



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(51) Int Cl⁷

(11) 319375

B 28 B 11/08, C 04 B 41/60, 41/91, C 03 C 23/00

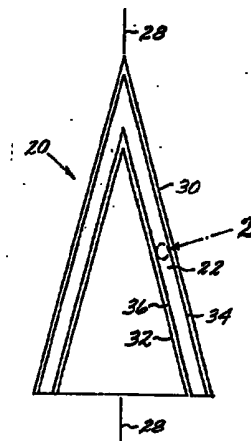
(13) B1

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19962376	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	1996.06.06	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	1996.06.06	(30)	Prioritet	1995.06.07, US, 487366
(41)	Alm.tilgj	1996.12.09			
(45)	Meddelt	2005.07.25			
(73)	Innehaver	Raytheon Co , P.O. Box 902, El Segundo, CA 90245-0902, US			
(72)	Oppfinner	Kevin W. Kirby, , Calabasas Hills, CA, US Doruk Engin, , Pasadena, CA, US Tony Jankiewicz, , Tucson, AZ, US Joseph W. Barber, , Tucson, AZ, US			
(74)	Fullmektig	Gunnar O. Reistad - Bryns Zacco AS, Postboks 765 Sentrum, 0106 Oslo, NO			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for fremstilling av en glass-keramisk radom.			
(56)	Anførte publikasjoner	Ingen			
(57)	Sammendrag				

Grovmaskinering av en glass-keramisk gjenstand så som en radom (20) gjennomføres ved hjelp av en høyenergi-Nd:YAG-laser (60,64). Radomen (20) roteres om sin lengdeakse (28), og et treffpunkt for laserstrålen (62) føres i hovedsaken parallelt med lengdeaksen (28) over den indre (32) eller den ytre (30) overflate på radomen (20). Nd:YAG-laseren (60, 64) arbeider fortrinnsvis i en pulset bølgemodus med en pulsvarighet på fra ca. 0,3 til ca. 3 millisekunder, en pulsfrekvens på fra ca. 50 til ca. 5000 pulser/sekund, og en pulsintensitet på minst ca. $3 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$. Etter laser-grovmaskineringen fjernes minst ca. 0,005 cm (0,002 tommer) materiale fra den grovmaskinerte overflate ved hjelp av en avsluttende maskinering, fortrinnsvis en mekanisk sliping.



Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for fremstilling av en glass-keramiske radom i henhold til innledningen av patentkrav 1. En slik fremgangsmåte er kjent fra US-A 4304603.

5

Glass-keramiske materialer er en velkjent klasse hybride materialer som benyttes for mange formål. De glass-keramiske materialer er sterke ved høye temperaturer, er hårde og erosjonsmotstandsdyktige, har god termisk sjokkmotstand, og motstår sprekkforplantning. De har også gode elektromagnetiske bølgeoverføringsegenskaper, noe som er av særlig betydning for deres bruk i radomer for missiler og andre anvendelser i høyhastighets flyvefarkoster.

Glass-keramiske materialer benyttes for fremstilling av anvendbare gjenstander ved at materialet først støpes ved høy temperatur i en form. Det støpte materiale, som eventuelt kan varmebehandles, benevnes som "emne". For mange formål blir deretter emnet maskinert for å fjerne overflatelagene. Er den endelige gjenstand en radom eller en annen struktur som vil bli utsatt for en høyhastighets luftstrøm, så må den utadvendende overflate være meget glatt og nøyaktig utformet.

Generelt har man fremstilt koniske radomer for høyhastighets anvendelser av glass-keramiske materialer i over 30 år. I løpet av denne periode har det vært utviklet sofistikerte maskineringsteknikker for fjerning av totalt ca. 0,254 cm fra radomemnets innside og utside for derved å få frem en nøyaktig tilformet ferdig gjenstand. Disse maskineringsteknikker baserer seg på fjerning av materialet ved mekanisk sliping av overflatene. I et typisk tilfelle foretas sliping ved hjelp av et karborundum- eller diamant-slipehjul med fjerning av ca. 0,013 cm pr. passering, med en materialhastighet som gir ca. 0,8 cm³ fjernet materiale pr. minutt.

En maskinering av det glass-keramiske emne ved hjelp av sliping er en relativ langsom prosess, den krever kjøling av arbeidsstykket, og er arbeidsintensiv. Selv om denne metode er brukbar, så foreligger det et behov for bedring av prosessøkonomien ved å redusere tiden og kostnadene for fremstilling av slike glass-keramiske artikler som radomer. Foreliggende oppfinnelse tar sikte på å møte dette behov, og byr på dermed forbundne fordeler.

35

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en fremgangsmåte for fremstilling av glass-keramiske gjenstander, særlig glass-keramiske radomer. Fremgangsmåten gir gjenstan-

der med god kvalitet og med omtrent halvparten av kostnadene sammenlignet med konvensjonelle slipemetoder. Fremgangsmåten er en ikke-kontaktmetode, krever ingen kjøling av arbeidsstykket, og er ikke arbeidsintensiv.

- 5 Ifølge oppfinnelsen innbefatter en fremgangsmåte for fremstilling av en glass-keramisk radom en tilveiebringelse av et radomemne av et glass-keramisk materiale og med en lengdeakse. Et lag av det glass-keramiske materiale grovmaskineres fra en grov maskineringsoverflate på radomen under utnyttelse av en høyenergi-laser mens emnet roteres om sin lengdeakse og et angrepspunkt for laserstrålen beveger seg langs radomemnet i
10 hovedsaken parallelt med dets lengdeakse. Den grovmaskinerte overflate kan enten være radomemnets indre overflate eller den ytre overflate. Etter grovmaskineringen sluttmaskineres det glass-keramiske materiale på den grovmaskinerte overflate ved hjelp av en sluttmaskineringsteknikk, fortrinnsvis en mekanisk sliping med en fjerning av minst ca. 0,005 cm materiale fra den grovmaskinerte overflate.

- 15 Laseren er fortrinnsvis en Nd:YAG-laser som arbeider med en utgangsbølgelengde på 1,06 mikrometer. Laseren kan arbeide i en kontinuerlig bølgemodus, fortrinnsvis med et gjennomsnittlig energinivå på fra ca. 500 til ca. 2000 W. Laseren kan også arbeide i en pulsølgbølgemodus, fortrinnsvis med en firkantbølgepuls og med en pulsvarighet på fra ca.
20 0,3 til ca. 3 millisekunder, en pulsfrekvens på fra ca. 50 til ca. 500 pulser/sekund, og en pulsintensitet på minst ca. 3×10^4 W/cm². Laseren kan fjerne materiale i en kuttedybde på fra ca. 0,051 cm til ca. 0,254 cm, slik at det kan fjernes totalt 0,254 cm i løpet av 1-5 passeringer. Mer enn 1 cm³ glass-keramisk materiale pr.minutt kan fjernes på denne måten.

- 25 Lasermaskineringsteknikken kan benyttes for noen glass-keramiske gjenstander uten behov av ytterligere maskinering. Dreier det seg imidlertid om radomer så etterlater lasermaskineringen et laserpåvirket overflatelag som fjernes ved hjelp av en avsluttende maskinering. Sluttmaskineringen skjer fortrinnsvis ved at det slites bort minst ca. 0,005
30 cm fra den lasermaskinerte grove flate.

- Den foretrukne lasermaskinering med optimalisert styring av lasermaskineringsparametrene gir en prosessøkonomi som er bedre enn de man kjenner fra de kjente metoder, samtidig som resultatet er en akseptabel sluttgjenstand. Andre trekk og fordeler med
35 foreliggende oppfinnelse vil gå frem av den etterfølgende mer detaljerte beskrivelse av det foretrukne utførelseseksempel, sett i sammenheng med tegningene.

På tegningene viser:

- fig. 1 et snitt gjennom en del av et glass-keramisk missil-radomemne,
- fig. 2 et mikrostruktur bilde av det glass-keramiske materiale som benyttes i radomemnet i fig. 1, i området 2,
- fig. 3 et blokkskjema som viser fremgangsmåten under fremstilling av radomen,
- fig. 4 et skjematisk riss av en laser-grovmaskinering av en utside av radomemnet,
- fig. 5 et skjematisk riss av laser-grovmaskineringen av en innside av radomemnet,
- fig. 6 et skjematisk forstørret snitt av overflateområder på et lasermaskinert glass-keramisk radomemne,
- fig. 7 et skjematisk riss av en sluttmaskinering med sliping av radomemnets ytterside,
- fig. 8 en graf hvor materialfjerningen er opptegnet som en funksjon av laserenergitettheten, idet også materialfjerningshastigheten er indikert, og
- fig. 9 i en graf skjærdybden som en funksjon av laserenergitettheten, for tre typer Nd:YAG-lasere.

Fig. 1 viser en glass-keramisk gjenstand, i dette tilfelle et foretrukket radomemne 20. Radomemnet 20 er støpt i et glass-keramisk materiale såsom PyroceramTM-materiale, som fremstilles av Corning Glass. Et glass-keramisk materiale er en spesiell klasse av materialer i form av en hybrid av keramisk og glass-faser, men har en egen sammensetning, struktur og oppførsel sammenlignet med rene keramer eller rene glassmaterialer. Fig. 2 viser den idealiserte mikrostruktur for et typisk glass-keramisk materiale 22. Det glass-keramiske materiale innbefatter korn 24 i en krystallinsk fase og områder 26 med en amorf fase. De krystallinske korn 24 utgjør typisk ca. 90 volum-% av materialet 22, idet resten utgjøres av de amorfe områder 26. Det glass-keramiske materiale 26 har en sammensetning som innbefatter en glassformer såsom silisiumoksyd, og er typisk en modifisert Mg,Al-silisiumoksyd. Det foretrukne Pyroceram (TM) 9606-materiale har en sammensetning i vekt-%, på 56% SiO₂, 20 vekt-% Al₂O₃, 15% MgO og 9% TiO₂. Når materialet fordampes dannes det lite om overhode noe flyktig gass som danner en plasma over faststoffet.

Radomemnet 20 er tilnærmet rotasjonssymmetrisk om en lengdeakse 28. En ytre overflate 30 på det støpte radomemne 20 har en i hovedsaken god overflatefinish, form og symmetri, men typisk ikke en slik nøyaktig utførelse som kreves for en aerodynamisk forkant og en ytre overflate på en ferdig radom. En indre overflate 32 på radomemnet 20 vil ha en generell god form og symmetri, men ikke med en slik nøyaktig utførelse som kreves for innsiden i den ferdige radom. Den ytre overflate 30 og den indre overflate 32

kan også innbefatte områder med irregulært strukturert glass-keramisk materiale som følge av støpingen. En radar-mottager omsluttet av den ferdige radom, som plasseres over nesen på missilen. Den ferdige indre overflate og den ferdige ytre overflate på radomen, såvel som radomens materialsammensetning og struktur, må være meget nøyaktig for å sikre forvrengningsfri sending og mottak av radarsignaler, og må være aerodynamisk akseptert hva angår den ytre overflate. For å oppnå den nødvendige nøyaktighetsgrad er det standard praksis å fjerne et ytre overflatelag 34 og et indre overflatelag 36, hver ca. 0,254 cm tykt, under fremstillingen. Den foretrukne utførelse av foreliggende oppfinnelse vedrører fjerningen av disse overflatelag 34 og 36.

Fig. 3 gjengir en foretrukken fremgangsmåte i forbindelse med de tilhørende maskineringer under fremstillingen. Det tilveiebringes et gjenstandsemne 40, fremstilt av et glass-keramisk materiale. I det foretrukne tilfelle er gjenstandsemnet radomemnet 20 i fig. 1.

Det tilveiebringes en høyenergi-laser 42. Laseren arbeider fortrinnsvis med en koherent lysutgang på 1,06 mikrometer, og er mest fordelaktig en Nd:YAG-laser. (Spesifikasjonen av denne lasertype følger industristandarden. En "Nd:YAG"-laser er en laser med et yttrium-aluminium-granat (YAG) massivt laserelement som er dopet med neodymium (Nd).) Ulike lasertyper har vært anvendt under utviklingen av foreliggende oppfinnelse, og man har funnet at en Nd:YAG-laser som arbeider ved 1,06 mikrometer gir de beste resultater ved det høyenerginivå som kreves for økonomisk lasermaskinering av disse glass-keramer.

Laseren drives i samsvar med et sett av drivparametre. Laseren kan være en laser med kontinuerlig bølge eller en puls-laser. I begge tilfeller vil den energi som leveres til den maskinerte overflate være minst ca. 1850 Joules/cm². Benyttes en laser med kontinuerlig bølge, så vil det gjennomsnittlige laserenergiområde ligge mellom ca. 500 og ca. 2000 W.

Benyttes en puls-laser, så er pulsen fortrinnsvis en firkantpuls med en pulsvarighet på fra ca. 0,3 til ca. 3 millisekunder, en pulsfrekvens på fra ca. 50 til ca. 500 pulser/sekund, og en laserpulsintensitet på minst ca. 3 ganger 10⁴ W/cm². Firkantbølgepulsen foretrekkes for å unngå en pulshale som man antar skyldes en for stor uønsket overflatesmelting. Pulsvarigheten på fra ca. 0,3 til ca. 3 millisekund muliggjør levering av et høyenerginivå til den maskinerte flaten, og representerer en viktig distinksjon mellom noen lasermaskineringsmetoder for keramer (til forskjell fra glass-keramer). Eksempel-

vis nevnes det i US-A 5138130 at keramer som inneholder flyktige bestanddeler som fordamper for tilveiebringelse av en plasma, må maskineres med en Q-switcher eller excimer-laser med pulser av meget kort varighet, i mikrosekund- eller nanosekund-områdene, hvilket begrenser den energi som leveres til den maskinerte overflate.

5 Laseren og gjenstandsemnet bevegges i forhold til hverandre translatorisk, som antydnet i skjemaruten 44 i fig. 3. Hvordan den relative bevegelse gjennomføres vil være avhengig av gjenstandsemnet. Fig. 4 og 5 viser den foretrukne metode for en laser 60 og et radomemne 20, idet fig. 4 gjelder maskineringen av ytterflaten 30 og fig. 5 gjelder maskineringen av innerflaten 32. I begge tilfeller blir radomemnet, som er i det minste tilnærmet
10 konisk og symmetrisk, dreiet om sin lengdeakse 28 og samtidig beveget parallelt med sin lengdeakse 28 ved hjelp av ikke vist bære/fastspenningsutstyr. For utvendig maskinering som i fig. 4, plasseres laseren 60 slik at en laserstråle 62 fra laseren 60 går omtrent perpendikulært mot den ytre overflate 30. Laseren 60 har en avstand fra den ytre
15 overflate 30 som bestemt av den laseroptiske fokuspengde, som utgjør ca. 11,4 cm i en foretrukket utførelse. Laseren 60 er montert på en ikke vist vogn som muliggjør at laseren kan bevegges innover og utover relativt den ytre overflate 30 for bibehold av den ønskede avstand. Ved lasermaskinering av den indre overflate 32 plasseres en laser 64 utenfor det indre av radomemnet 20, og laserenergien overføres til det indre av radomemne 20 ved hjelp av en serie av speil eller linser eller, som vist, ved hjelp av en fi-
20 beroptisk bunt eller kabel 66, som bæres av ikke vist bærestyr som muliggjør at den kan rettes mot et bestemt sted på den indre overflate 32. Fortrinnsvis koordineres bevegelsene til radomemnets og laserens bærestyr ved hjelp av en ikke vist styremekanisme, for derved å kunne holde en styrbar matehastighet for lasermaskineringen.

25 Radomemnet 20 grovmaskineres ved bruk av laseren, som angitt i ruten 46 i fig. 3. Matehastigheten til radomemnet 20 er fortrinnsvis fra ca. 0,042 til 0,339 m/sekund. Laserkuttets dybde - dybden av det materiale som fjernes ved hver passering - er fortrinnsvis fra ca. 0,051 til ca. 0,254 cm. Laserstrålen beveger seg over overflaten i et spiralmønster, idet fremføringshastigheten vil bestemme graden av overlapping mellom hver pas-
30 sering.

Fig. 6 viser skjematisk det glass-keramiske materiale nær overflaten 68 etter at den grove lasermaskinering er ferdig. Overflaten 68 har en viss overflateruhet. I tillegg finnes
35 det et modifisert område 70 på overflaten 68. Dette område 70 modifiseres på to måter. For det første vil en del av området oppvise en høyere enn vanlig andel av amorf glassformet materiale, og for det andre foreligger det en kjemisk endring i området 70.

Området 70 har typiske en tykkelse på ca. 0,005 cm og fjernes fordelaktig i et avsluttende maskineringstrinn 48 (fig. 3). Mer fordelaktig maskineres overflaten på radomen til en aerodynamisk glatthet ved at man fjerner litt mer materiale enn som indikert med henvisningstallet 72, i størrelsesordenen ca. 0,025 cm i det avsluttende maskinerings-

Sluttmaskineringen 48 (fig. 3) skjer ved hjelp av en teknikk som adskiller seg fra den høyenergi-lasermaskinering som benyttes i grovmaskineringstrinnet 46. Fortrinnsvis gjennomføres den avsluttende maskinering av radomemnet 20 ved hjelp av sliping under utnyttelse av et karborundum- eller diamantslipehjul 74 som drives av en motor 76. Under den avsluttende maskinering dreies radomemnet om sin lengdeakse 28 og forskyves translatorisk parallelt med lengdeaksen 28. Slipehjulet og motoren translateres for derved å opprettholde den ønskede stilling i forhold til radomemnet. Fjerning av materialet ved hjelp av sliping under denne avsluttende maskineringsfase er en rask prosess da bare meget lite materiale fjernes, og det tilveiebringes en aerodynamisk glatt overflate som har samme struktur og sammensetning som det glass-keramiske materiale inne i radomen.

Foreliggende oppfinnelse har vært utført i forbindelse med en radom av den type som benyttes på standard-missilen og testeksemplarer. Fig. 8 viser materialfjerningen i cm^3 som en funksjon av energitettheten i laserstrålen, for en Lumonics MW2000 2kW Multiwave-laser. Fig. 9 viser kuttedybden i tommer som en funksjon av energitettheten for tre ulike lasertyper som benyttes for maskinering av det glass-keramiske materiale: Lumonics MW2000 2 kW Multiwave-laser (mwave), Lumonics JK704 400W-laser (lumo) og en Raytheon 400W-laser fra EB Tech (EB). Dataene er i hovedsaken lineære med energitettheten, til tross for bruk av tre lasertyper.

Kjemiske studier av den maskinerte overflate av Pyroceram glass-keramerble utført med EDS. Det modifiserte område 70 fremkommet under grovmaskineringen 46 viste en anriking av Ak, Mg og Ti i forhold til det glass-keramiske utgangsmateriale. Etter at ca. 0,005 cm materiale var fjernet, i samsvar med den avsluttende maskinering 48, var imidlertid overflatesammensetningen i hovedsaken den samme som i det opprinnelige glass-keramiske materiale.

For radomanvendelser gjelder at lasermaskineringen ikke har noen negativ innvirkning på materialets dielektriske egenskaper, noe som eventuelt ville kunne forstyrre radar-

bruken. For å bestemme de dielektriske egenskaper ble to stykker av Pyroceram, hvert stykke med dimensjonen ca. 2,54 x 5,08 x 0,635 cm ble lasermaskinert på en bred flate. Nær den lasermaskinerte kant og nær senteret ble det fra hvert stykke skåret ut prøver, der hvor det ikke ville påvirkes av lasermaskineringen, som kontrollprøver. Prøvene ble
 5 testet i en X-bånd-transmisjonslinje og i en resonanskavitet på enten 8,28 eller 7,6 GHz. I den etterfølgende tabell finner man den dielektriske konstant (ϵ) og tapstangenten ($\tan \delta$) ifølge resonanskavitettestingen. Tall uten stjerne gjelder forsøk gjennomført ved 8,2 GHz og tall med en stjerne gjengir forsøksresultater ved 7,6 GHz.

10 TABELL 1

Prøveidentifikasjon	ϵ	$\tan \delta$
#3 senter-1	5.43	0.0005
#3 senter-2	5.43,5.47*	0.0006,0.0005*
#3 kant-1	5.47*	0.0005*
#4 senter-1	5.45*	0.0005*
#4 kant-1	5.44*	0.0003*

Resultatene for prøvene tatt nær den laserpåvirkede kant er sammenlignbare med de tatt
 15 nær senterne.

Patentkrav

1.

Fremgangsmåte for fremstilling av en glass-keramisk radom, omfattende et trinn med:

5 tilveiebringelse av et radomemne (20) dannet av et glass-keramisk materiale og med en lengdeakse (28), samt ytterligere med en indre overflater (32) og en ytre overflate (30), k a r a k t e r i s e r t v e d a t fremgangsmåten videre omfatter trinnene med: tilveiebringelse av en høyenergi-laser (60,64) under utnyttelse av et sett av driftparametre;

10 rotering av radomemnet (20) om lengdeaksen (28) med en rotasjonshastighet i samsvar med en matehastighet;

grovmaskinering av et grovskåret lag av det glass-keramiske materiale fra en grovmaskineringsoverflate på radomen under utnyttelse av høyenergilaseren (60,64) samtidig med trinnet med rotering og med et laserstråletreffpunkt fra høyenergilaseren traverserende langs radomemnet generelt parallelt med radomemnets (20) lengdeakse (28),

15 idet grovmaskineringsoverflaten velges fra gruppen som består av den indre overflate (32) og den ytre overflate (30) på radomemnet, slik at matehastigheten og settet av driftsparametere for høyenergilaseren tilveiebringer en materialfjerningshastighet under trinnet med grovmaskinering; og

20 sluttmaskinering av det glass-keramiske materiale fra den grovmaskinerte overflate ved hjelp av en sluttmaskineringsteknikk.

2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t trinnet med tilveiebringelse

25 av et radomemne (20) innbefatter trinnet med tilveiebringelse av et radomemne (20) dannet av et glass-keramisk materiale som har en mikrostruktur innbefattende en blanding av keramiske krystaller i en glasslignende matriks.

3.

30 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t trinnet med tilveiebringelse av et radomemne innbefatter trinnet med tilveiebringelse av et radomemne (20) dannet av en modifisert Mg,Al-silisiumoksyd-sammensetning.

4.

35 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t trinnet med tilveiebringelse av en laser innbefatter trinnet med tilveiebringelse av en laser som arbeider på en bølglengde på ca. 1,06 mikrometer

5.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnet med tilveiebringelse av en laser innbefatter trinnet med tilveiebringelse av en Nd:YAG-laser som arbeider i
5 en kontinuerlig bølgemodus.

6.

Fremgangsmåte ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnet med tilveiebringelse av en laser innbefatter trinnet med drift av Nd:YAG-laseren ved et gjennomsnittlig energinivå fra ca. 500 til ca. 2000 W.
10

7.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnet med tilveiebringelse av en laser innbefatter trinnet med tilveiebringelse av en Nd:YAG-laser (60, 64) som
15 arbeider i en pulset bølgemodus med en pulsvarighet på fra ca. 0,3 til ca. 3 millisekunder, en pulsfrekvens på fra ca. 50 til ca. 500 pulser/sekund, og en pulsintensitet på minst ca. 3×10^4 W/cm².

8.

20 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnet med tilveiebringelse av en laser innbefatter trinnet med tilveiebringelse av en laser (60, 64) som arbeider i den pulsede bølgemodus med en firkant-bølgepulsform.

9.

25 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnet med grovmaskinering innbefatter trinnet med en grovmaskinering av det glass-keramiske lag ved en materialfjerningshastighet på minst ca. 1 cm³/minutt.

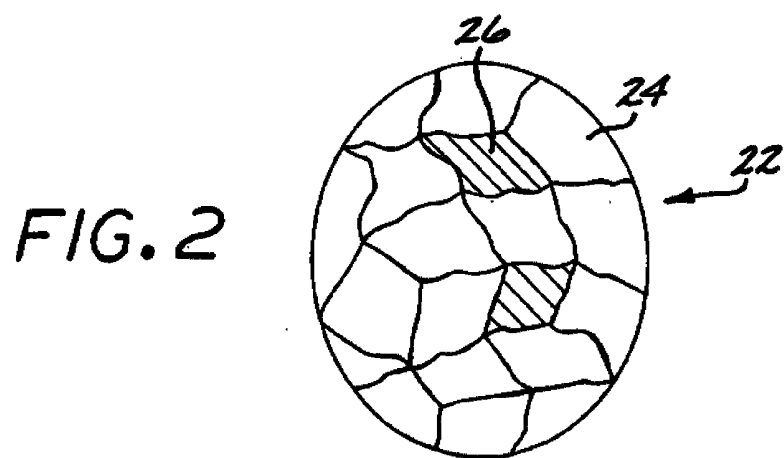
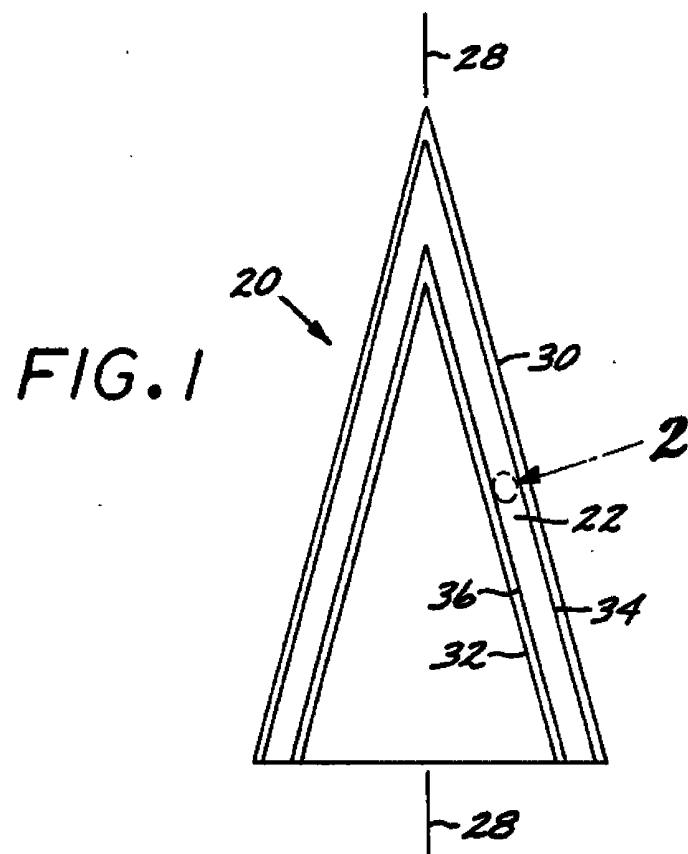
10.

30 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnet med grovmaskinering innbefatter trinnet med en grovmaskinering av det grovkuttede lag til en dybde på fra ca. 0,051 til ca. 0,254 cm i en eneste passering.

11.

35 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnet med den avsluttede maskinering innbefatter trinnet med en mekanisk sliping av et sluttmaskineringslag i en dybde på minst ca. 0,005 cm av det glass-keramiske materiale fra den grovmaskiner-

te overflate.



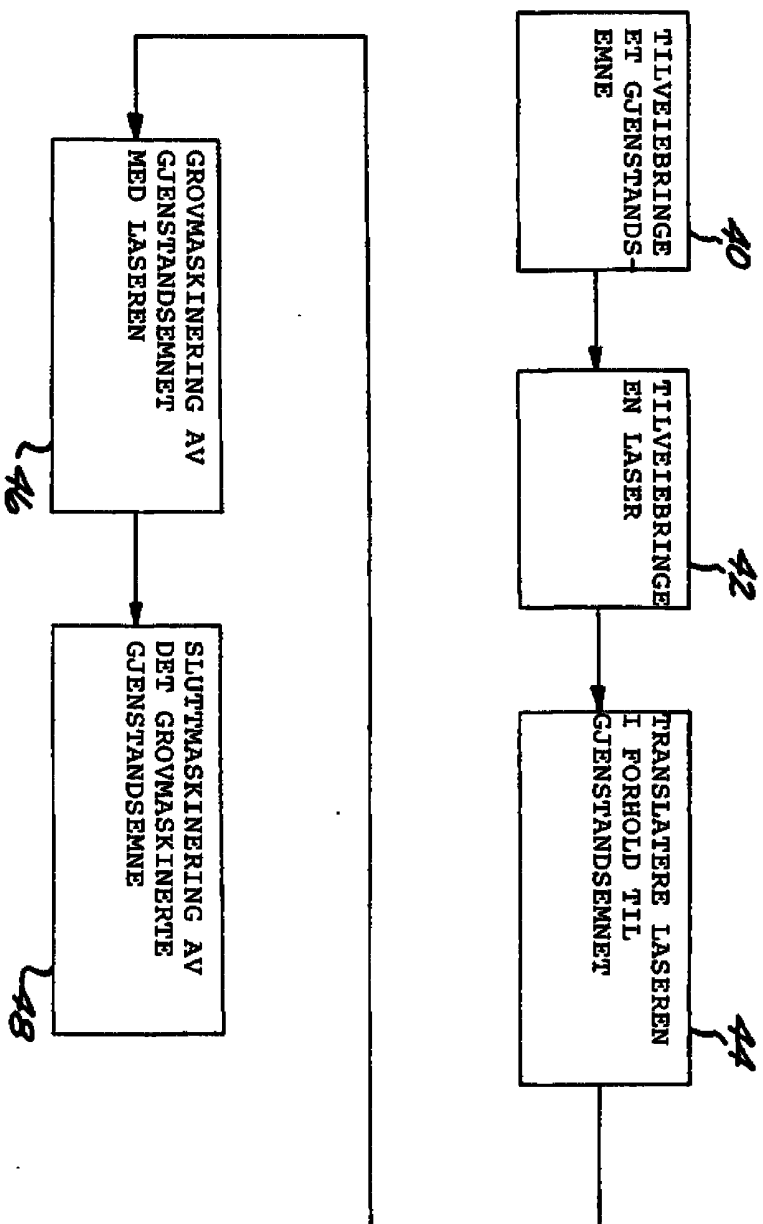
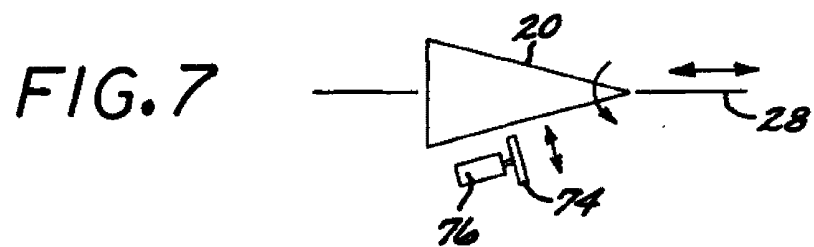
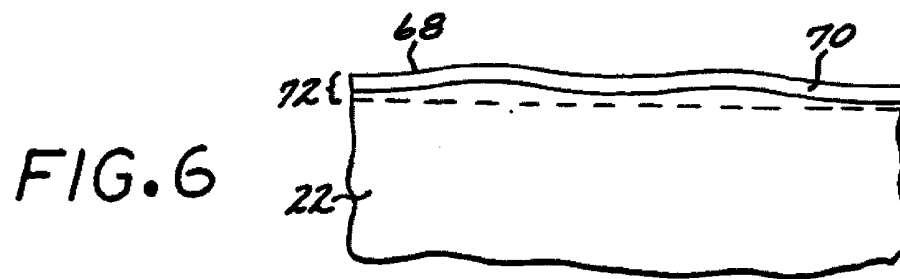
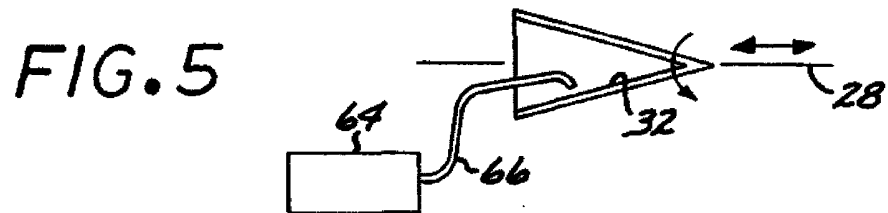
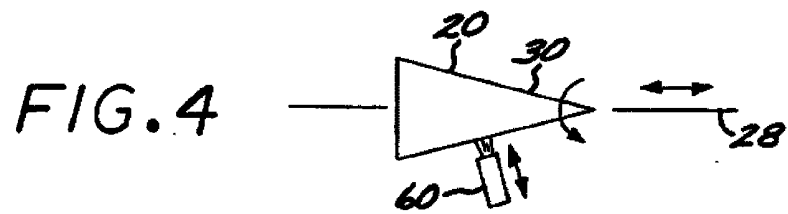


FIG.3



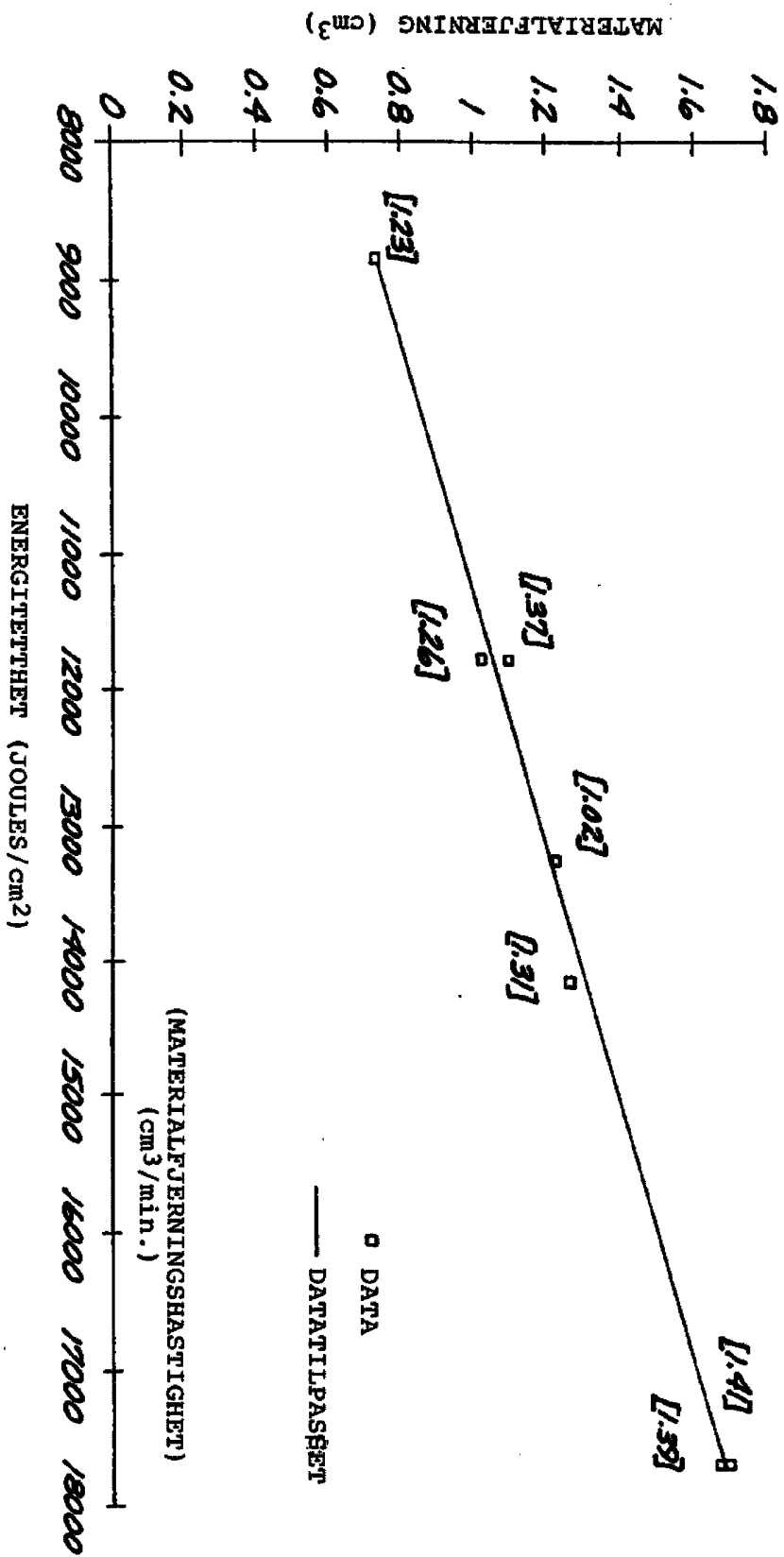


FIG. 8

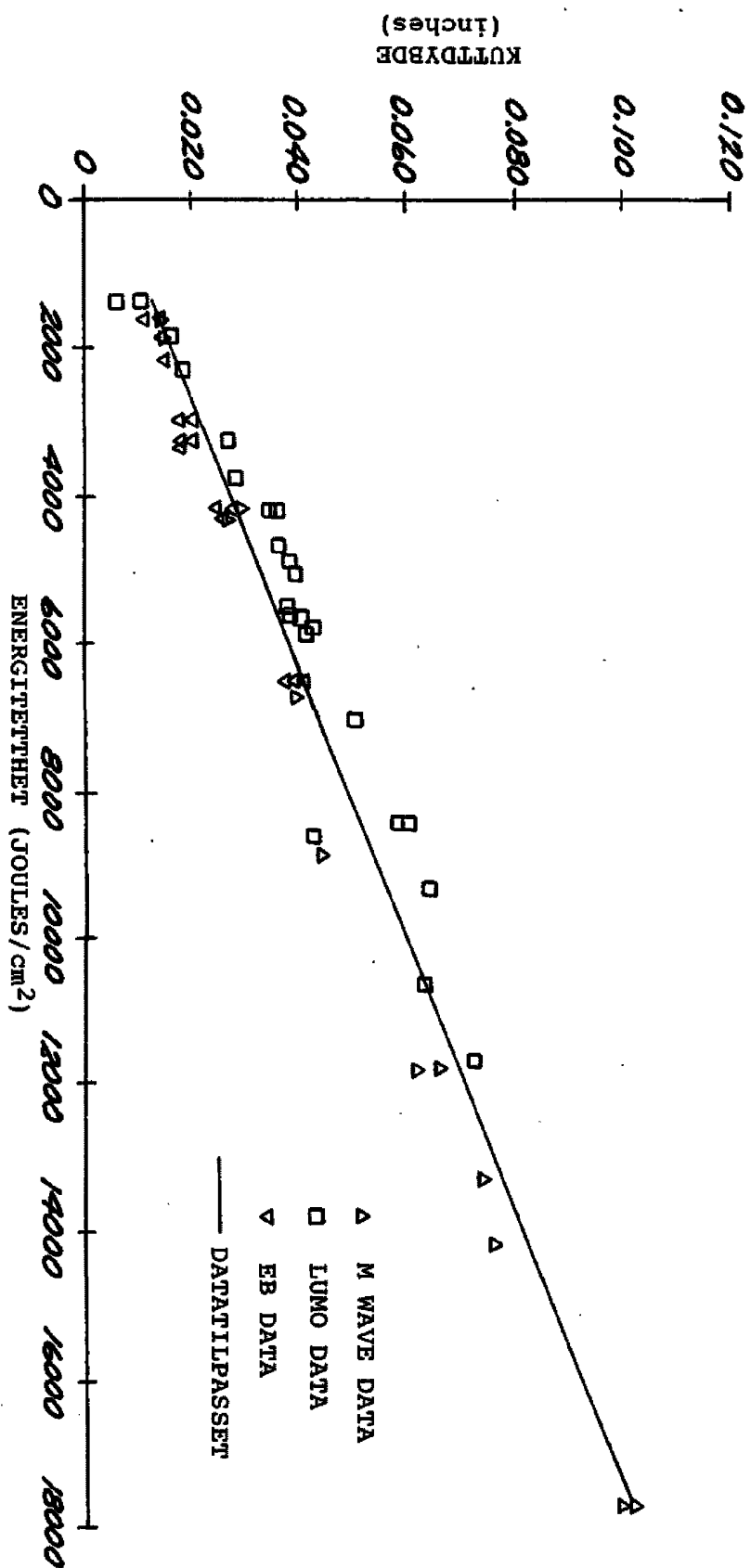


FIG. 9