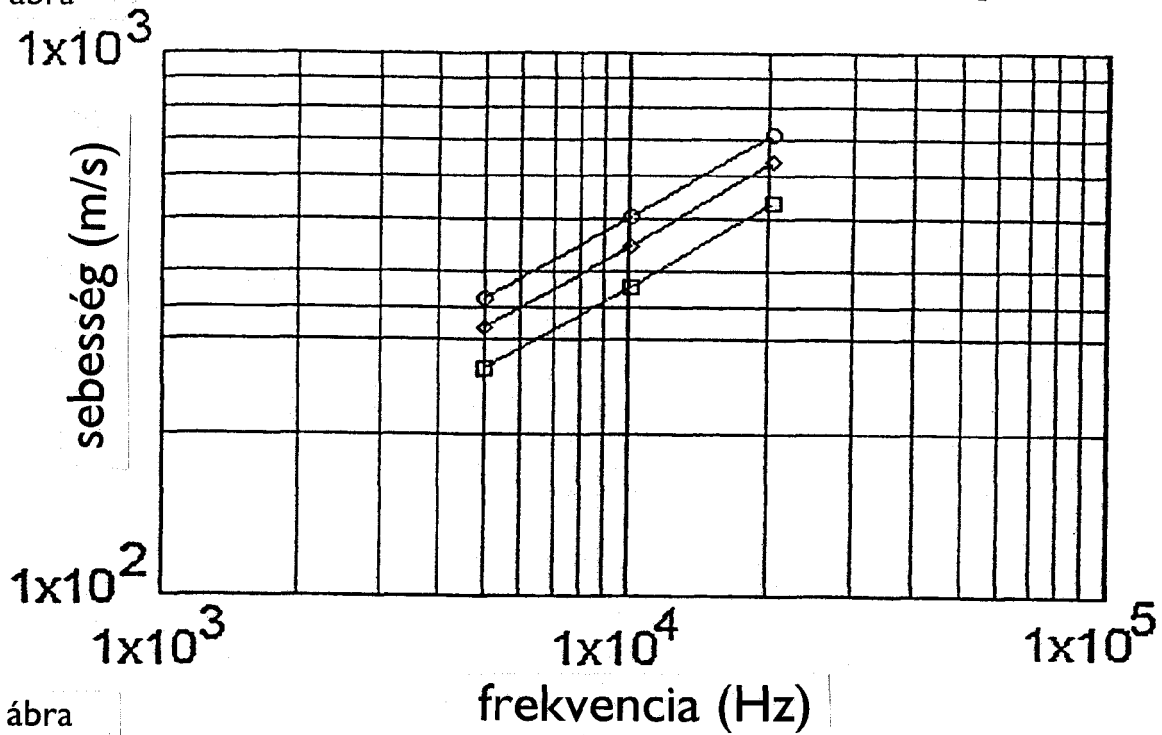
2. ábra

**KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY**

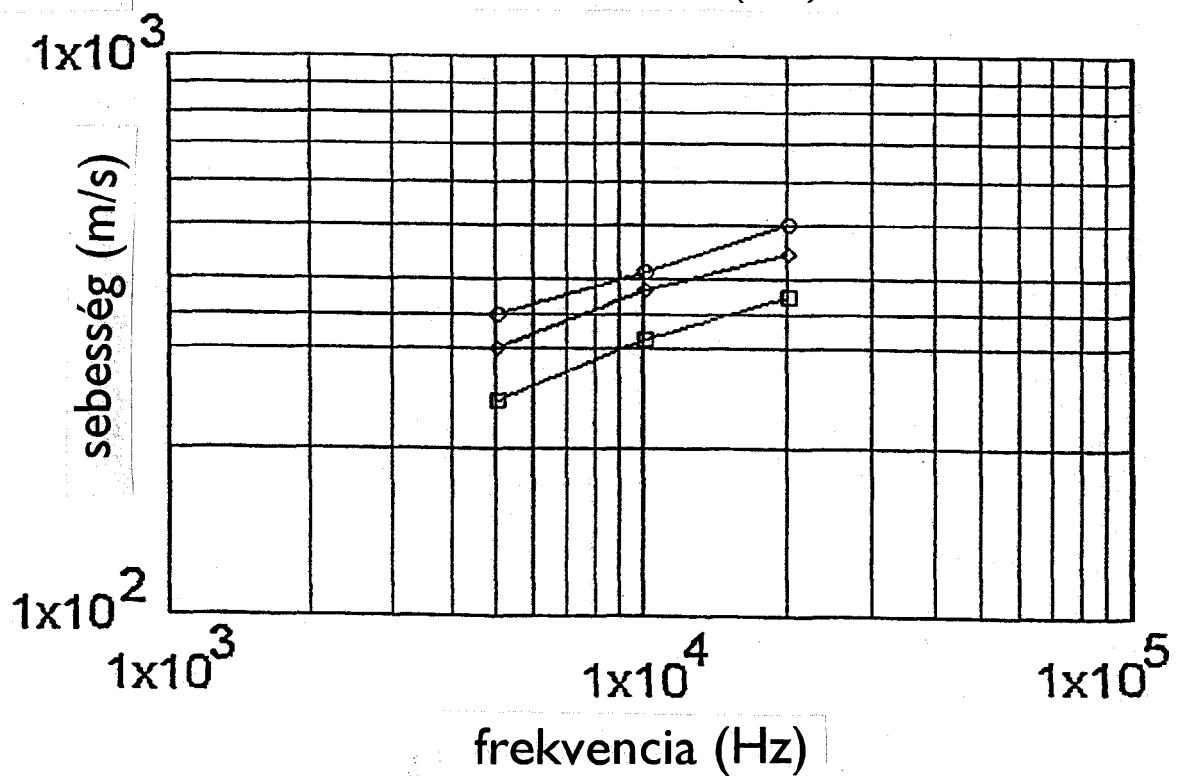


KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

3.a ábra



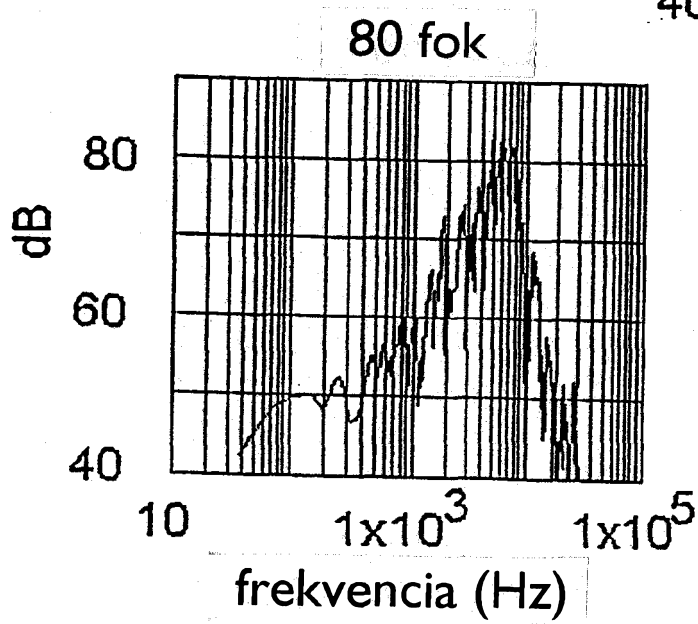
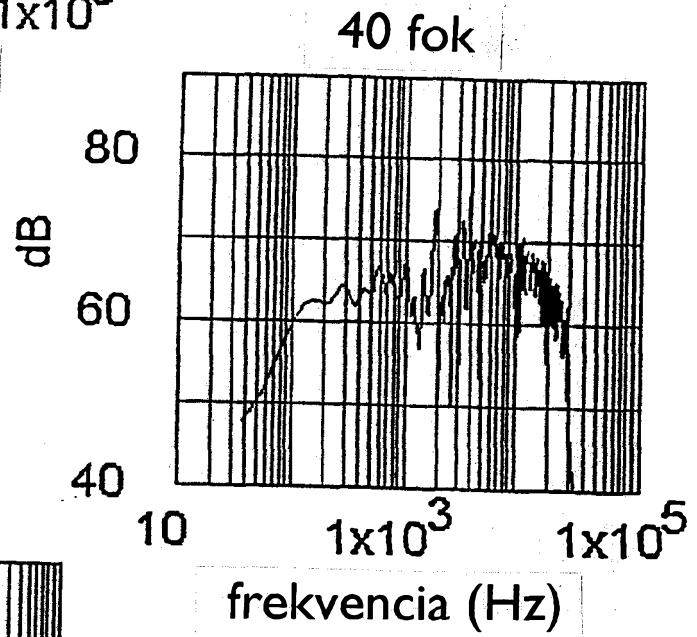
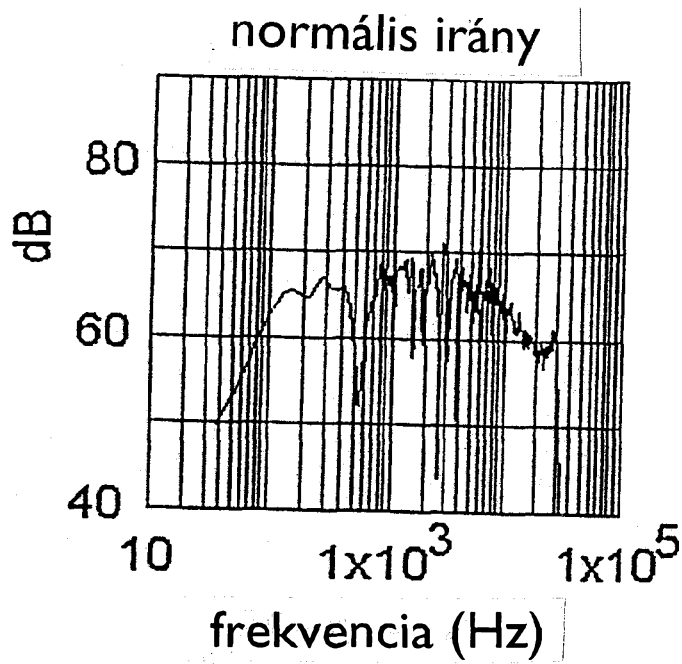
3.b ábra



ooo 2mm
—◇— 3mm

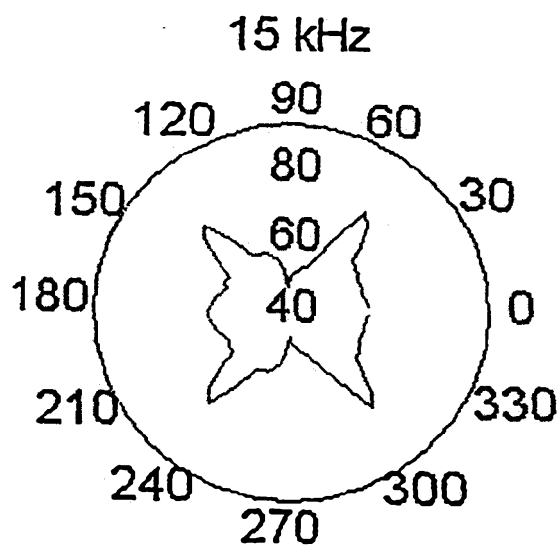
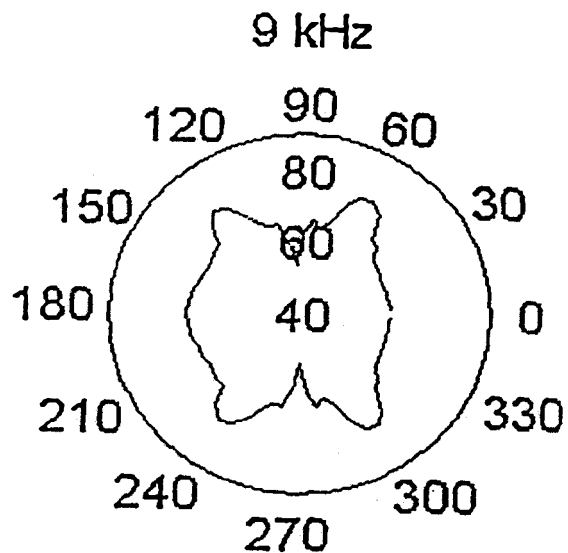
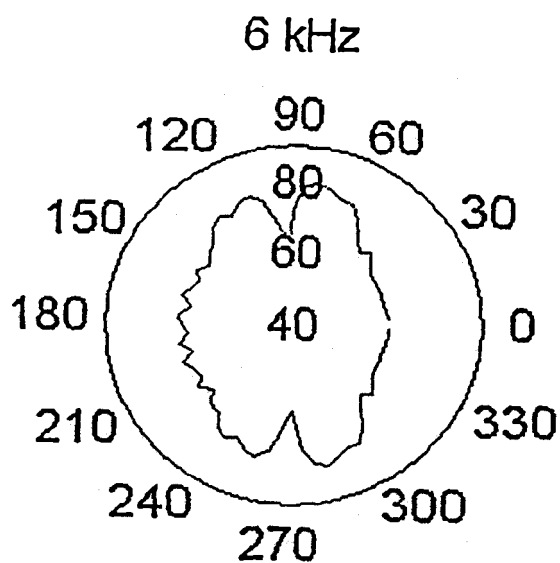
ooo 4mm
— c

4. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

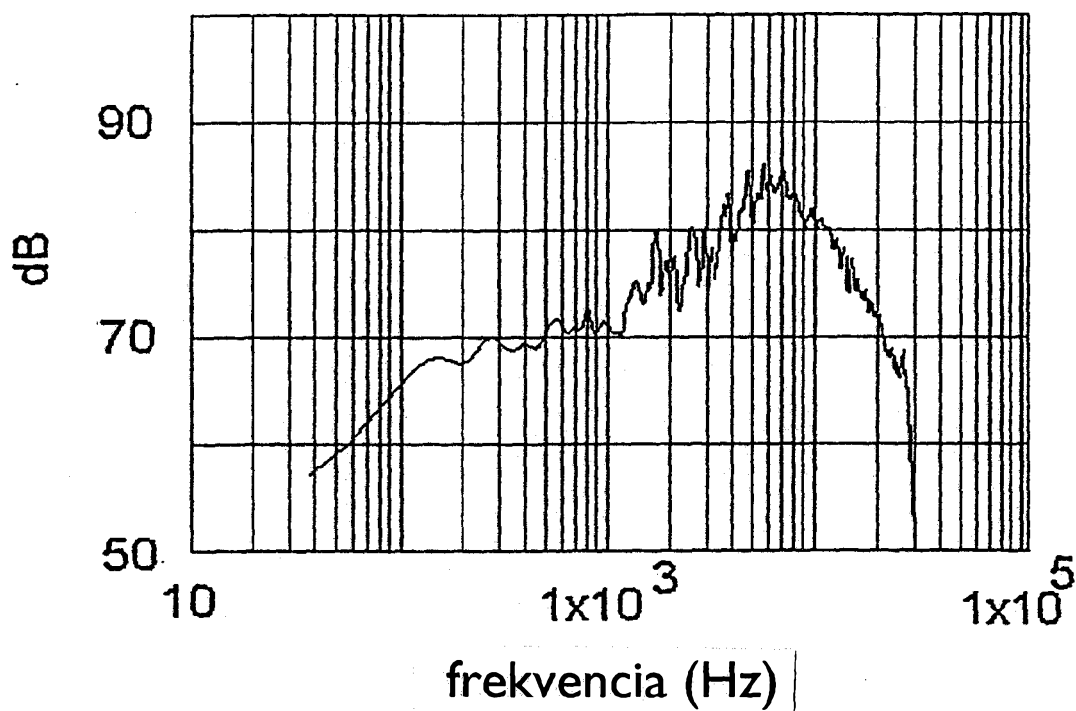
5/24

5. ábra

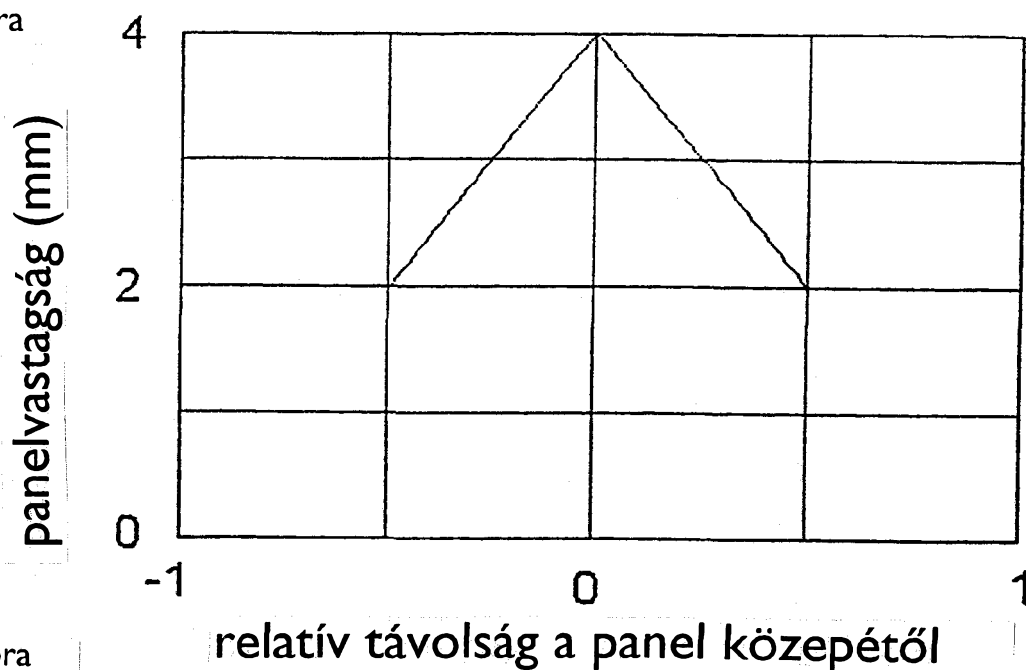
KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

6/24

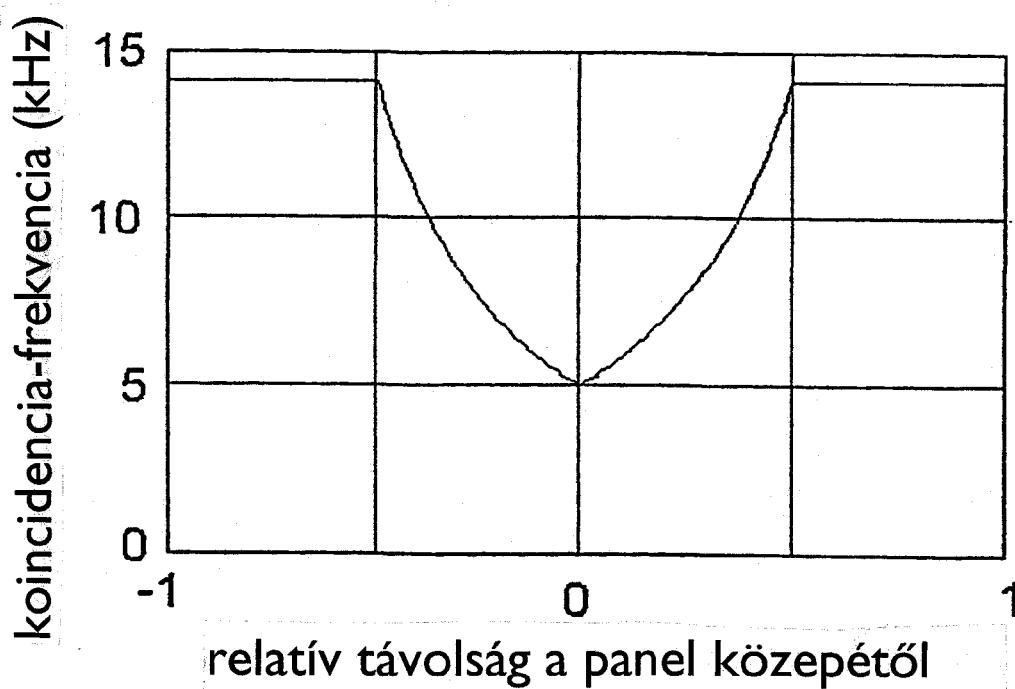
6. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

7.a ábra

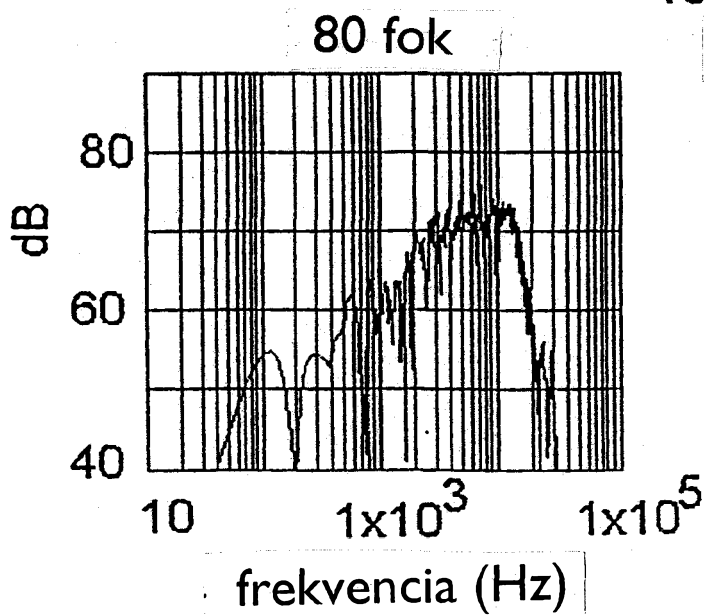
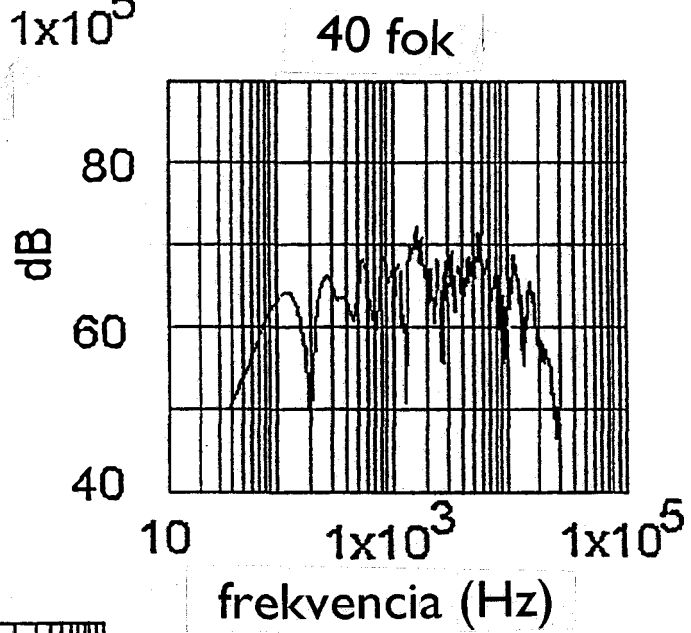
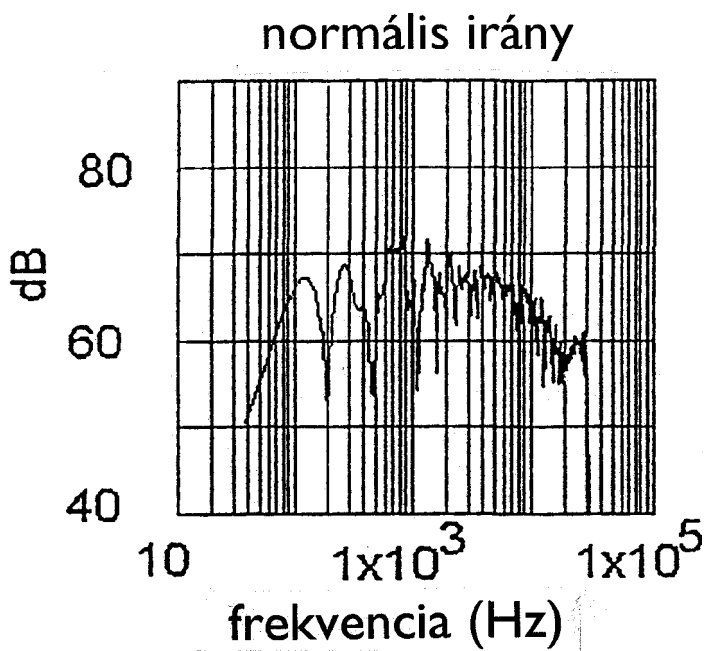


7.b ábra



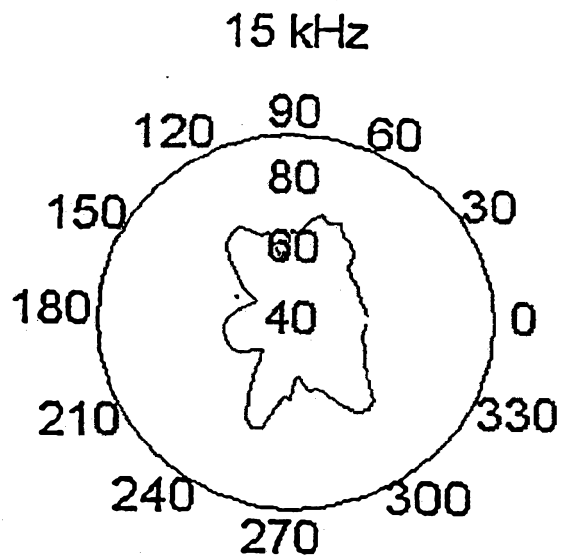
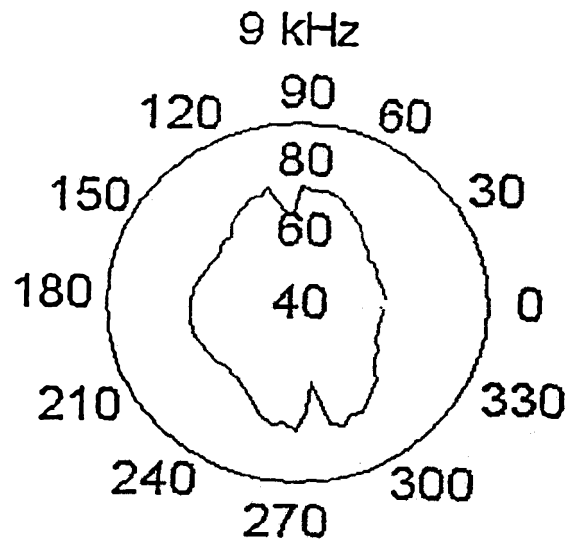
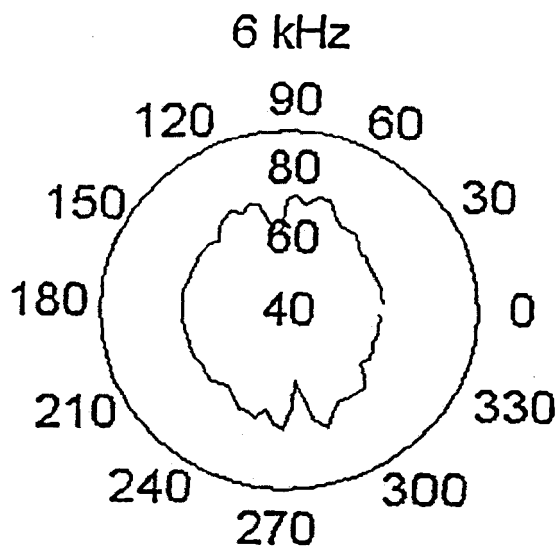
8/24

8. ábra

KÖZZÉTÉTEL
PÉLDÁNY

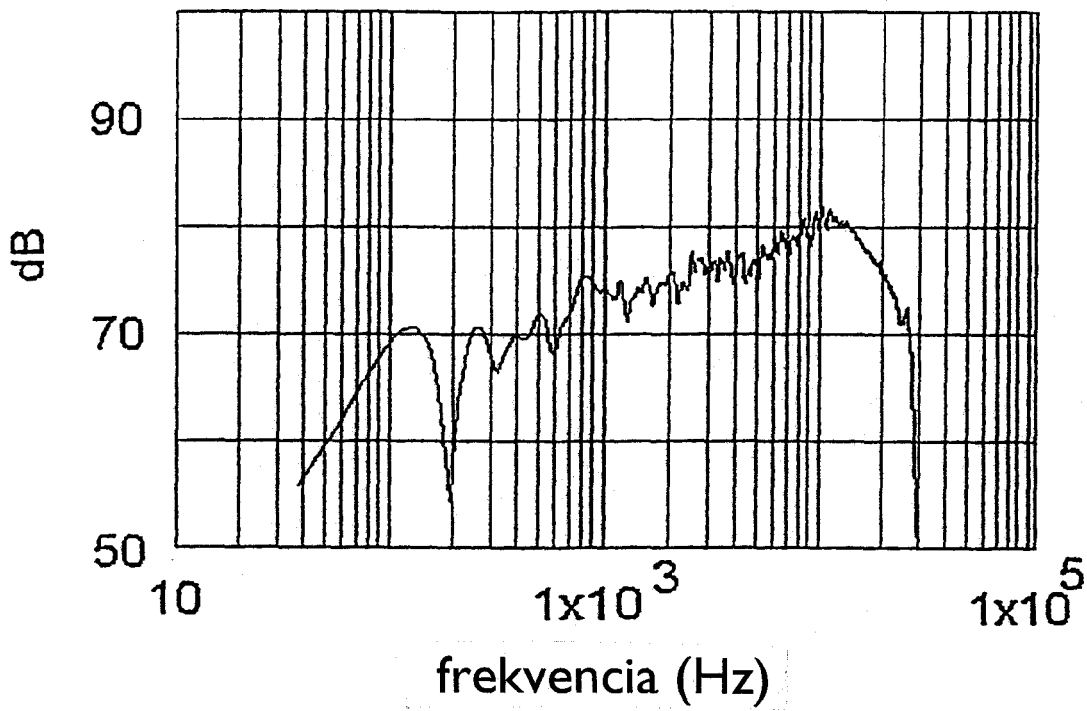
9/24

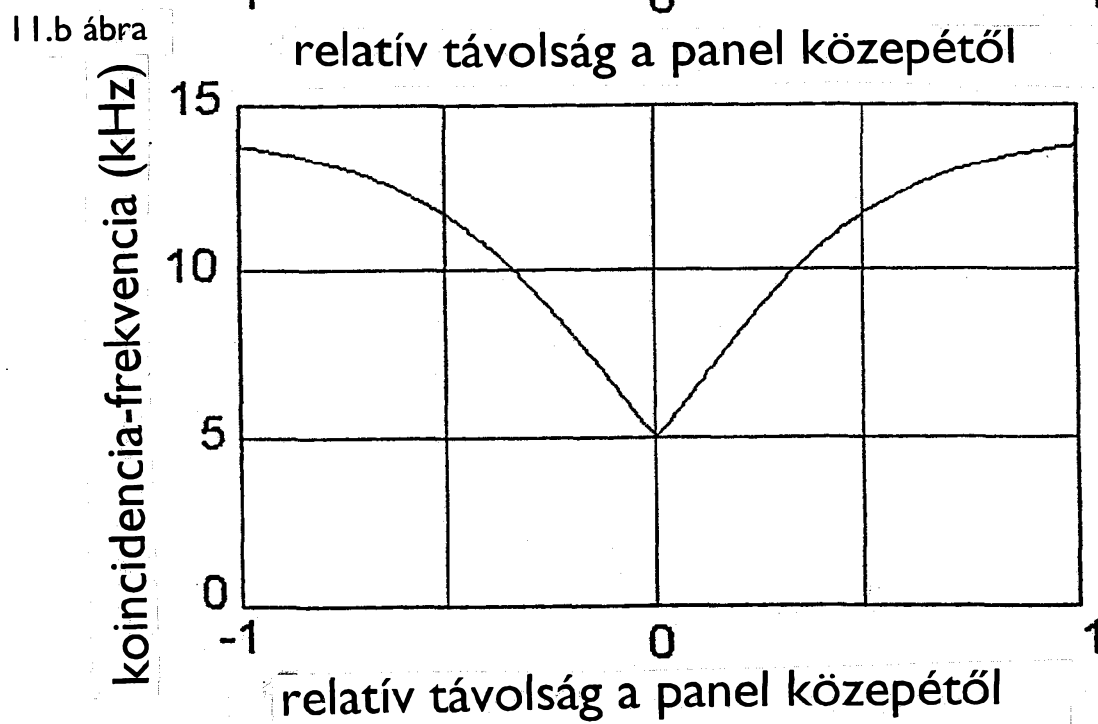
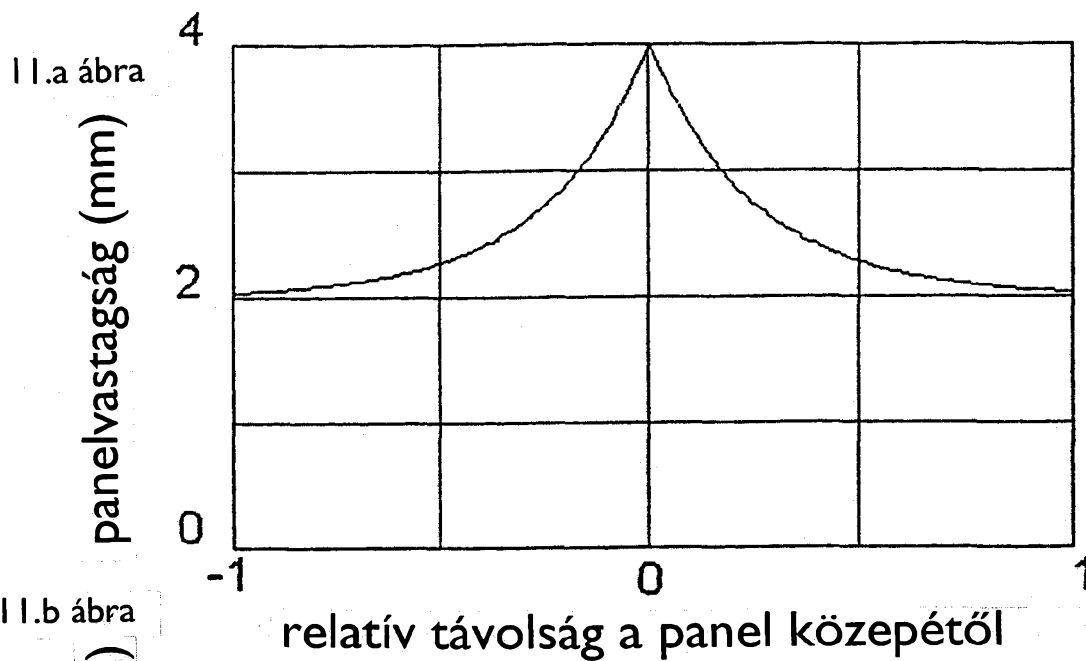
9. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

10/24

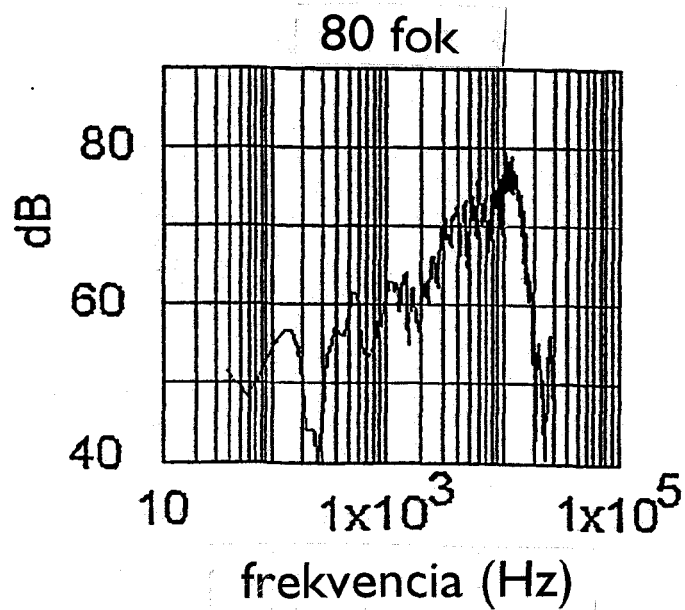
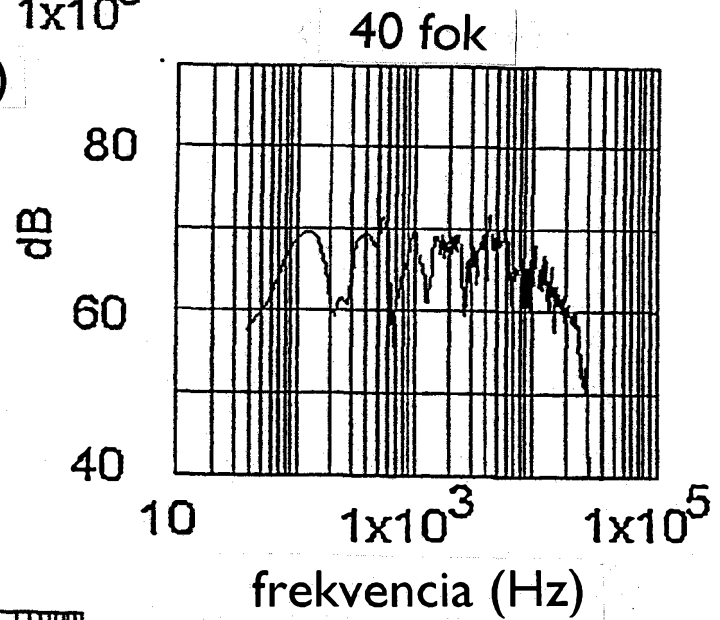
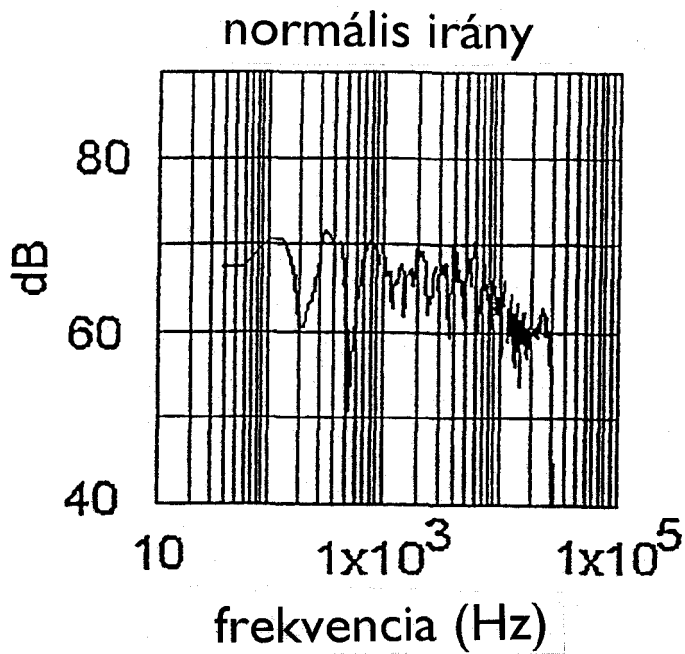
10. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

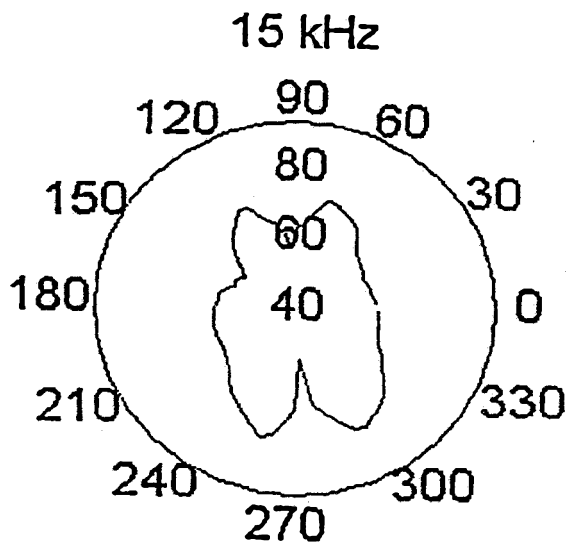
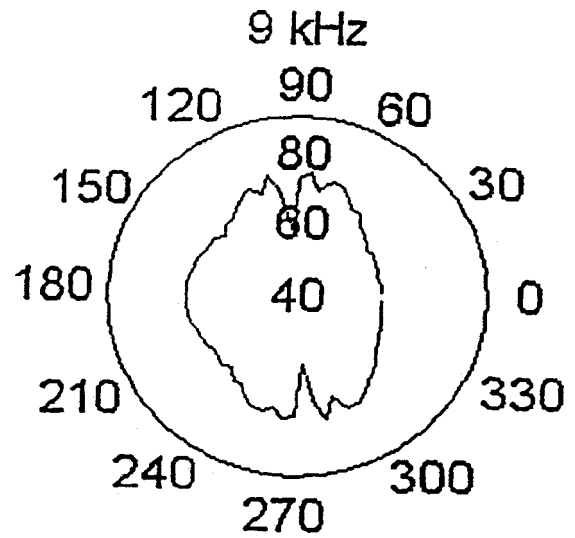
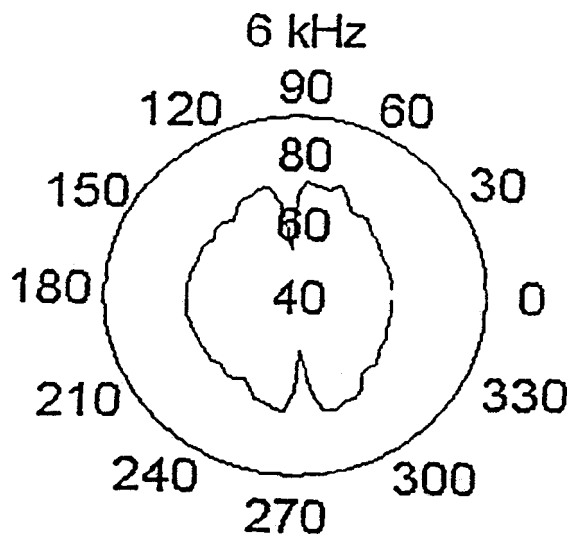


12/24

12. ábra



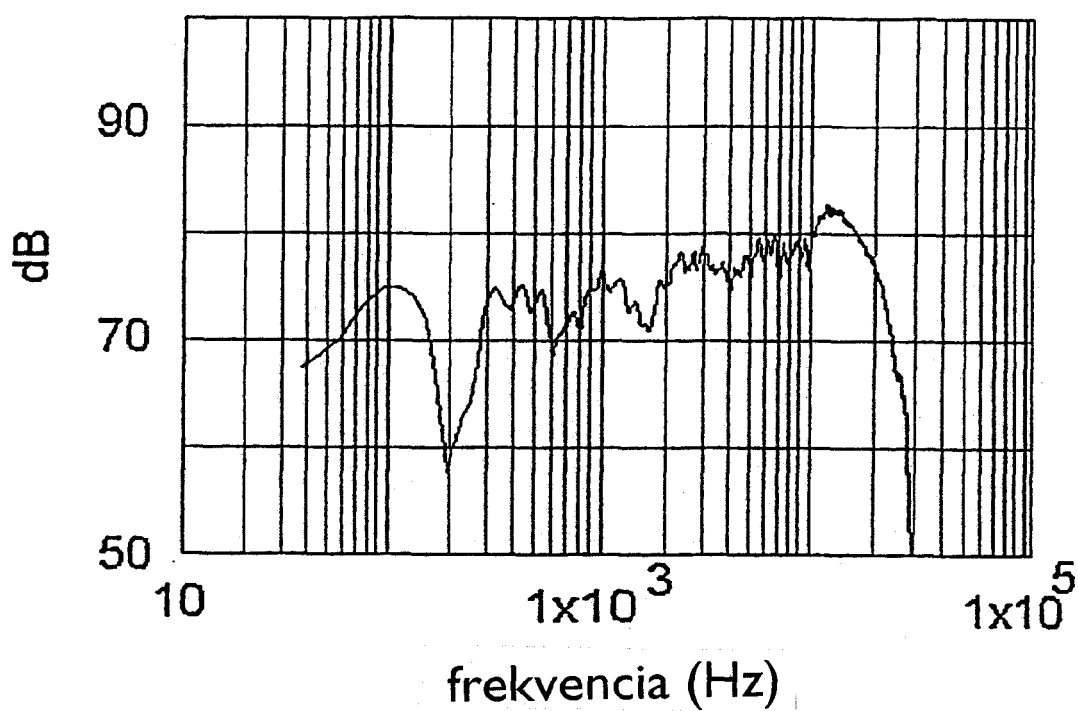
13. ábra



14/24

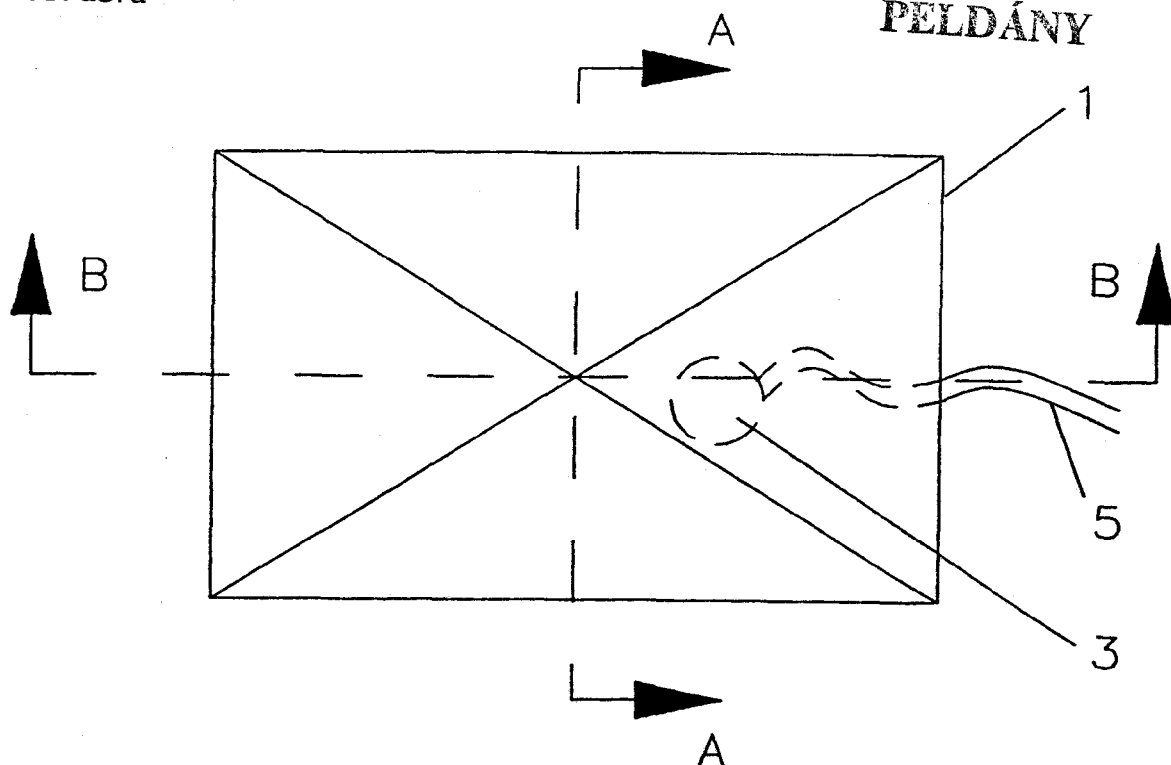
14. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

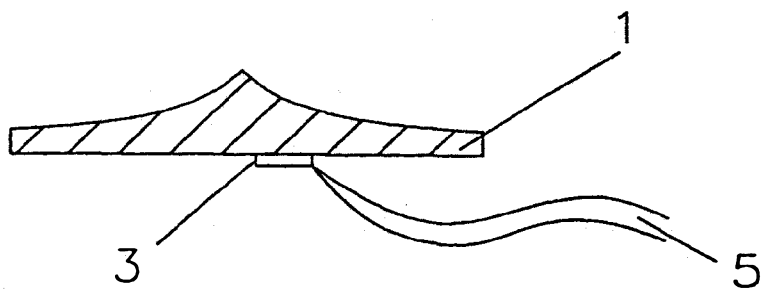


15. ábra

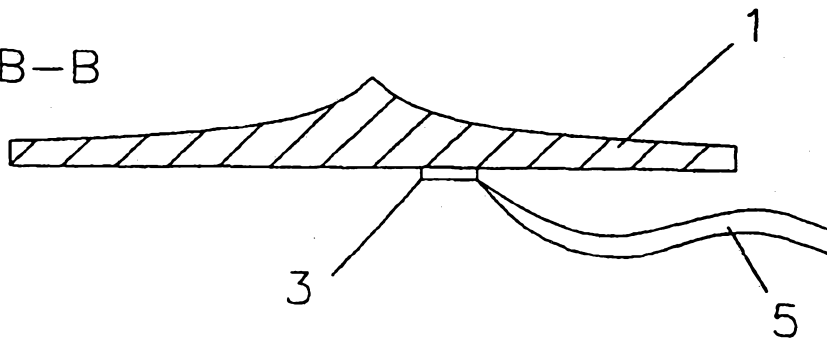
KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY



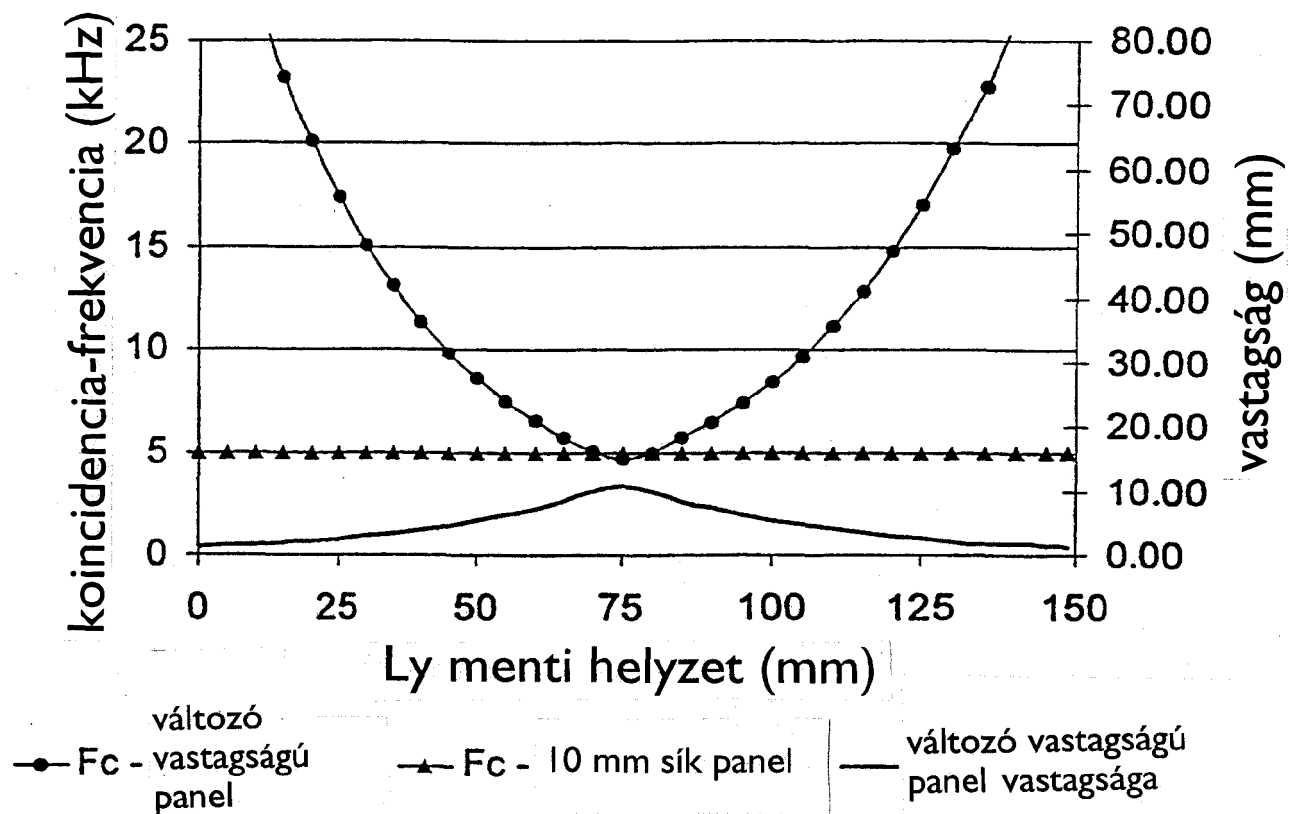
A-A



B-B



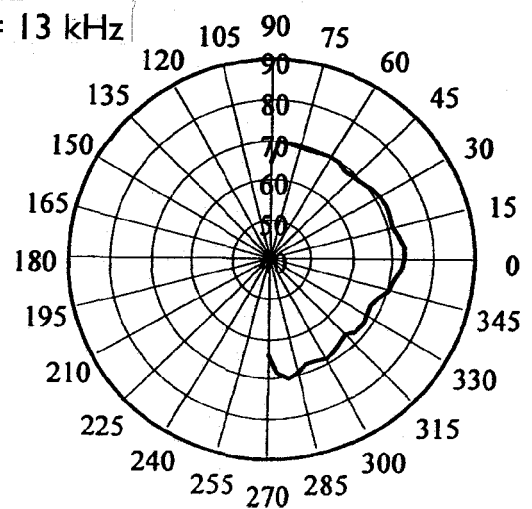
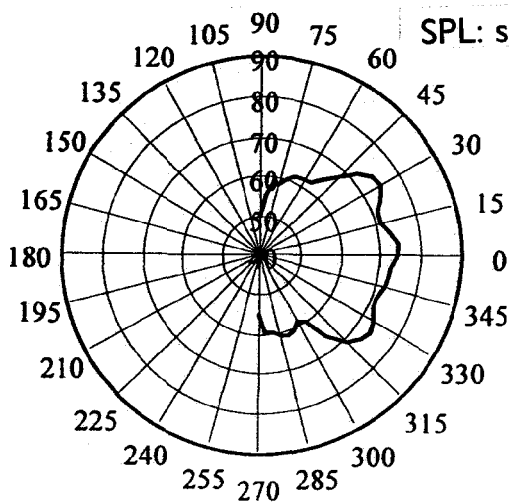
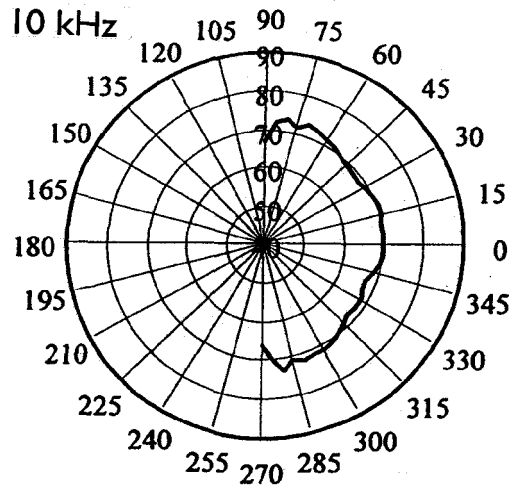
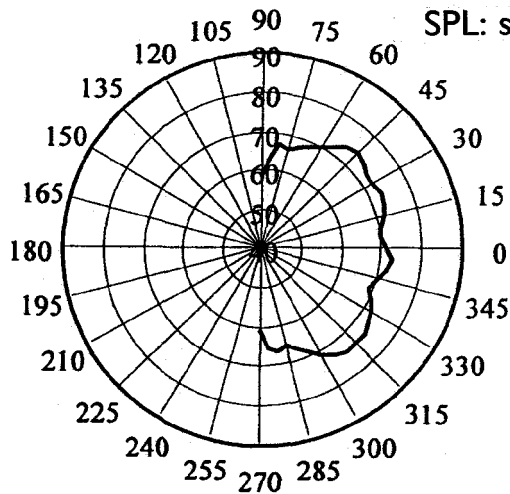
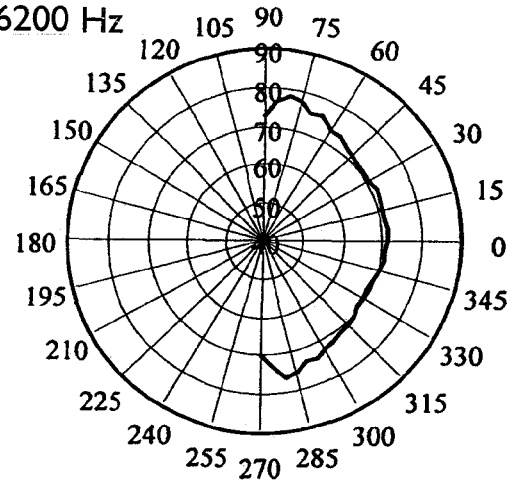
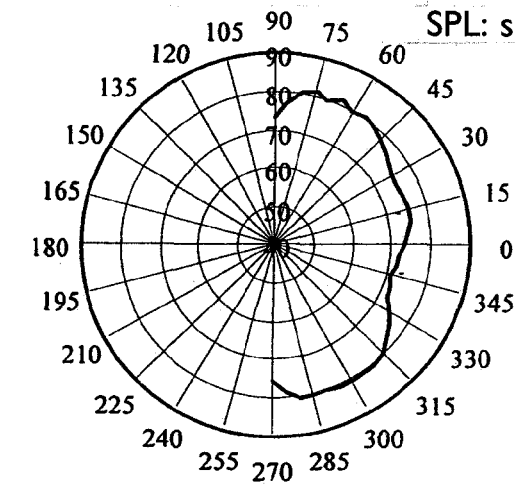
16. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

17. ábra

10 mm sík panel

változó vastagságú panel



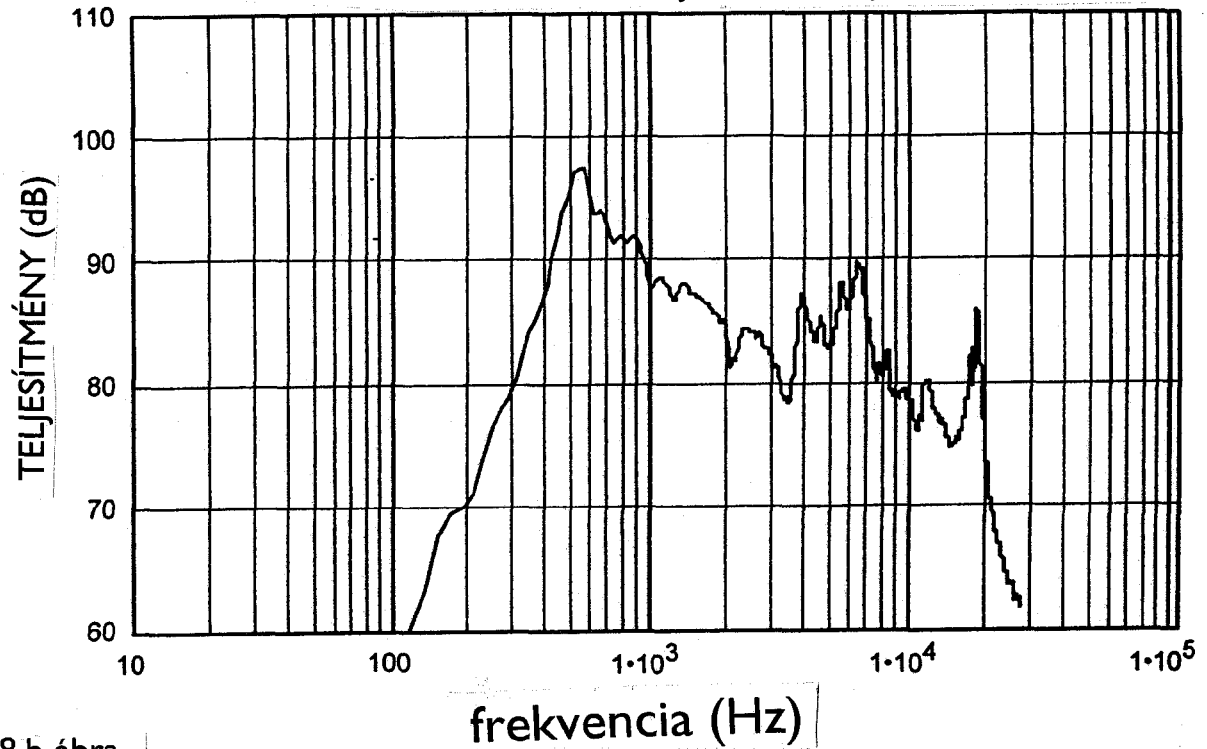
18/24

18.a ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

10 mm sík panel

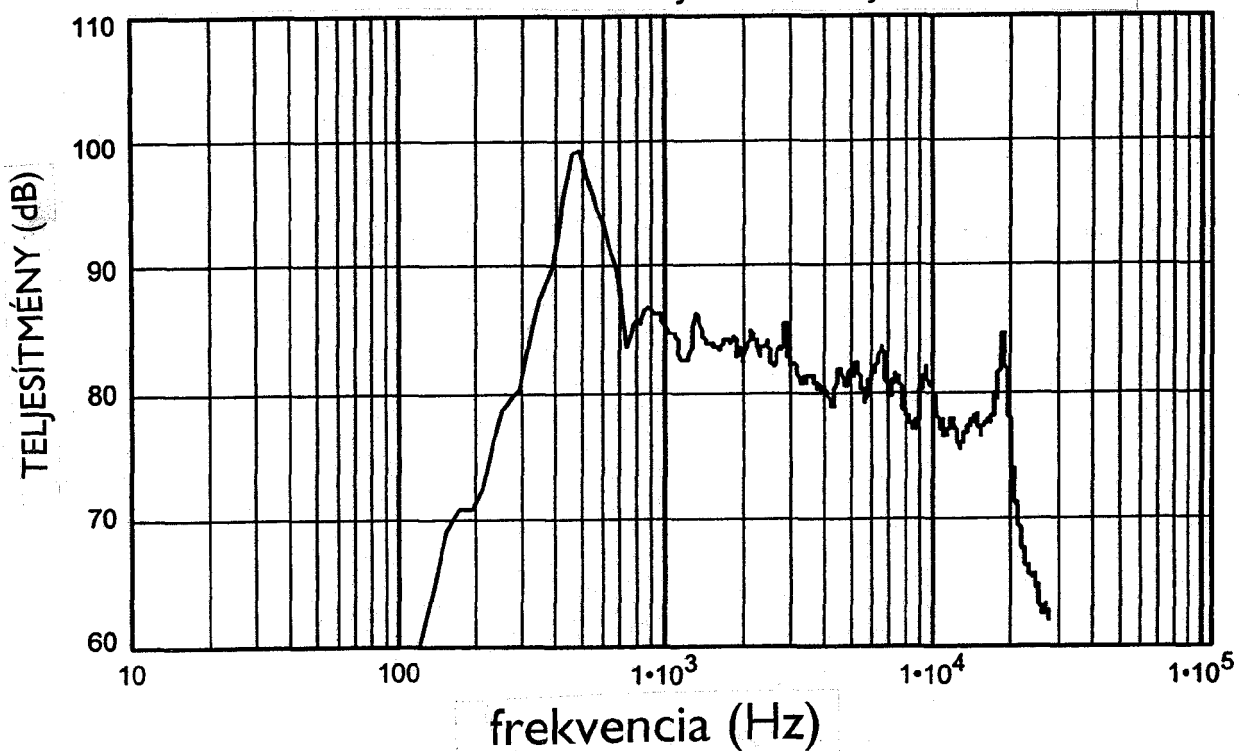
FÉLTÉRBE MÉRTEK TELJESÍTMÉNY-JELLEGGÖRBE



18.b ábra

változó vastagságú panel

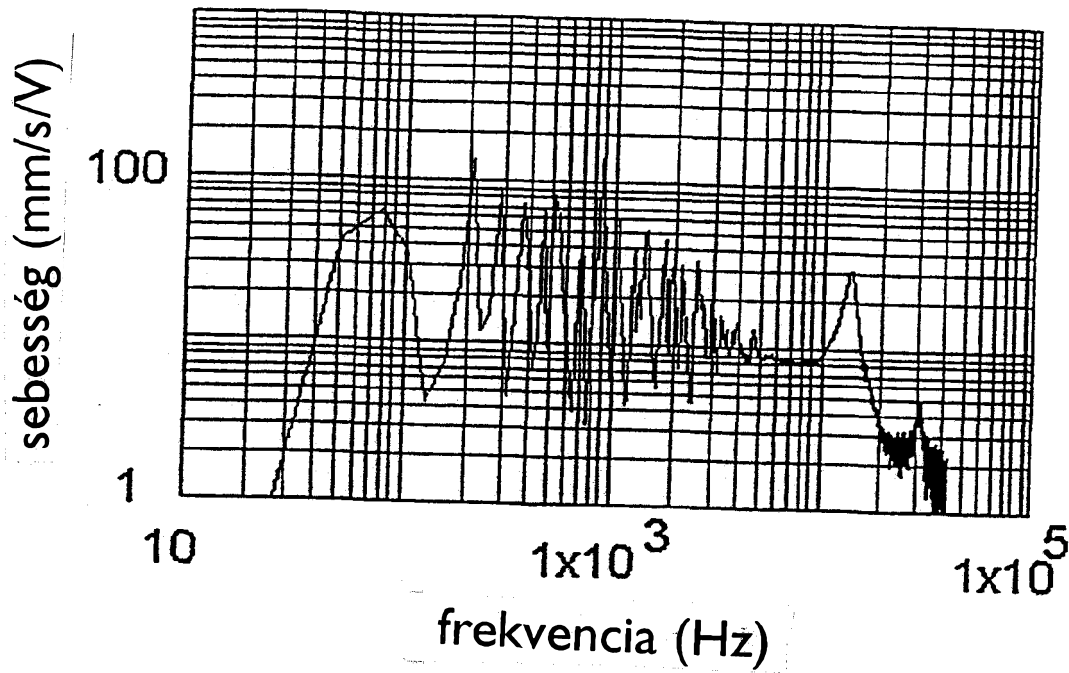
FÉLTÉRBE MÉRTEK TELJESÍTMÉNY-JELLEGGÖRBE



19/24

19. ábra

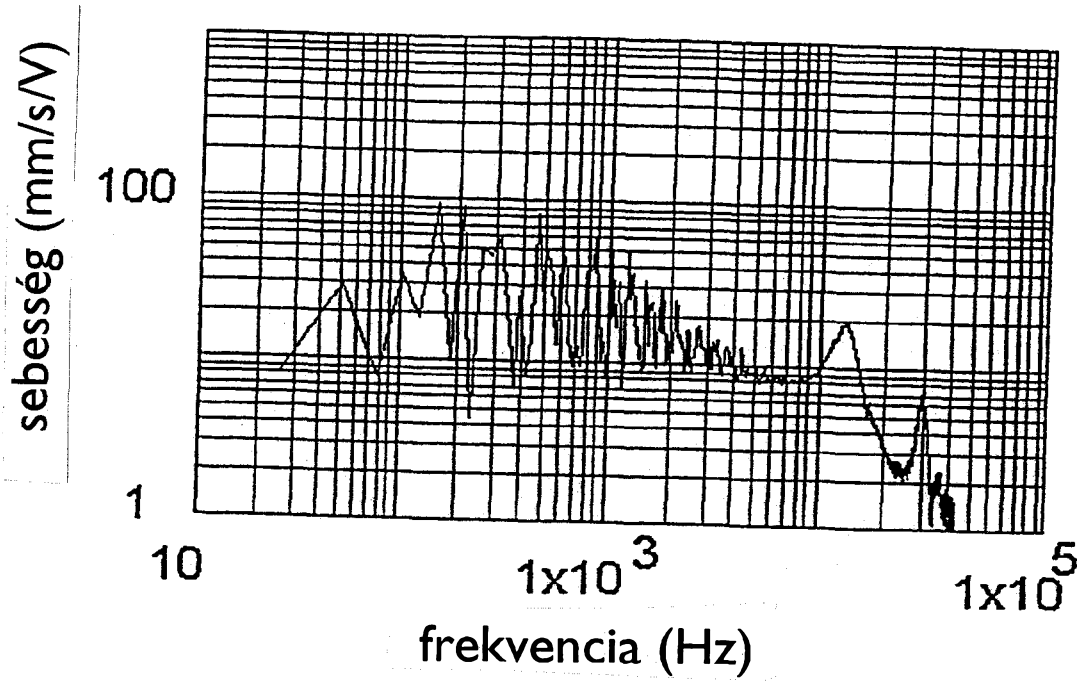
KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY



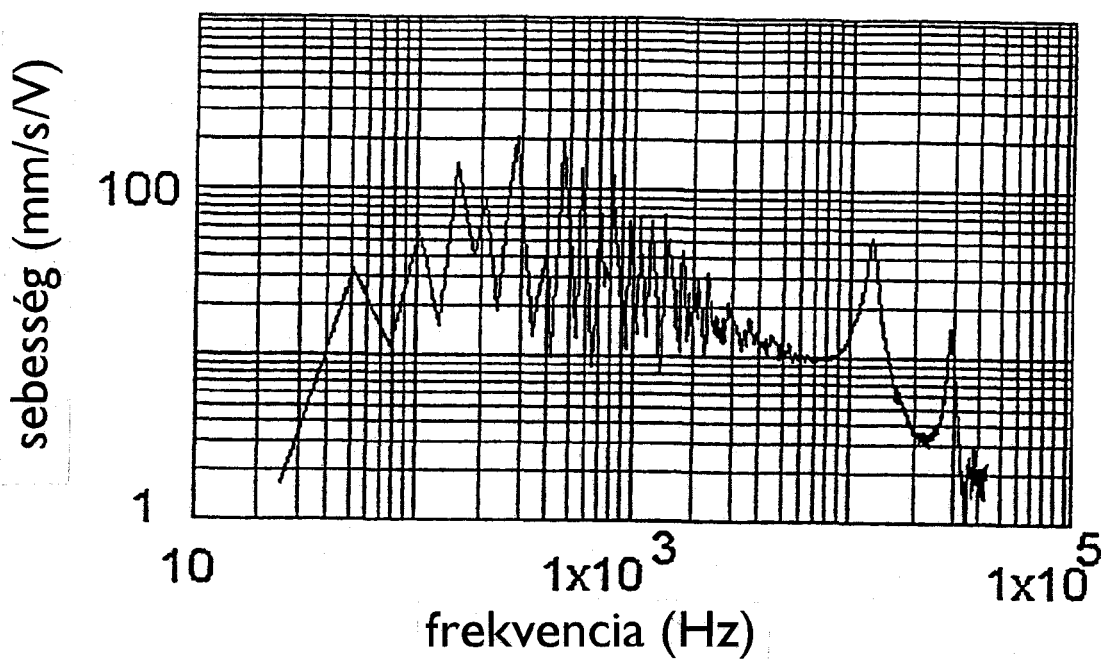
20/24

20. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

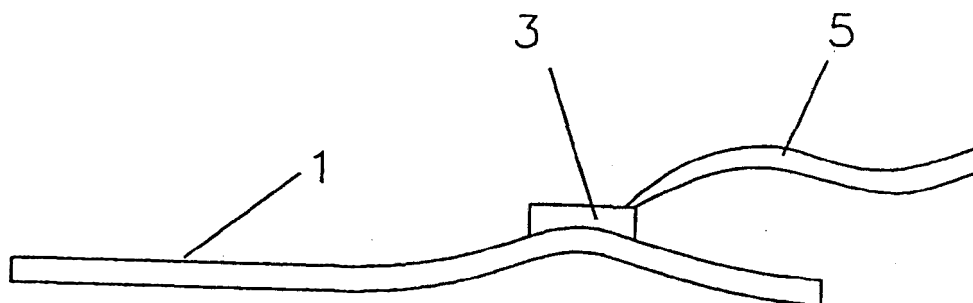


21. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

22. ábra

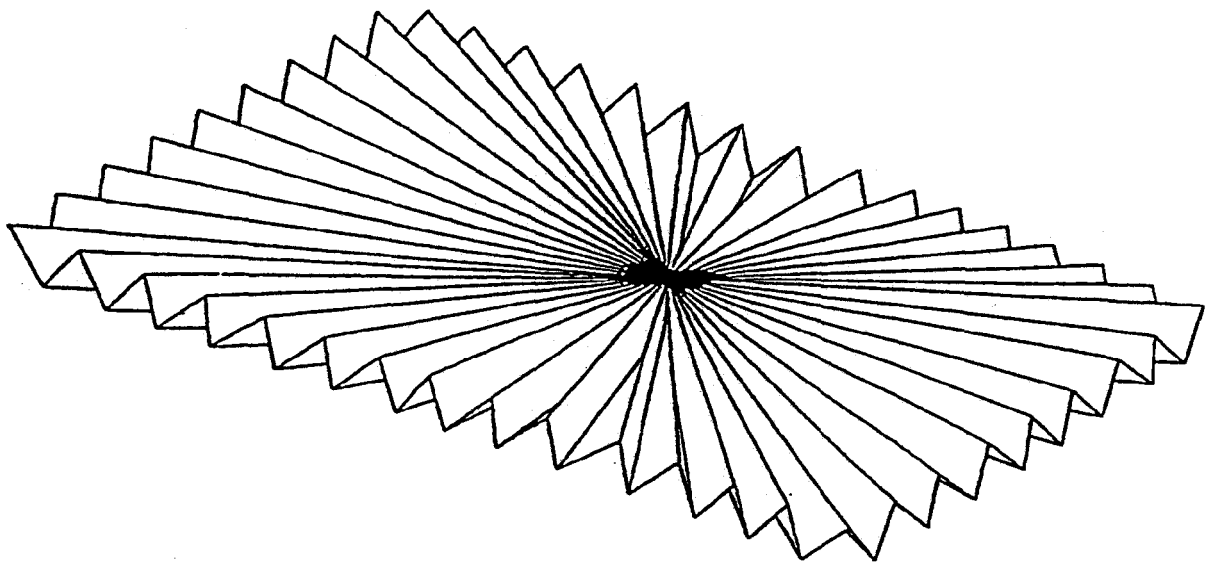
KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY



23/24

23. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY



24. ábra

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY