

ABSOWIDE-

**Laajakaistainen ultrakevyt
RF- taajuusalueen
absorptioratkaisu**

**MATINE Vuosiseminaari
22.11.2018
Pertti Lintunen, Arto Hujanen**

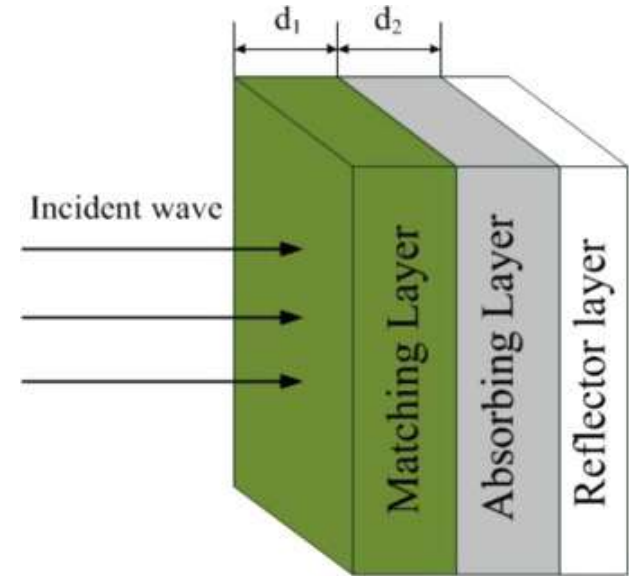
ABSOWIDE, projektin perustiedot

- Laajakaistainen ultrakevyt RF- taajuusalueen absorptioratkaisu- ABSOWIDE
- Tutkimussopimuksen projektikoodi 2500M-0086
- MATINEn jaosto: Materiaalit ja tuotantotekniikka (MAT)
- Projektin ohjausryhmä:
 - Irmeli Tuukkanen ja Jouko Haapamaa, PVTUTKL
 - Pertti Lintunen, Tomi Lindroos, Arto Hujanen, VTT
- Projektin 2.vuosi meneillään, vuodelle 2018 myönnetty MATINEn rahoitus 58 100€ , VTT:n rahoitus 17 432 €.

ABSOWIDE, projektin tavoitteet

Tutkimussuunnitelman mukaiset tavoitteet:

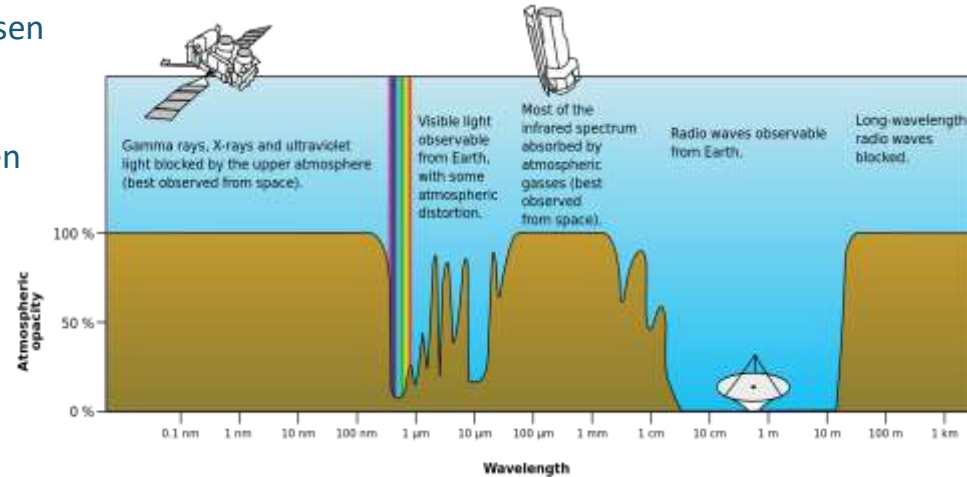
- Mitoittaa, valmistaa ja todentaa mittauksin isotropiaan tai anisotropiaan perustuva vaimennuskerros joka mahdollistaa perinteistä isotrooppista kerrosta >50% kevyemmän ratkaisun
- Mitoittaa, valmistaa ja todentaa mittauksin häviöllisellä sovitekerroksella saavutettava painon kevennys sekä taajuuskaistan leveneminen
- Hyödyntämällä kehittyneitä simulointityökaluja optimoida suorituskyykyinen ja kevyt vaimennusrakenne mitattujen materiaaliparametrien pohjalta.
- Tavoiteltava vaimennus -10dB yhtäaikaaisesti X ja Ku taajuuskaistalla, 50% nykyistä kevyemmällä rakenteella.



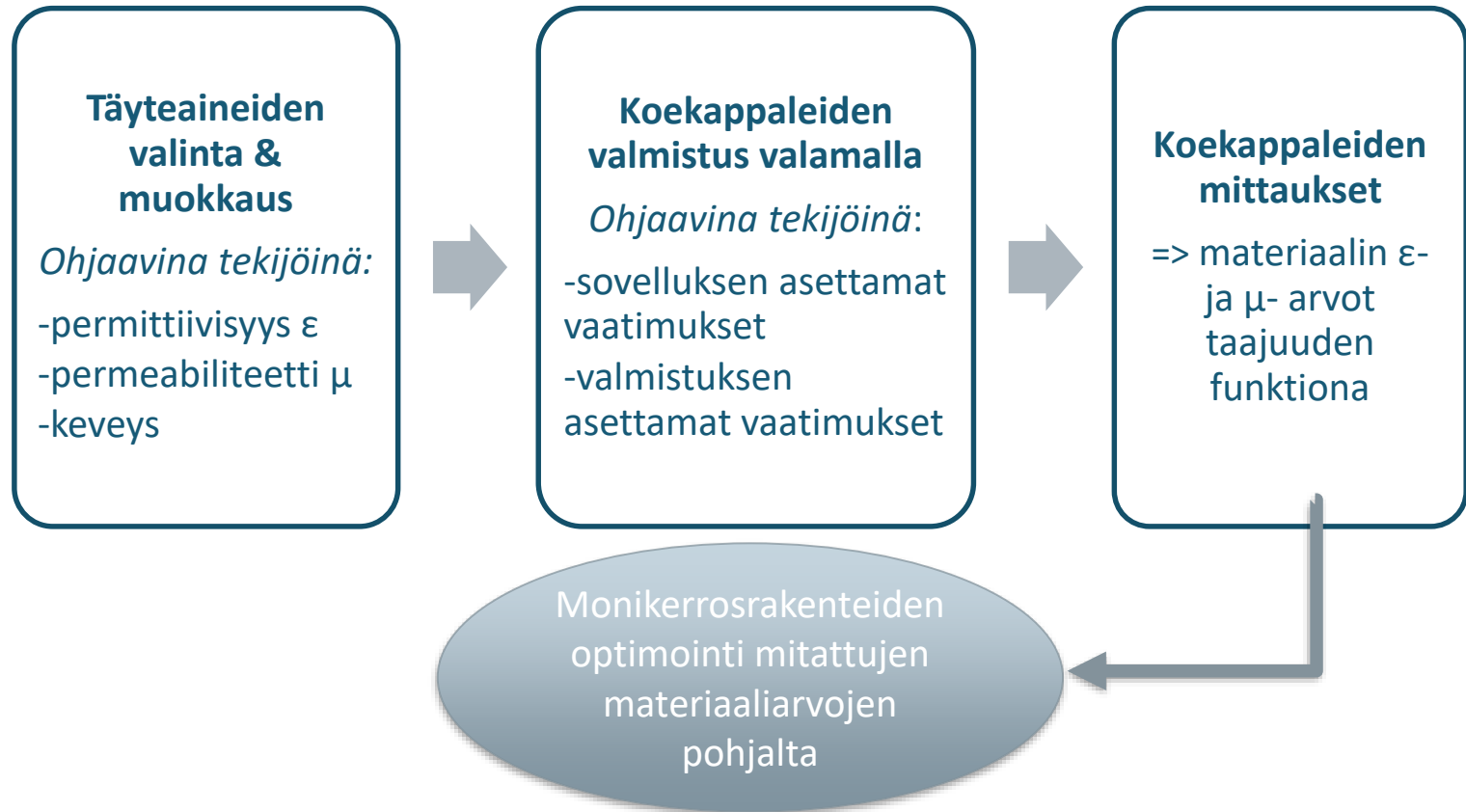
Journal of Magnetism and Magnetic Materials Volume 374, 15 January 2015, Pages 311-316

Häivetekniikka, taustaa

- Sähkömagneettisen spektrin käyttö ja samalla riippuvuus sen häiriöttömästä toiminnasta on lisääntynyt viime aikoina sodankäynnissä.
- Muotoilun avulla pyritään sirottamaan tutkasta kohteeseen suunnattu säteily lähettäjistä poispäin.
- Muotoilun ja elektronisen suojauksen lisäksi voidaan sähkömagneettisen säteilyn synnyttämiä herähteitä hallita materiaaliteknologian avulla
- Absorboivat materiaalit muuntavat tutkan lähettämän sähkömagneettisen säteilyn lämmöksi.



”Toimintakyky sähkömagneettisessa spektrissä edellyttää mm. joukkojen häiveteknisen suojan parantamista uusien tutka-, laser- sekä hyperspektrisensorien kehittyessä. Sodankäynnin keinovalikoima laajenee perinteisestä maa-, meri- ja ilmaympäristöstä avaruuteen ja tietoverkkoihin. Tämä tuo haasteita ja myös mahdollisuuksia sähkömagneettisen spektrin hallintaan.” Puolustusvoimat, tutkimus- ja kehitystoiminnan strategiset painopisteet vuosille 2016-2024.

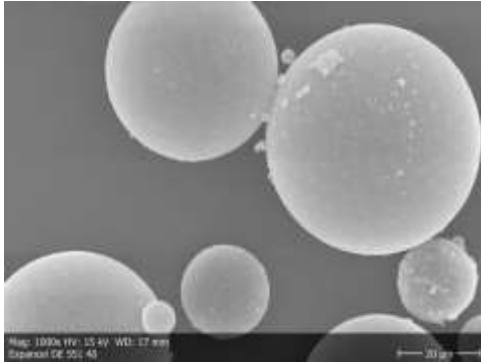


ABSOWIDE, täyteaineet

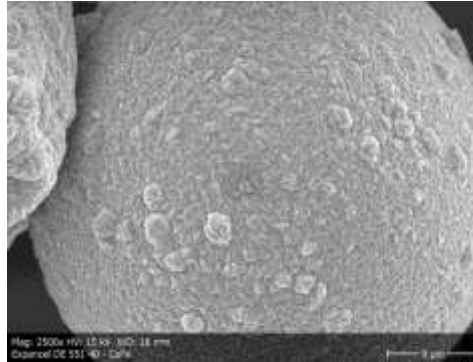
Epoksipohjaiseen matriisiin sekoitettavia täyteaineita:

- Ontot lasipallot, paisutetut muovipallot sellaisenaan, keveys
- Pinnoitetut ontot lasipallot tai paisutetut muovipallot, keveys + häviöt
- Pienillä lisäyksillä ferromagneettista partikkelia tai esim. hiilinanoputkia voidaan magneettisia -ja sähköisiä häviöitä kasvattaa ilman merkittävää painon lisäystä
- Tavoitteena pitää häviöllisen sovitekerroksen tiheys reilusti alle 1 g/cm^3
- Valmistusteknisesti helpointa jos voitaisiin toteuttaa yhdellä täyteaine-lisäyksellä
- Keveystavoitteen ja sopivien häviöiden aikaansaamiseksi todennäköisesti tarvitaan useampia täyteaineita samanaikaisesti

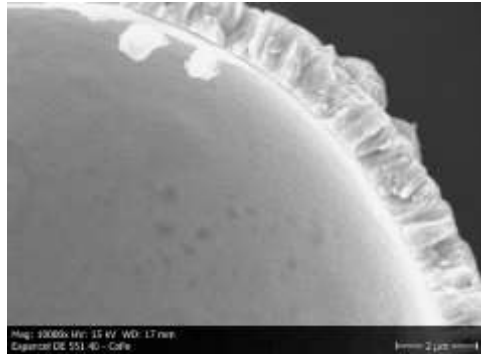
ABSOWIDE, täyteaineet -mikroskopia



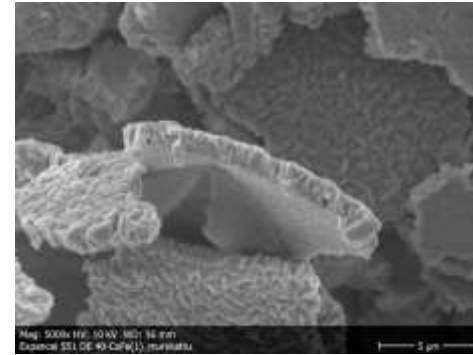
Vasemmalla SEM- kuva
polymeeripallon pintarakenteesta.



Oikealla SEM-kuva CoFe-pinnoitetun
polymeeripallon pintarakenteesta

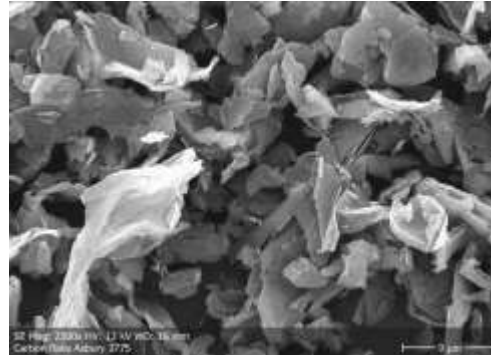
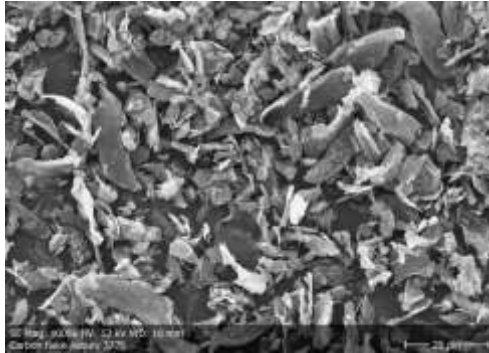


SEM- kuva CoFe- pinnoitetun
polymeeripallon pinnoitekerroksen
poikkileikkauksesta

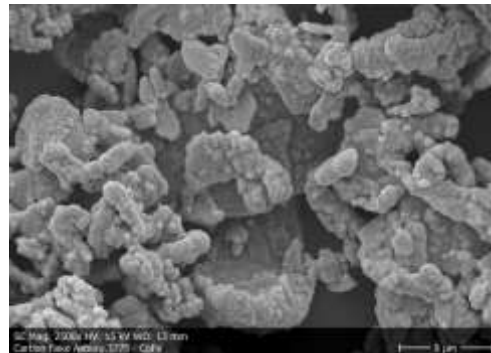
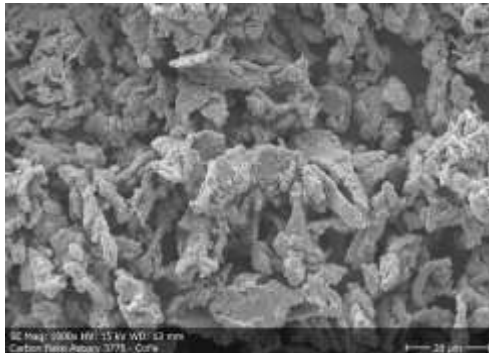


Kuvan pinnoitekerroksen koostumus $\text{Co} \sim 6 \text{ p-}\% \text{Fe}$
(autokatalyyttinen reaktio).
Pinnoitekerroksen Fe- pitoisuutta pystyttiin
kasvattamaan, tällöin reaktioaika kasvaa ja vaatii
enemmän ulkopuolista energiaa.

ABSOWIDE, täyteaineet -mikroskopia



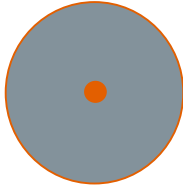
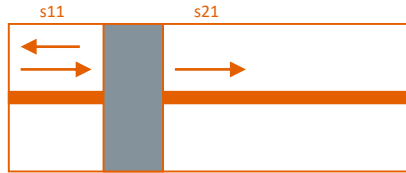
SEM- kuva grafiittihiutaleiden pintarakenteesta



SEM- kuva CoFe- pinnoitetun grafiittihiutaleiden pintarakenteesta

Sama autokatalyyttinen reaktio kuin pallojen tapauksessa, koostumus $\text{Co} \sim 6 \text{ p-\%Fe}$

- Mittauksissa käytetään koaksiaalista näytteenpidintä



Sample inside coaxial line

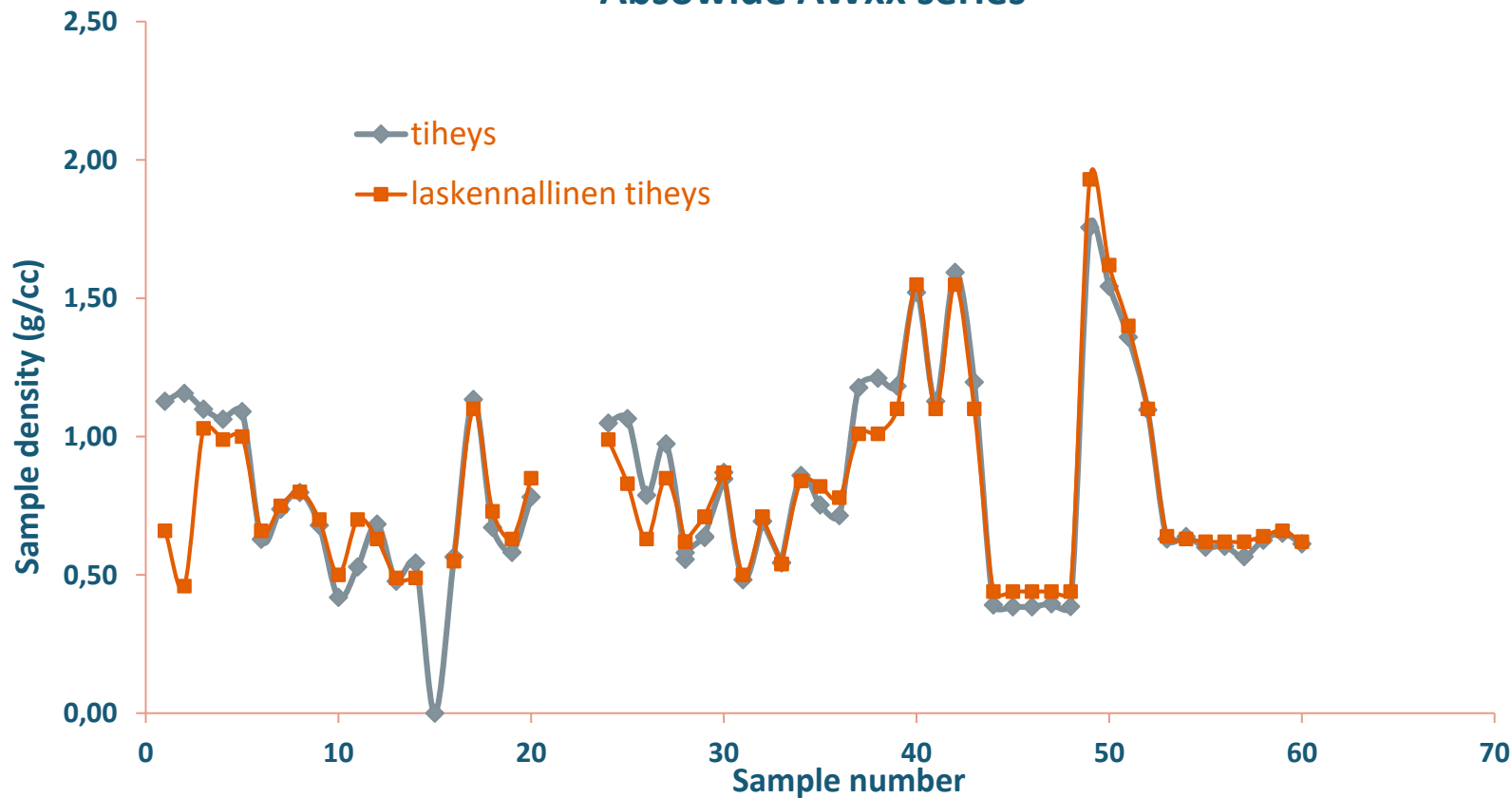


Frequency range	Outer diameter / mm	Tolerance	Inner diameter / mm	Tolerance
0.1-18 GHz	7.00	+0.0/-0.05 mm	3.04	+0.05/-0.0 mm

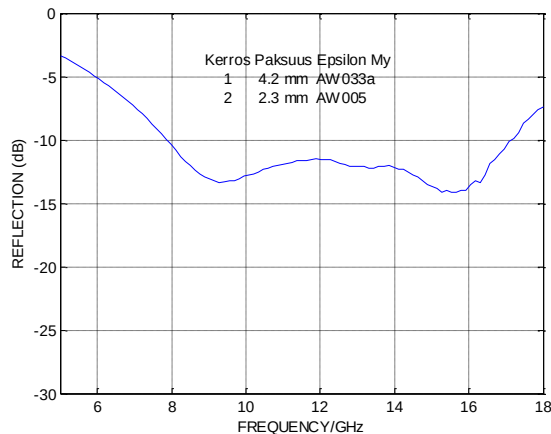
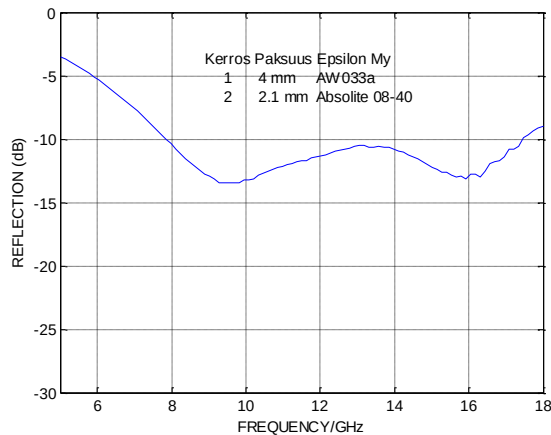
- Mittausten ja laskennan tuloksista saadaan palautetta tehoaineiden modifiointia varten sekä optimaalisen tehoainemäärän valitsemiseksi komposiitin valmistusta varten

ABSOWIDE, tiheysmittaukset

Absowide AWxx series



ABSOWIDE, 2-kerrosrakenteen simulaatiot



Vuoden 2017 taso

Sovite: AW033, paksuus 4.0 mm

Absorptio: Absolite 08-40, paksuus 2.1 mm

AW033+Absolite 08-40

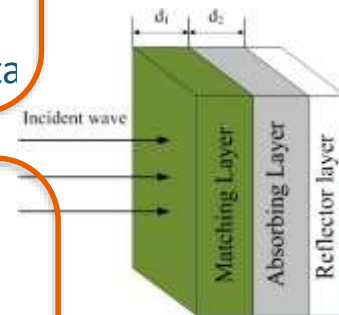
- Neliöpaino $2,16+2,31= 4,47 \text{ kg/m}^2$
- Sovitekerroksen osuus **48 %** neliöpainosta
- Absorptiokerroksen osuus **52 %** neliöpainosta

Sovite: AW033, paksuus 4.2 mm

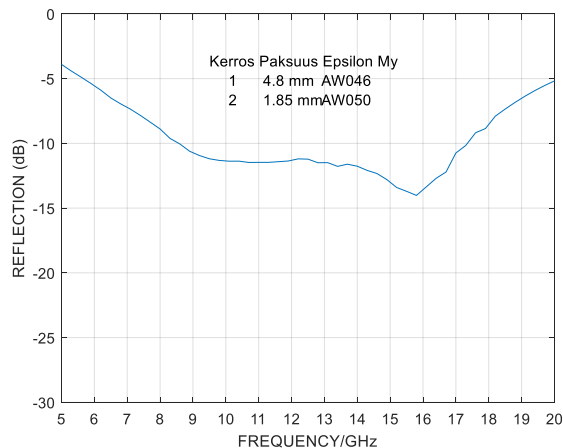
Absorptio: AW005, paksuus 2.3 mm

AW033+AW005

- Neliöpaino $2,27+2,51= 4,78 \text{ kg/m}^2$
- Sovitekerroksen osuus **47 %** neliöpainosta
- Absorptiokerroksen osuus **53 %** neliöpainosta



ABSOWIDE, 2-kerrosrakenteen simulaatiot



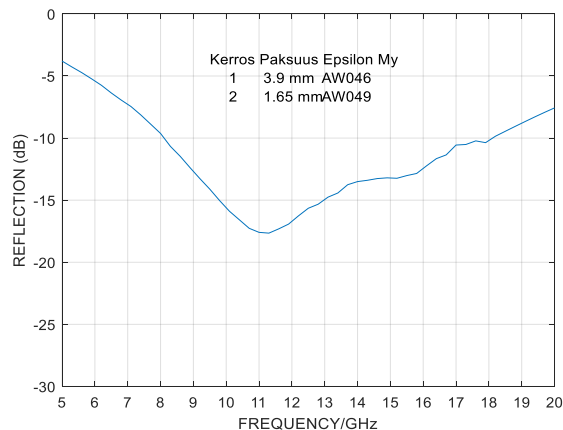
Vuoden 2018 taso

Sovite: AW046, paksuus 4.8 mm

Absorptio: AW050, paksuus 1.85mm

AW046+AW50

- Neliöpaino $1,82+2,85= 4,67 \text{ kg/m}^2$
- Sovitekerroksen osuus **39 %** neliöpainosta
- Absorptiokerroksen osuus **61 %** neliöpainosta

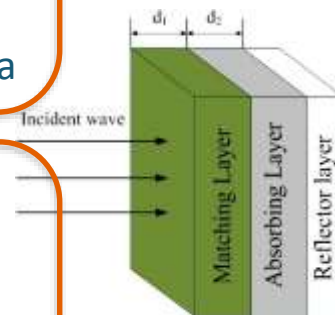


Sovite: AW046, paksuus 3.9 mm

Absorptio: AW049, paksuus 1.65mm

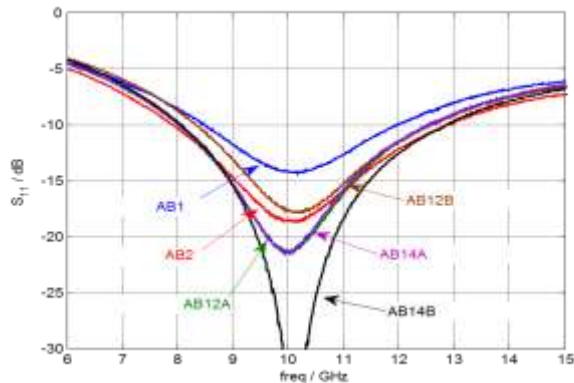
AW046+AW049

- Neliöpaino $1,48+2,9= 4,39 \text{ kg/m}^2$
- Sovitekerroksen osuus **34 %** neliöpainosta
- Absorptiokerroksen osuus **66 %** neliöpainosta

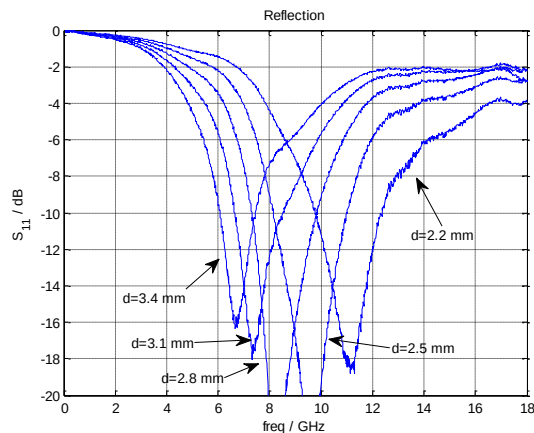
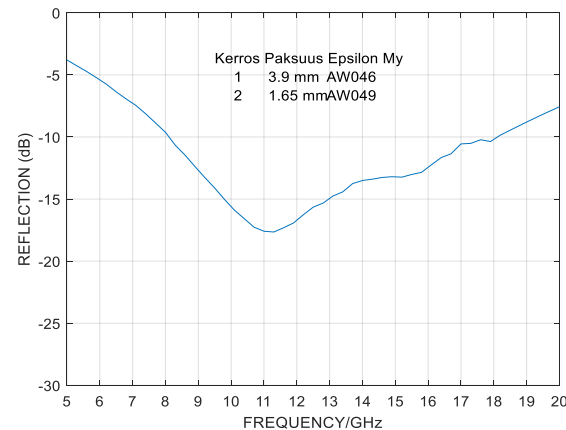


ABSOWIDE, vuosien varrelta

Yksikerrosratkaisujen vaimennuskykyjä



Saavutettu kaksikerrosratkaisun vaimennuskyky



ABSOWIDE, yhteenveto

- Polymeeripallojen ja grafiittihiutaleiden pinnoituskokeet onnistuivat halutulla tehoaineella.
- Polymeeripallot mahdollistavat merkittävän keventämisen pienilläkin täyttöasteilla sovitekerroksen tapauksessa
- Grafiittihiutaleet mahdollistavat permittiivisyyden säädön
- 2-kerrosrakenteen simulaatioiden perusteella on X ja Ku taajuuskaistalla saavutettu -10dB vaimennustaso
- Neliöpaino keventynyt noin 50%
- ***Havaintoja tulevaisuutta ajatellen***
- Mittausdataa kertynyt huomattava määrä:
 - Havaittu että jo pienet muutokset kerrosten materiaaliparametreissa, permittiivisyys ϵ ja permeabiliteetti μ , sekä kerrospaksuus vaikuttavat merkittävästi suorituskäytännön 2-kerrosrakenteissa
 - 2-kerrosrakenteiden simulaatioiden hienosäätö potentiaalisten sovite/absorptiokerrosten kohdalla



Monimuuttujainen optimointitehtävä, potentiaalinen koneoppimisympäristö