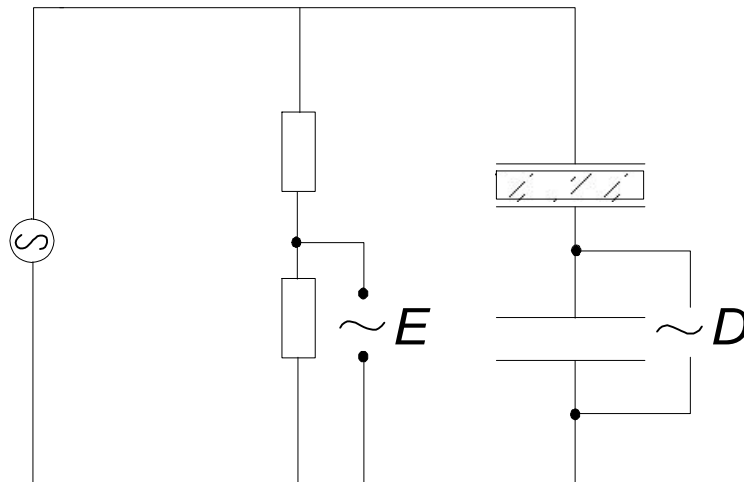


Opgave 1.

Mogelijk heeft U U afgevraagd hoe nu de D-E hystereselussen van ferro-elektrische materialen geregistreerd kunnen worden. Een hiervoor veel gebruikte experimentele opstelling is gebaseerd op het zogenaamde Sawyer-Towner circuit, zie onderstaande figuur.



De kern van dit circuit wordt gevormd door een serieschakeling van het van een paar tegenover elkaar liggende elektrodes voorziene ferro-electricum en een condensator met een zeer hoge capaciteits- waarde, ordes van grootte hoger dan de “gemiddelde”capaciteit van het ferro-elektrische materiaal. Wordt over deze serieschakeling een wisselspanning gezet, dan staat deze spanning vrijwel geheel over het ferro-electricum. Wordt aangenomen, dat het ferro-electricum en de capaciteit een geleidingsvermogen gelijk nul hebben, dan is de spanning over deze grote condensator evenredig met de diëlektrische verplaatsing D van het ferro-electricum.

Vraag a) (4 eenheden)

Waarom is deze spanning evenredig met deze diëlektrische verplaatsing en welke parameters bepalen de waarde van deze evenredigheidsfactor?

Het is ook mogelijk een maat voor de diëlektrische verplaatsing te krijgen door de pyro-elektrische eigenschappen van het ferro-elektrische materiaal te benutten.

Vraag b) (8 eenheden)

Geef een korte beschrijving, zo mogelijk geïllustreerd met een figuur, van het principe van een op het pyro-elektrisch effect gebaseerde methode om van de D-E-hystereselus de D-parameter te meten. U moet deze zelf verzinnen en uiteraard is dat meer dan een enkele beschrijving van het pyro-elektrisch effect.

Opgave 2

In op Er^{3+} -ionen geïntegreerd optische versterkers is de concentratie van de Er^{3+} -ionen een zeer belangrijke parameter. Deze concentratie mag enerzijds niet te hoog, maar anderzijds niet te laag zijn.

Vraag a) (9 eenheden)

Geef aan welke fysische verschijnselen een rol spelen bij de bepaling van de optimale concentratie van deze Er^{3+} -ionen en geef aan op welke wijze ze het versterker-gedrag beïnvloeden. Voor sommige verschijnselen kunt u alleen in kwalitatieve termen spreken. Mogelijk voor andere meer kwantitatief, probeer zo kwantitatief mogelijk te zijn.

Vraag b) (5 eenheden)

Is deze optimale concentratie afhankelijk van de intensiteit van het pomplicht?

Vraag c) (9 eenheden)

In het dictaat wordt een voorkeur uitgesproken voor een amorf gastheer materiaal voor de Er^{3+} -ionen, zoals amorf Al_2O_3 . Wat zijn de sterke punten van het gebruik van een amorf materiaal? Zijn er ook zwakke punten en zo ja, welke zijn dat?

Opgave 3. (15 eenheden)

In het dictaat wordt in hoofdstuk IV onder andere in algemene termen over het belang van de defectstructuur gesproken. Bij materiaalontwikkeling zoals bij de ontwikkeling van het optisch versterkend materiaal in hoofdstuk 5 zal de defectstructuur dus vast wel ter sprake gekomen zijn. Geef een korte verhandeling, waarin U op gestructureerde wijze samenvat welke relaties er tussen de defectstructuur (welk defect?) van Er^{3+} gedoteerd Al_2O_3 en zijn relevante eigenschappen (welke?) aanwezig zijn.

Tentamen materiaalkunde 28 nov 2000 antwoorden DEEL A

De hier gegeven antwoorden zijn zeer uitgebreid geschreven, enerzijds om elk misverstand te voorkomen en anderzijds alle antwoorden in een context te plaatsen)

Opgave 1.

Vraag a) Van een plaatcondensator(en het ferro-elektricum is zo een plaatcondensator, maar dan een met een niet-lineair gedrag) is de verandering in de diëlektrische verplaatsing D_{FE} gelijk aan de verandering van de lading per eenheid van oppervlak van de elektrode, Q/O , $D_{FE} = Q/O$

(1) De onderelektrode van het ferro-elektricum en de boven-elektrode van de condensator zijn met elkaar kortgesloten en van hun omgeving elektrisch volkomen geïsoleerd,; dit betekent dat de ladingsverandering van de onder-elektrode van het ferro-elektricum in absolute waarde gelijk, maar van teken verschillend is van die van de boven-elektrode van de condensator. De hierdoor veroorzaakte spanning V_{cond} over de condensator is dus $V = Q/C$

(2) met C de capaciteit van de condensator.

Door combinatie van (1) met (2) is direct te vinden $V_{cond} = D_{FE} O/C$.

Vraag b) (zie voor het pyro-elektrisch effect pg 32 dictaat)

Belicht de bovenkant van het ferro-elektricum met een uniforme bundel licht, van een golflengte die door de boven-elektrode van het ferro-elektricum of als deze transparant is door het ferro-elektricum zelf geabsorbeerd wordt. Onderbreek deze bundel met een frequentie, $\nu_{chopper}$ die zeer hoog is vergeleken met de frequentie ν_E van het op het ferro-elektricum aangelegde hoge wisselveld E..De gechoppte bundel veroorzaakt via een periodieke temperatuurverandering en een periodieke polarisatieverandering een wisselspanning over het ferroelectricum , die mbv een frequentie- selectief filter(bv een hoogdoorlaatfilter) van de aangelegde spanning gesepareerd en vervolgens gemeten kan worden.

[Het voordeel van deze methode is, dat door de bundel smaller te maken maar een deel van het ferro-elektricum ondervraagd wordt, waardoor ook de plaatsafhankelijkheid van de hystereselus bepaald kan worden. Daarnaast kan nu ook de echte lus van een sterk geleidend ferro-elektrikum gemeten worden, terwijl we voor zo een sterk geleidend ferro-elektricum bij gebruik van de Sawyer-Tower schakeling een door de geleiding sterk vervormde lus gemeten zouden hebben. Een nadeel is, dat bij bovengenoemde configuratie de temperatuurverandering afhankelijk is van de dikte-coördinaat van het ferro-elektricum en daardoor delen die op verschillende hoogte liggen op een verschillende wijze aan de wisselspanning bijdragen.]

Opgave 2

Vraag a)

- de absorptie van het pomplicht is evenredig met de concentratie van het aantal absorberende deeltjes: $dI = -\nu_a N_0 I(z)$,waarbij ν_a de absorptie cross sectie van zo een deeltje is , N_0 het aantal deeltjes in de grondtoestand van waaruit de absorptie plaats vindt en $I(z)$ de intensiteit ter plaatse z (de propagatierichting is gedefiniërd als de z-as) Hoe groter het totale aantal deeltjes des te groter is ook N_0 en bij het bereiken van populatie-inversie ook N_1 het aantal deeltjes in de toestand ,van waaruit de versterking plaats vindt.

- Dit kan ook kwantitatiever worden gezegd: in evenwichtstoestand is op elke plaats het aantal deeltjes dat per seconde in een energieniveau aankomt gelijk aan het aantal deeltjes, dat uit dat niveau verdwijnt. Voor een drie-niveau systeem als Er^{3+} betekent dit dat $\tau_a N_0 I(z) = N_1 / \tau$, waarbij τ de levensduur van een deeltje in de aangeslagen toestand is. Samen met $N_0 + N_1 = N_{\text{tot}}$ betekent dit, dat

$$N_1 \tau = N_0 \tau_a \frac{I_p \tau_a \tau}{I_p \tau_a \tau} N_{\text{tot}}, \text{terwijl de versterkingsfactor evenredig is}$$

met deze $N_1 \tau$ en $N_0 \tau_a$ en met de intensiteit van de signaalbundel, I_s . Vanuit dit gezichtspunt is het noodzakelijk om N_{tot} zo groot mogelijk te kiezen.

- Fysisch is direct in te zien, dat het ook van belang is dat de levensduur τ zo groot mogelijk is en dit kan bereikt worden door alle processen die competitief aan het bedoelde gestimuleerde emissie proces deeltjes van de aangeslagen toestand naar de grondtoestand brengen zo zwak mogelijk te laten zijn. Tot deze processen behoren er twee, de quenching en de up-conversie, die als gevolg van de energy transfer van aangeslagen Er^{3+} -ion naar naburig Er^{3+} -ion sterk aan kracht winnen. Deze energy transfer is evenredig met r^{-6} , waarbij r de gemiddelde afstand tussen deze twee ionen is. Deze r wordt kleiner naarmate er meer ionen per volume-eenheid zijn, $r \propto N_{\text{tot}}^{-2}$. Dus vanuit de wens naar een onderdrukking van deze processen zou N_{tot} laag moeten zijn. [Omdat deze laatste processen moeilijk theoretisch nauwkeurig te beschrijven zijn is het moeilijk om van te voren de optimum concentratie voor een gegeven systeem te berekenen. Dat moet doorgaans (semi)-experimenteel bepaald worden.]

Vraag b) Omdat één van de factoren, nl $N_1 \tau$ afhankelijk is van de pompintensiteit, zal het gevonden optimum dit ook zijn. Omdat de pompintensiteit I_p afhankelijk is van de plaats is de optimum concentratie in principe ook afhankelijk van de plaats. In de praktijk neemt men echter meestal de concentratie plaats-onafhankelijk. Als gevolg hiervan moeten natuurlijk ook de dimensies van de waveguide in de beschouwingen betrokken worden.

Vraag c)

Sterke punten(zie ook bv pag 61 dictaat):

- qua lichtgeleiding: het materiaal is doorgaans homogener dan bv polykristallijne lagen, vanwege het ontbreken van (grenzen tussen) gebieden met een verschillende oriëntatie van de assen van de kristallieten., waardoor een goed uitzicht bestaat op grotere homogeniteit van de brekingsindex en daardoor lagere verliezen. Ook is meestal het oppervlak gladder, waardoor de scattering t.g.v. oppervlakteruwheden ook laag is. Wel moet er door het kiezen van de juiste procescondities voor gezorgd worden, dat het materiaal niet (te) poreus wordt, omdat poriën voor grote inhomogeniteiten in de brekingsindex en dus hoge scattering kunnen leiden.
- qua versterking: in een amorf materiaal ziet elk Er^{3+} -ion een iets andere omgeving. Omdat de precieze ligging van de energieniveaus van het Er^{3+} -ion wat afhankelijk is van de omgeving, betekent een grotere variatie in de omgeving grotere verschillen in de ligging van de energieniveaus van de verschillende Er^{3+} -ionen.

- Dit heeft voor de versterking twee positieve gevolgen: in de eerste plaats wordt nu de energie overdracht tussen de Er^{3+} -ionen bemoeilijkt, omdat deze moeilijker wordt als de energieverschillen tussen de relevante niveaus van beide ionen niet gelijk zijn. Minder energie-overdracht betekent dat nu ook de quenching en de upconversie verminderen, waardoor meer ionen bij hun verval naar de grondtoestand het gewenste proces, gestimuleerde emissie, zullen ondergaan.
- Een tweede gevolg is, dat bij deze gestimuleerde emissie, van elk ion het emissie-spectrum wat verschillend zal zijn, waardoor alle emissie-lijnen verbreden. Dit betekent, dat de range van golflengtes die versterkt kunnen worden iets vergroot wordt, wat gunstig is voor WDM, omdat nu meer kanalen gedefinieerd kunnen worden, maar tevens, dat het emissie spectrum en daarmee ook het versterkingsspectrum veel meer uitgesmeerd en daarmee veel minder gepiekt wordt (zie bv fig 2.15 van hoofdstuk 5, pg 88 dictaat) Het voordeel daarvan is ,dat de versterkingsfactor veel minder golflengte- afhankelijk wordt. Tijdens het college is ook bv het versterkingsspectrum van Er^{3+} -ionen in het kristallijne gastheermateriaal Y_2O_3 getoond; hier zien de Er^{3+} -ionen alle eenzelfde omgeving met als gevolg een zeer gepiekt versterkingsspectrum (zie ook pg 60 dictaat)

Zwakke punten:- door de afwezigheid van een echte kristalstructuur, zullen deze amorfe materialen nooit fysische effecten kunnen vertonen, die juist uit (speciale) kristalstructuren voortvloeien. Zo ontbreekt in amorfe materialen een polaire as, met als gevolg dat amorfe materialen nooit elektro-optisch of piëzo-electrisch zijn.

Opgave 3.

1. het gasheer materiaal Al_2O_3 moet zo weinig mogelijk lege zuurstofplaatsen (zuurstofvacatures) vertonen, omdat deze in het relevante golflengte gebied tot een sterke absorptie leiden. Dictaat pg 70 e.v.)
2. Het materiaal moet zo weinig mogelijk quenchers bevatten, omdat deze een nutteloos parallelpad bij de terugval naar de grondtoestand geven. Dit betekent in het algemeen een grote zuiverheid van het materiaal . De uitgangsmaterialen moeten zeer zuiver zijn (denk aan het Y-target als voorbeeld gegeven op pg 38 van het dictaat), maar ook aan de wens tot afwezigheid van watermoleculen tijdens het gehele proces, omdat de hieruit verkregen OH groepen notoire quenchers zijn (zie bv pg 66 van het dictaat)
3. De Er^{3+} -ionen moeten in de gewenste concentratie door het gastheermateriaal opgenomen kunnen worden, dit laatste in de betekenis, dat zij homogeen over het materiaal verdeeld zijn en niet in groepjes (clusters) bij elkaar gaan zitten. Dit betekent, dat in het gastheer-materiaal een ion aanwezig moet zijn , dat redelijk op het Er^{3+} -ion lijkt, qua waardigheid , (ook een driewaardig positief ion) en qua ionstraal.. De overeenkomst moet ook weer niet al te groot zijn, omdat zoals de opname in Y_2O_3 (Y^{3+} heeft dezelfde ionstraal als Er^{3+}) leert dan het spectrum weer te gepiekt wordt. Als de Er^{3+} ionen clusters zouden vormen blijken ze als een quenchende verzameling op te treden.(pg 59 dictaat)
4. De Er^{3+} ionen mogen niet op centro-symmetrische posities terecht komen, omdat dan geen overgangen tussen de energieniveaus geoorloofd zijn. (pg 57 dictaat)