

Particle Swarm Optimization (PSO)

دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجتمع دانشگاهی فن آوری اطلاعات و امنیت

زمستان ۱۳۹۲

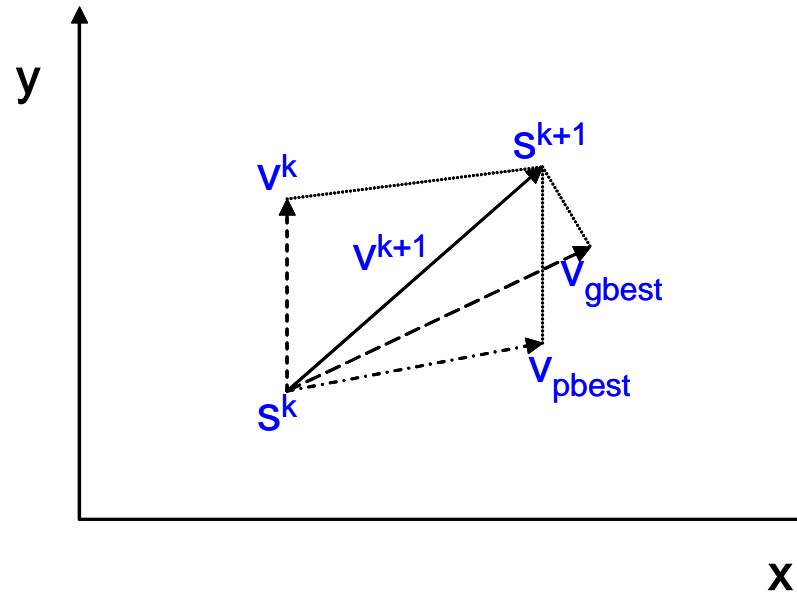
Particle Swarm Optimization (PSO)

- PSO یک تکنیک مطمئن و اتفاقی برای بهینه سازی است، که بر پایه حرکت و هوش جمعی عمل می کند.
- PSO مفاهیم تعاملات اجتماعی را برای حل مسایل به کار می برد.
- این تکنیک در سال ۱۹۹۵ میلادی توسط James Kennedy که یک روانشناس اجتماعی بود و Russel Eberhart که یک مهندس برق بود، پیاده سازی شد.
- این تکنیک از چندین عامل (Particles) برای جستجو گروهی استفاده می کند تا بهترین راه حل را در فضای جستجو پیدا کند.
- هر ذره یا عامل (Particle) مانند یک نقطه در فضای چند بعدی عمل می کند که از تجربه حرکتی خود به اندازه تجربه حرکتی دیگران برای حرکت خود استفاده می کند.

Particle Swarm Optimization (PSO)

- هر عامل (Particle) موقعیتهای مختصاتی مختلف خود در «فضای جواب» (Solution Space) را نگهداری می کند. این موقعیتهای مختصاتی با بهترین راه حل (Fitness) (شایستگی) که تا کنون عامل (Particle) آن را کسب کرده است، پیوستگی دارند. این مقادیر P_{best} (Personal best) نامیده می شوند.
- بهترین مقدار دیگر که در PSO مورد ردیابی قرار می گیرد، بهترین مقادیر است که تاکنون همسایگان عامل (Particle) به آن دست پیدا کرده اند. این مقادیر g_{best} نامیده می شوند.
- مفهوم اصلی PSO شتاب عامل ها به سمت مکان p_{best} و g_{best} است. این شتاب به صورت تصادفی در هرگام زمانی تغییر می کند چنانچه در شکل ۱ مشاهده می شود.

Particle Swarm Optimization (PSO)



شکل 1- مفهوم تغییر نقطه جستجو توسط PSO

s^k : current searching point.

s^{k+1} : modified searching point.

v^k : current velocity.

v^{k+1} : modified velocity.

v_{pbest} : velocity based on pbest.

v_{gbest} : velocity based on gbest

Particle Swarm Optimization (PSO)

• هر عامل سعی می کند موقعیت خود را بر اساس اطلاعات زیر تغییر دهد :

□ موقعیت فعلی عامل،

□ سرعت فعلی عامل،

□ فاصله بین موقعیت فعلی با موقعیت pbest،

□ فاصله بین موقعیت فعلی با موقعیت gbest،

• تغییر موقعیت عامل ها می تواند به صورت ریاضی زیر مدل شود :

$$V_i^{k+1} = wV_i^k + c_1 \text{rand}_1(...) \times (pbest_i - s_i^k) + c_2 \text{rand}_2(...) \times (gbest - s_i^k) \dots (1)$$

where, v_i^k : velocity of agent i at iteration k,

w: weighting function,

c_j : weighting factor,

rand : uniformly distributed random number between 0 and 1,

s_i^k : current position of agent i at iteration k,

pbest_i : pbest of agent i,

gbest: gbest of the group.

Particle Swarm Optimization (PSO)

تابع وزن دهی زیر معمولاً در مدل ریاضی (۱) استفاده می شود:

$$w = w_{\text{Max}} - [(w_{\text{Max}} - w_{\text{Min}}) \times \text{iter}] / \text{maxIter} \quad (2)$$

where w_{Max} = initial weight,

w_{Min} = final weight,

maxIter = maximum iteration number,

iter = current iteration number.

$$s_{ik+1} = s_{ik} + V_{ik+1} \quad (3)$$

Particle Swarm Optimization (PSO)

توضیحی در مورد فاکتور وزن اینرسی:

یک وزن اینرسی بزرگ (w) یک جستجوی **Global** در این الگوریتم ایجاد می کند، در حالی که یک وزن اینرسی کوچک یک جستجوی محلی را ایجاد می کند.

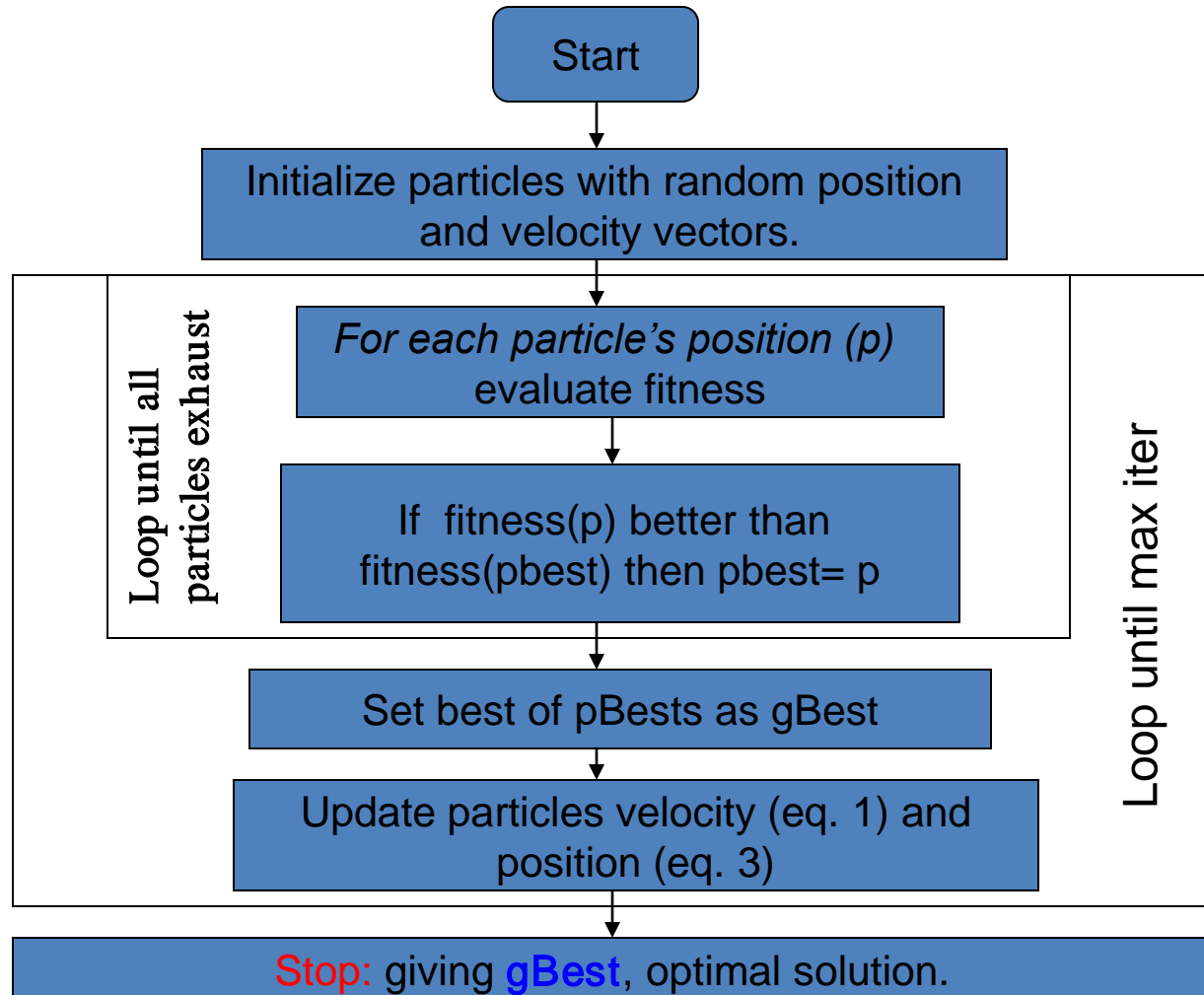
با کاهش خطی وزن اینرسی از یک مقدار بزرگ به مقدار کوچک، در طول دوره اجرای PSO، بهترین کارایی را در PSO نسبت به وزن اینرسی ثابت می دهد.

Larger w ----- greater global search ability

Smaller w ----- greater local search ability.

Particle Swarm Optimization (PSO)

فلوچارت کلی الگوریتم PSO



Comparison with other evolutionary computation techniques.

- بر خلاف الگوریتم ژنتیک، در برنامه و راهبرد تکاملی در PSO، هیچ عملیات انتخابی وجود ندارد.
- همه عامل ها (Particle) در طول اجرای PSO به عنوان اعضای جمعیت نگهداری می شوند.
- PSO تنها الگوریتم است که بقای تست شایستگی را پیاده سازی نکرده است.
- در PSO عمل ترکیب را ندارد.
- تساوی (۱) به جهش در EP (برنامه نویسی تکاملی) شباهت دارد.
- در EP توازن بین جستجوی Global و Local می تواند تنظیم شود، در PSO این توازن توسط فاکتور وزن اینرسی (W) که در رابطه 1(a) نشان داده شده است، انجام می شود.

متغیر های PSO

- Discrete *PSO* can handle discrete binary variables
- MINLP *PSO*..... can handle both discrete binary and continuous variables.
- Hybrid *PSO*.... Utilizes basic mechanism of *PSO* and the natural selection mechanism, which is usually utilized by EC methods such as GAs.

Application of **PSO** ALGORITHM to Optimize a Meander-line Polarizer for LI→CP conversion

Intialization parameters used for PSO:

$$wMax=0.41$$

$$wMin=0.4$$

(Note: The inertial weight, w is linearly decreased from $wMax$ to $wMin$ according the Eq. (2), w is chosen virtually constant in this case for better local search near the Sun's Optimized parameters.)

$$c_1=c_2=1.49$$

$$maxIter=2000$$

The above parameters are used in conjunction with eqs.(1) & (2)

Swarm size/Population size used for solution search : **25**



Application of **PSO** ALGORITHM to Optimize a Meander-line Polarizer for LI→CP conversion

Frequency band of interest: 3.5 to 6.5 (GHz)

(evaluated at 12 frequency points)

Desired VSWR \leq 1.2

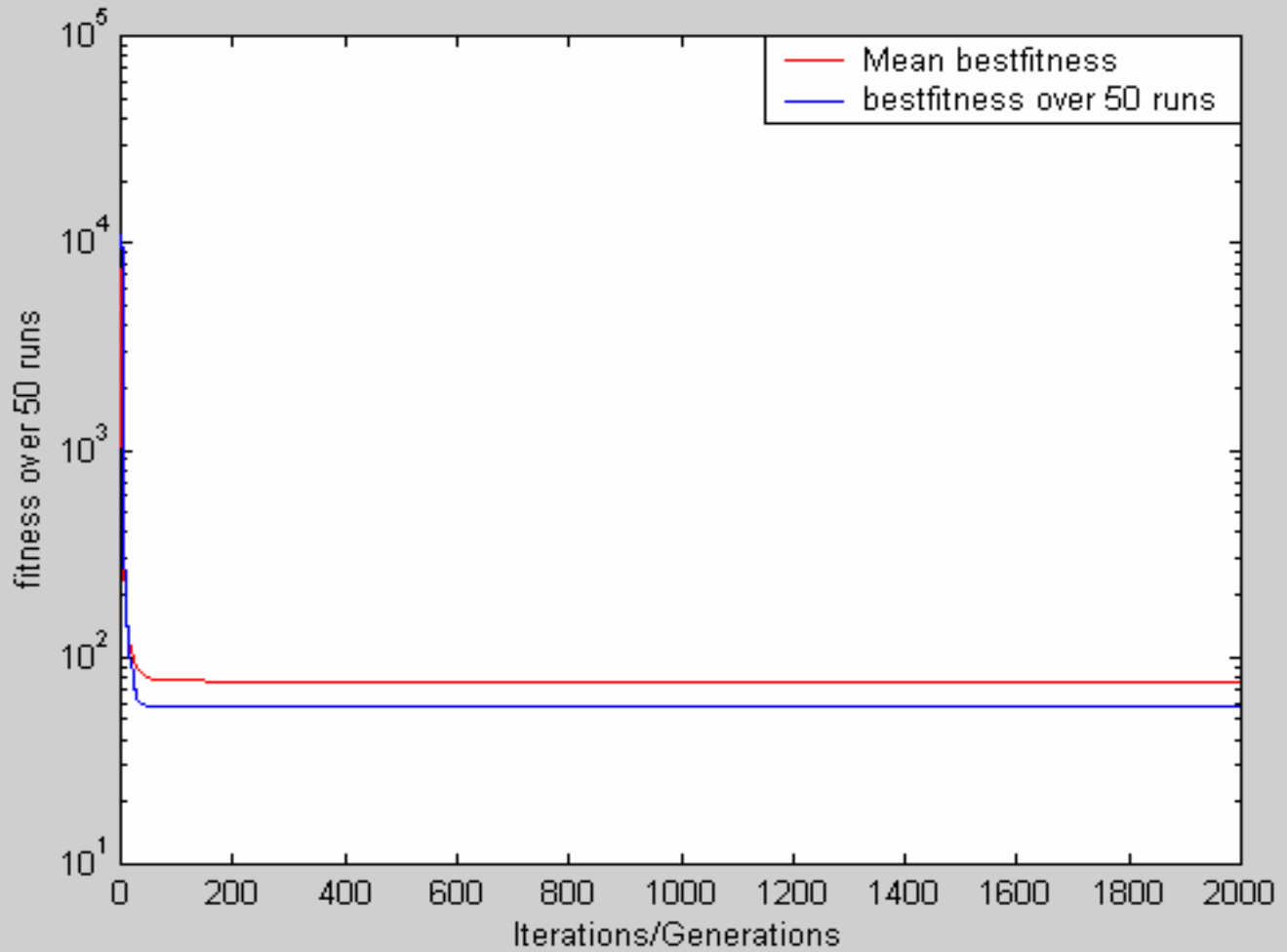
Desired AR \leq 0.5 (dB)

Total number of fitness evaluations: 100025

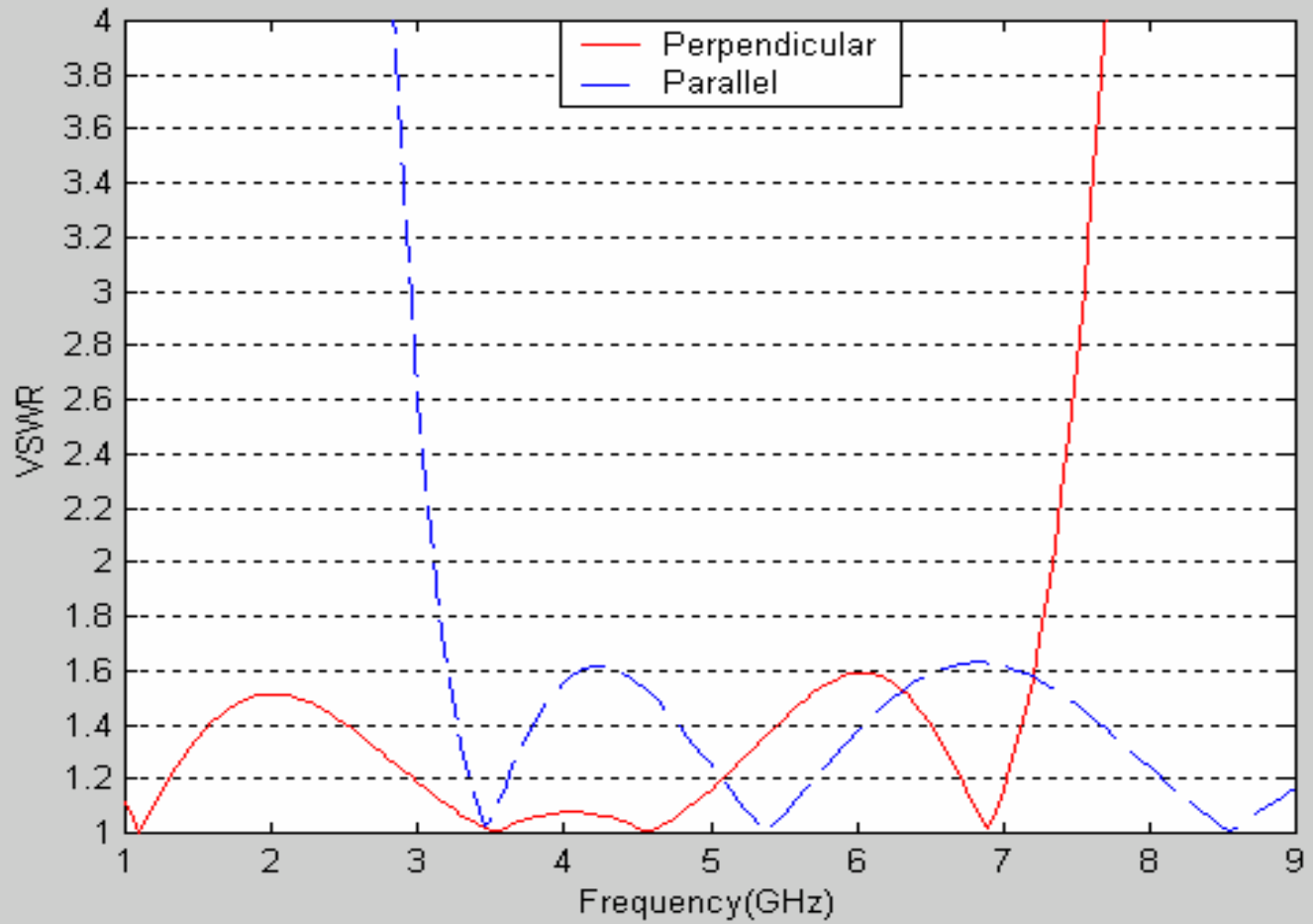
Note: For my implementation of the PSO the number of fitness evaluations are calculated as follows: $(2 \times \text{swarmsize} \times \text{maxIter}) + \text{swarmsize} = (2 \times 25 \times 2000) + 25$

The following slides include the results for the broadband case.

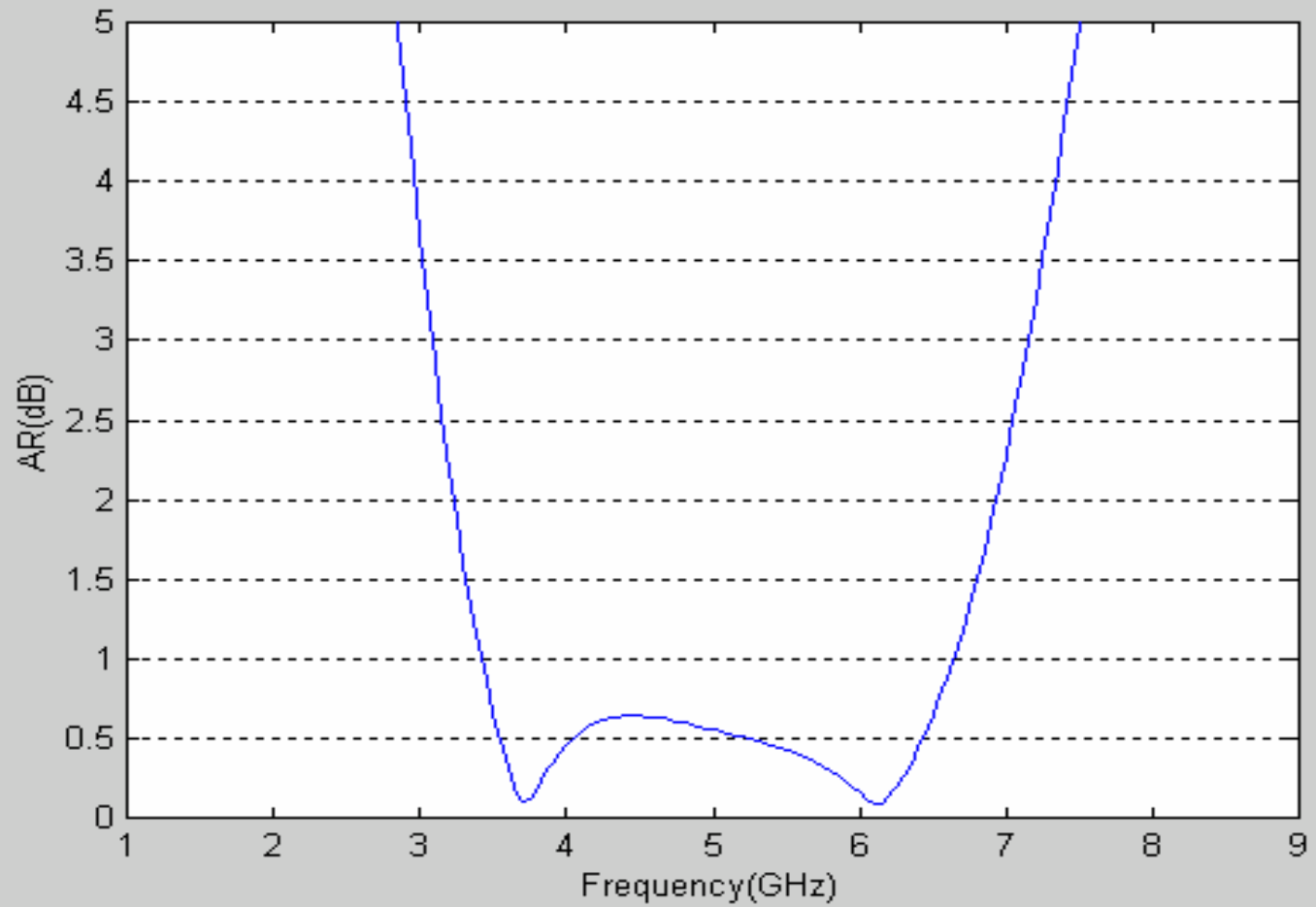
Mean best & Best fitness over 50 runs



VSWR



Axial Ratio (dB)

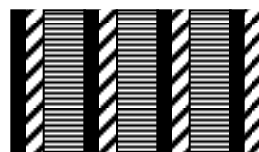


Optimized dimensions for 4-layer Meander Line Polarizer

Layer	Pitch (inches) a	Period (inches) b	Height (inches) h	Line Width (inches)		dielectric c (inches) ℓ_i	Spacer (inches) ℓ_{oi}
				w_1	w_2		
1	0.3449360	0.7283382	0.2520565	2.2501351 E-02	1.5984001 E-02	8.4705018 E-03	0.5428128
2	0.3798469	0.8704398	0.4707420	5.3999661 E-03	9.4296653 E-03	3.4676325 E-03	0.4211845
3	0.3798469	0.8704398	0.4707420	5.3999661 E-03	9.4296653 E-03	3.4676325 E-03	0.5428128
4	0.3449360	0.7283382	0.2520565	2.2501351 E-02	1.5984001 E-02	8.4705018 E-03	----

Dielectric constants: $\epsilon_{\epsilon i} = 2.55$ $\epsilon_{0i} = 1.15$

4 Layers for CP



Metal
Layer



Dielectric
Sheet



Spacer

Application of **PSO** ALGORITHM to Optimize a Meander-line Polarizer for LI→CP conversion

Frequency bands of interest:

Band1: 3.7 to 4.2 (GHz)

Band2: 5.9 to 6.4 (GHz)

(evaluated at 2 frequency points: 3.95 (GHz), 6.15 (GHz))

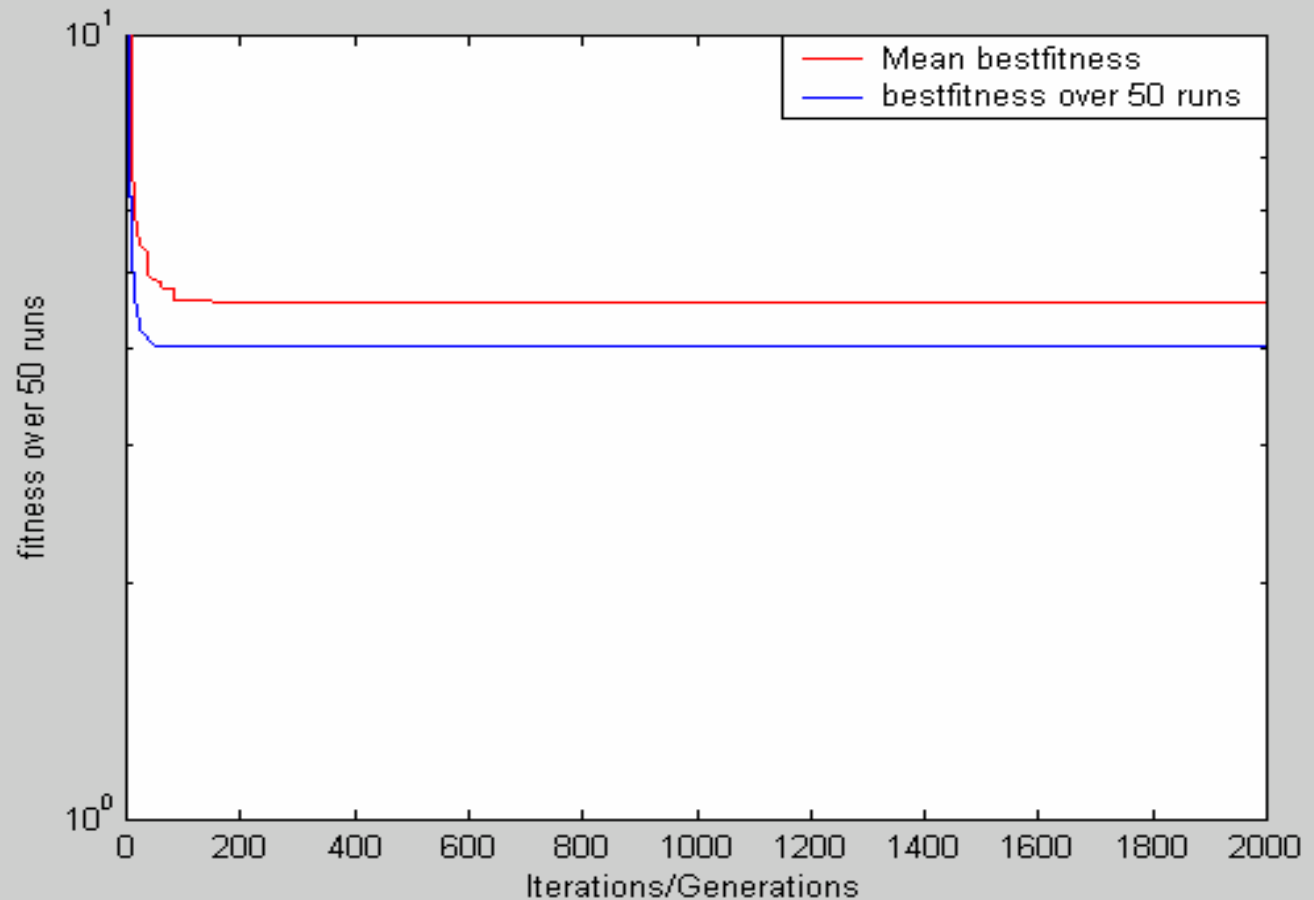
Desired VSWR ≤ 1.2

Desired AR ≤ 0.5 (dB)

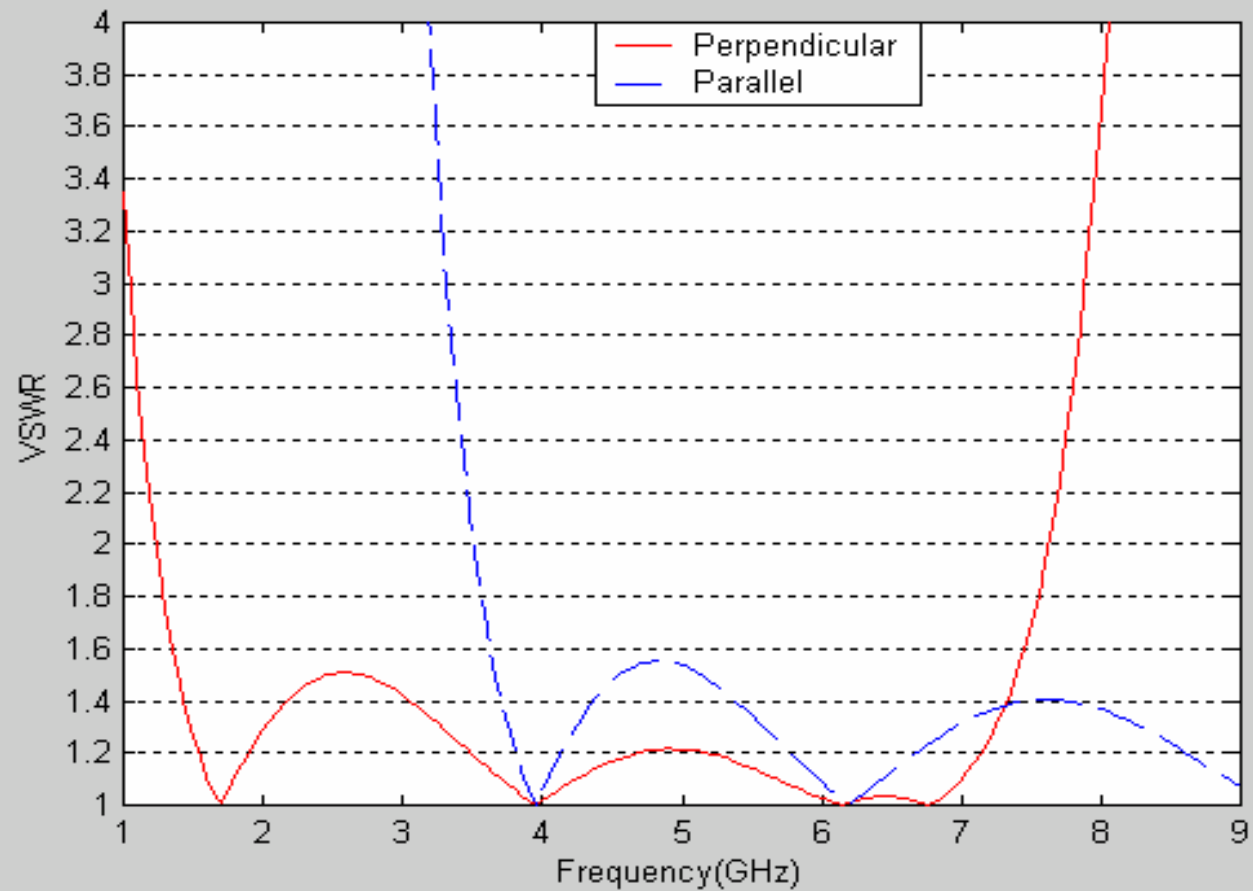
Total number of fitness evaluations: 100025

The following slides include the results for the dualband case.

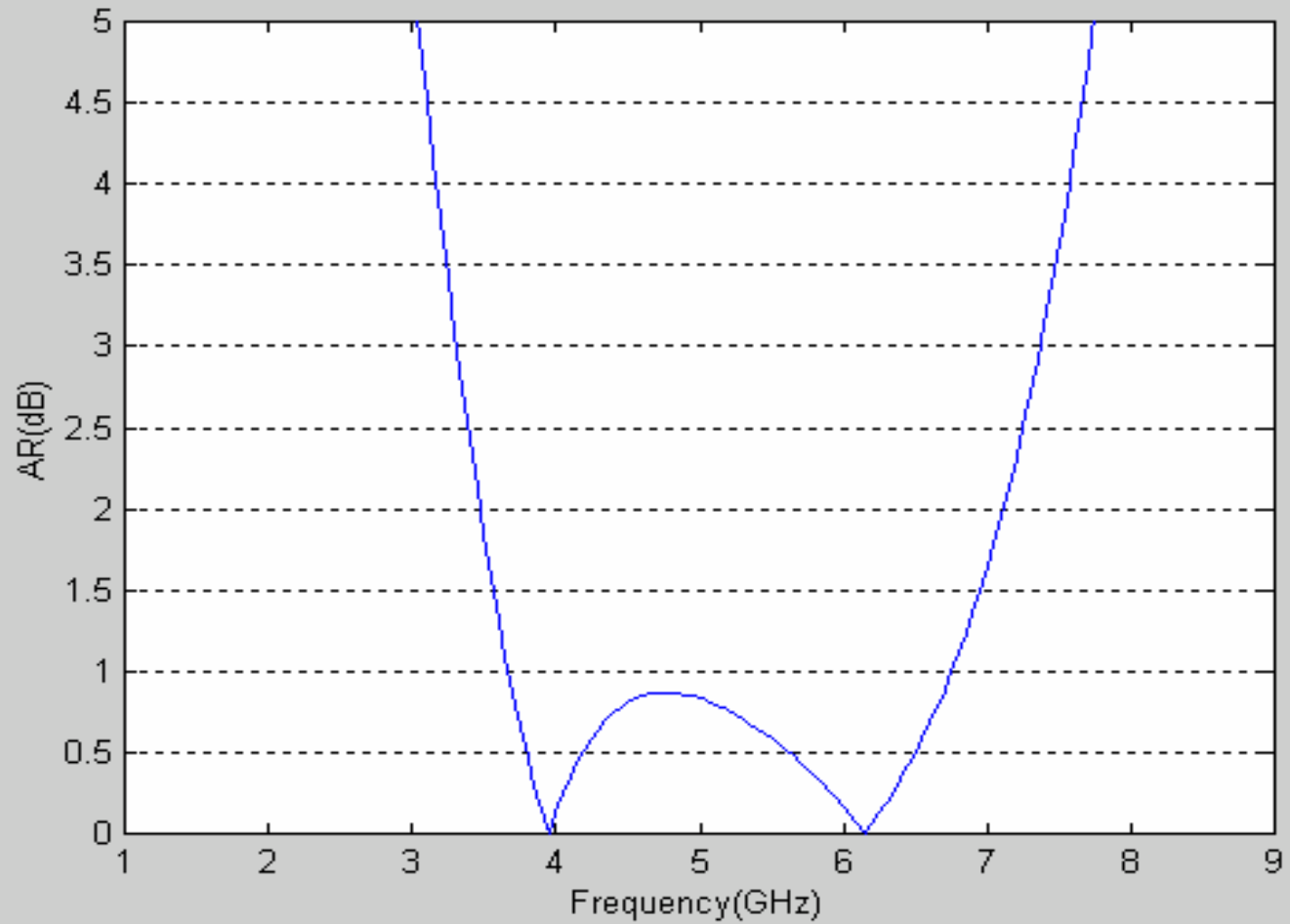
Mean best & Best fitness over 50 runs



VSWR



Axial Ratio (dB)

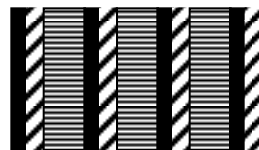


Optimized dimensions for 4-layer Meander Line Polarizer

Layer	Pitch (inches) a	Period (inches) b	Height (inches) h	Line Width (inches)		dielectric c (inches) ϵ_i	Spacer (inches) ϵ_{oi}
				w_1	w_2		
1	0.2528913	0.8081669	0.2480143	4.0456183 E-02	2.7704202 E-02	4.1147252 E-03	0.4533823
2	0.5425724	0.9529658	0.3433722	5.0358579 E-02	4.4981677 E-02	3.9593712 E-03	0.4482195
3	0.5425724	0.9529658	0.3433722	5.0358579 E-02	4.4981677 E-02	3.9593712 E-03	0.4533823
4	0.2528913	0.8081669	0.2480143	4.0456183 E-02	2.7704202 E-02	4.1147252 E-03	----

Dielectric constants: $\epsilon_{gi} = 2.55$ $\epsilon_{oi} = 1.15$

4 Layers for CP



Metal Layer Dielectric Sheet Spacer

Application of **PSO** ALGORITHM to Optimize a Meander-line Polarizer for **LP** rotation

Initialization parameters used for PSO:

$$w_{Max}=0.41$$

$$w_{Min}=0.4$$

(**Note:** *The inertial weight , w is linearly decreased from w_{Max} to w_{Min} according the Eq. (2), w is chosen virtually constant in this case for better local search near the Sun's Optimized parameters.*)

$$c_1=c_2=1.3$$

$$\text{maxIter}=1000$$

The above parameters are used in conjunction with eqs.(1) & (2)

Swarm size/Population size used for solution search : **25**

Application of **PSO** ALGORITHM to Optimize a Meander-line Polarizer for **LP** rotation

Frequency band of interest: 3.5 to 6.5 (GHz)

(evaluated at 12 frequency points)

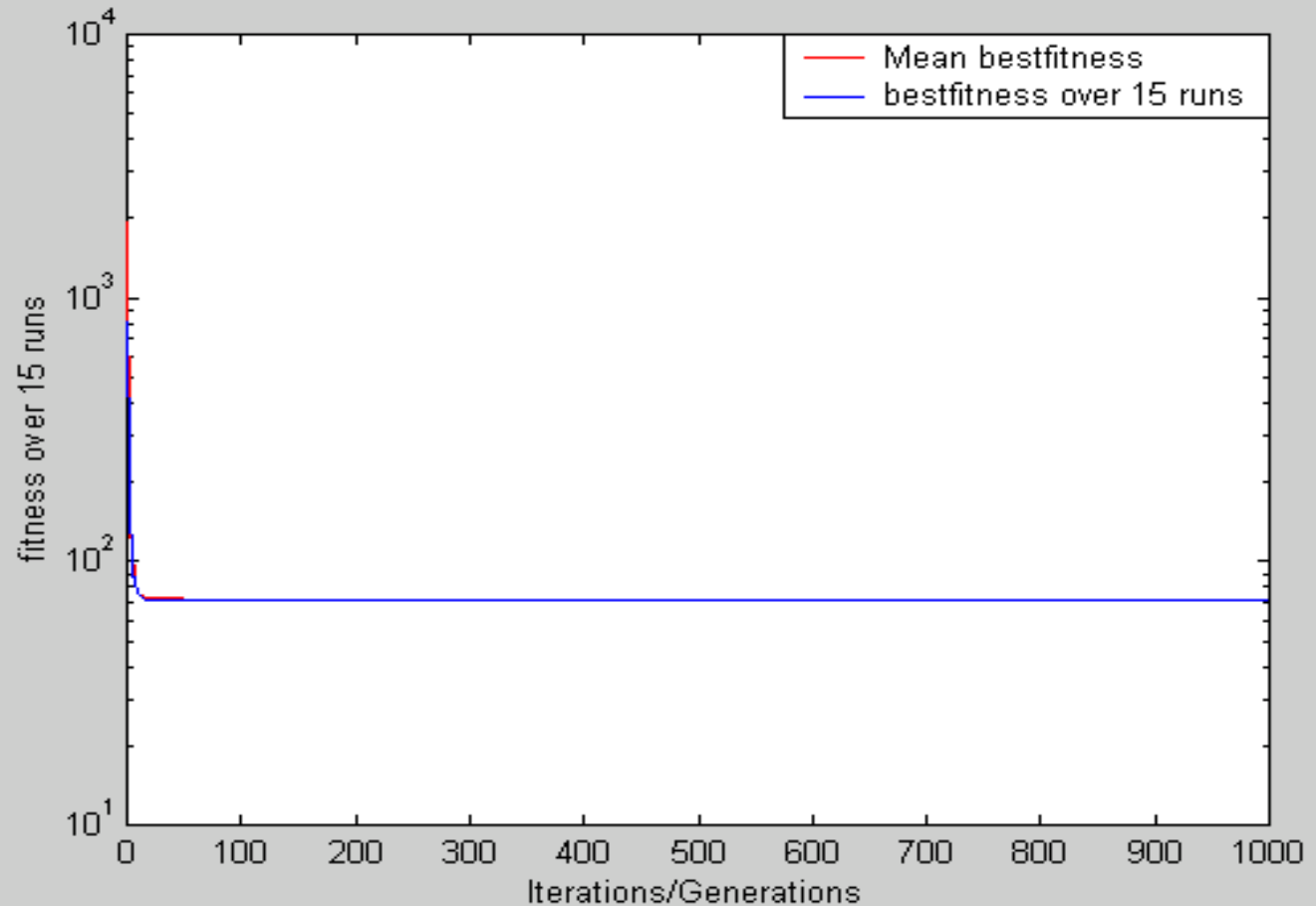
Desired VSWR \leq 1.2

Phase Difference around 180°

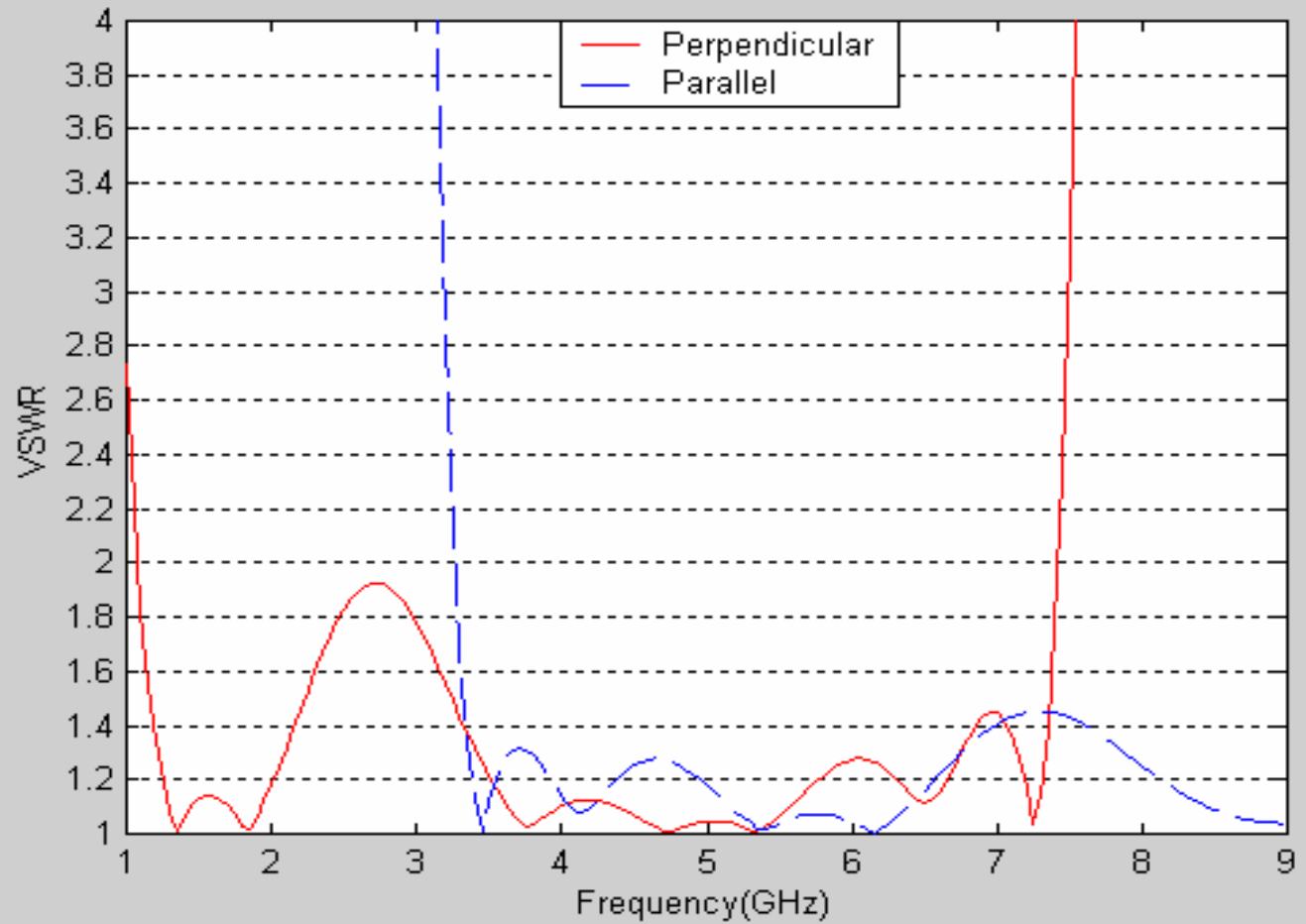
Total number of fitness evaluations: 50025

The following slides include the results for the broadband case.

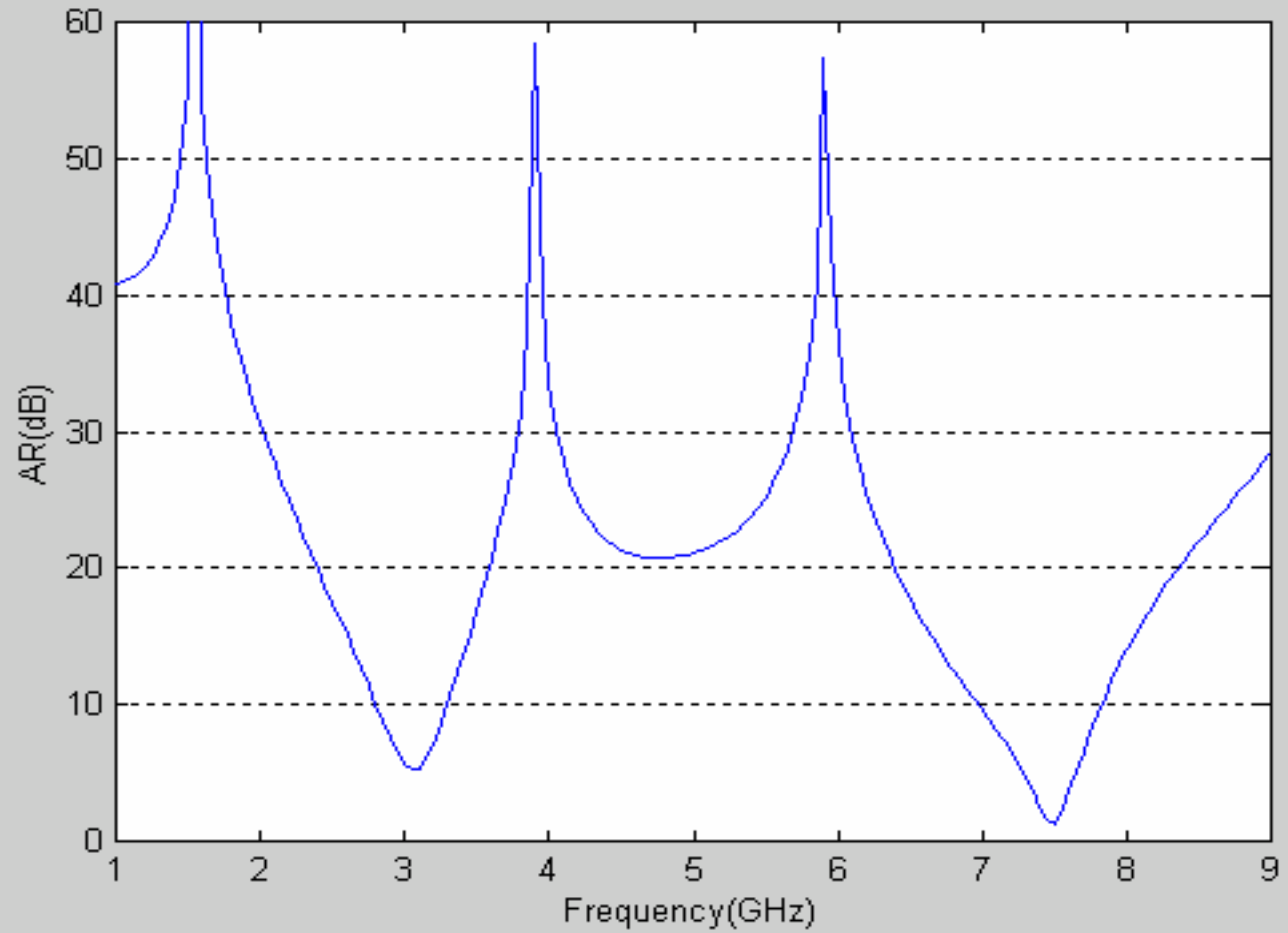
Mean best & Best fitness over 15 runs



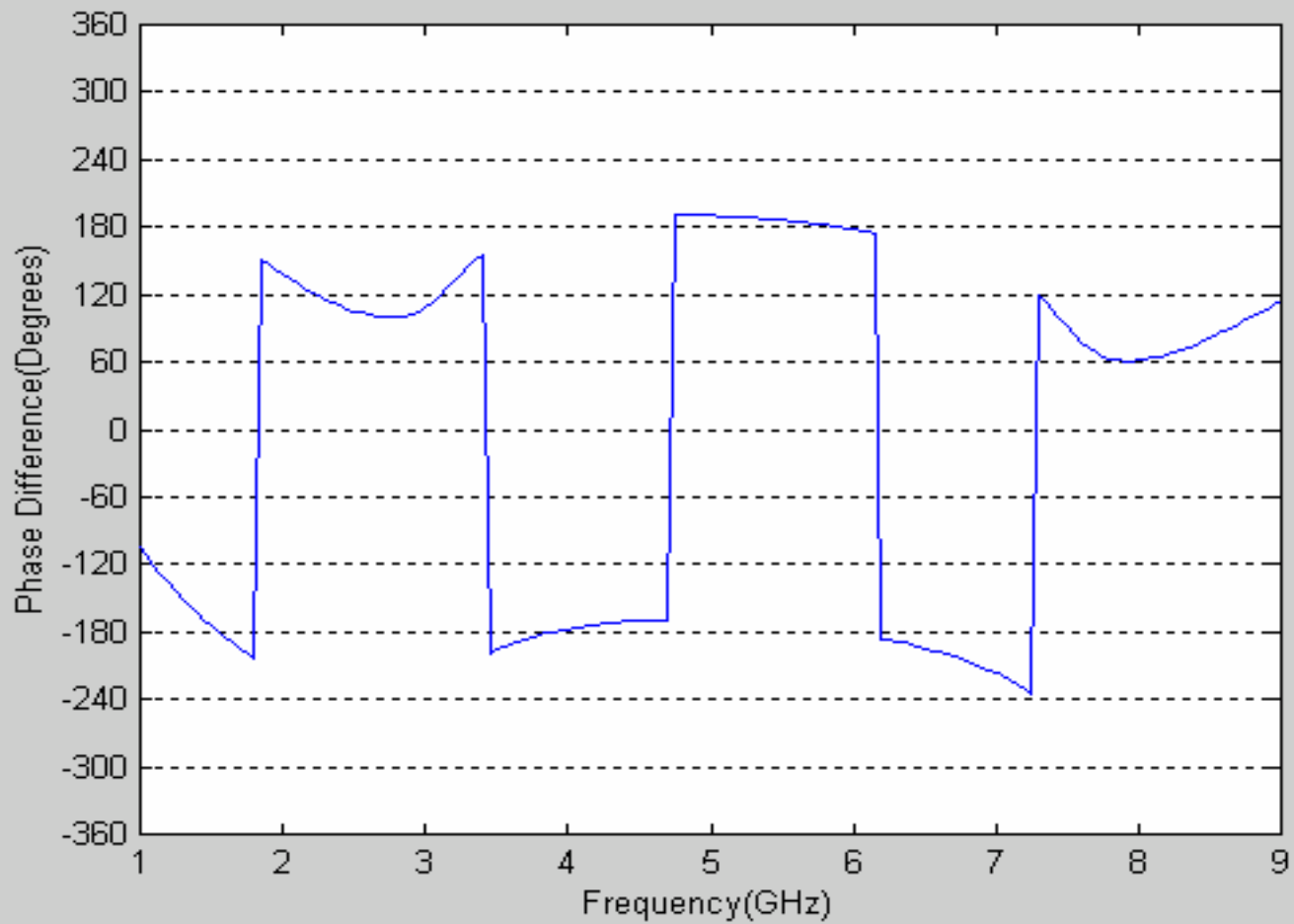
VSWR



Axial Ratio (dB)



Phase Difference

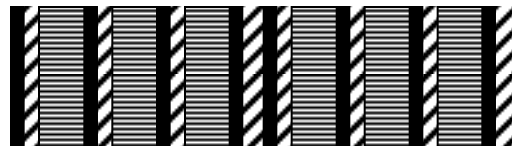


Optimized dimensions for 8-layer Meander Line Polarizer

Layer	Pitch (inches) a	Period (inches) b	Height (inches) h	Line Width (inches) w_1 w_2		dielectri c (inches) ℓ_{ei}	Spacer (inches) ℓ_{oi}
1, 5	0.3631878	1.020600	0.2148045	2.8606838 E-02	3.0709708 E-02	2.1623570 E-02	0.4550797
2, 6	0.3848170	0.8225765	0.4374999	4.1542474 E-02	3.4942929 E-02	4.0660784 E-02	0.3959468
3, 7	0.3848170	0.8225765	0.4374999	4.1542474 E-02	3.4942929 E-02	4.0660784 E-02	0.4550797
4, 8	0.3631878	1.020600	0.2148045	2.8606838 E-02	3.0709708 E-02	2.1623570 E-02	----

Dielectric constants: $\epsilon_{ei} = 2.55$ $\epsilon_{oi} = 1.15$

8 Layers for LP



Metal
Layer



Dielectric
Sheet



Spacer

Application of **PSO** ALGORITHM to Optimize a Meander-line Polarizer for **LP** rotation

Frequency bands of interest:

Band1: 3.7 to 4.2 (GHz)

Band2: 5.9 to 6.4 (GHz)

(evaluated at 2 frequency points: 3.95 (GHz), 6.15 (GHz))

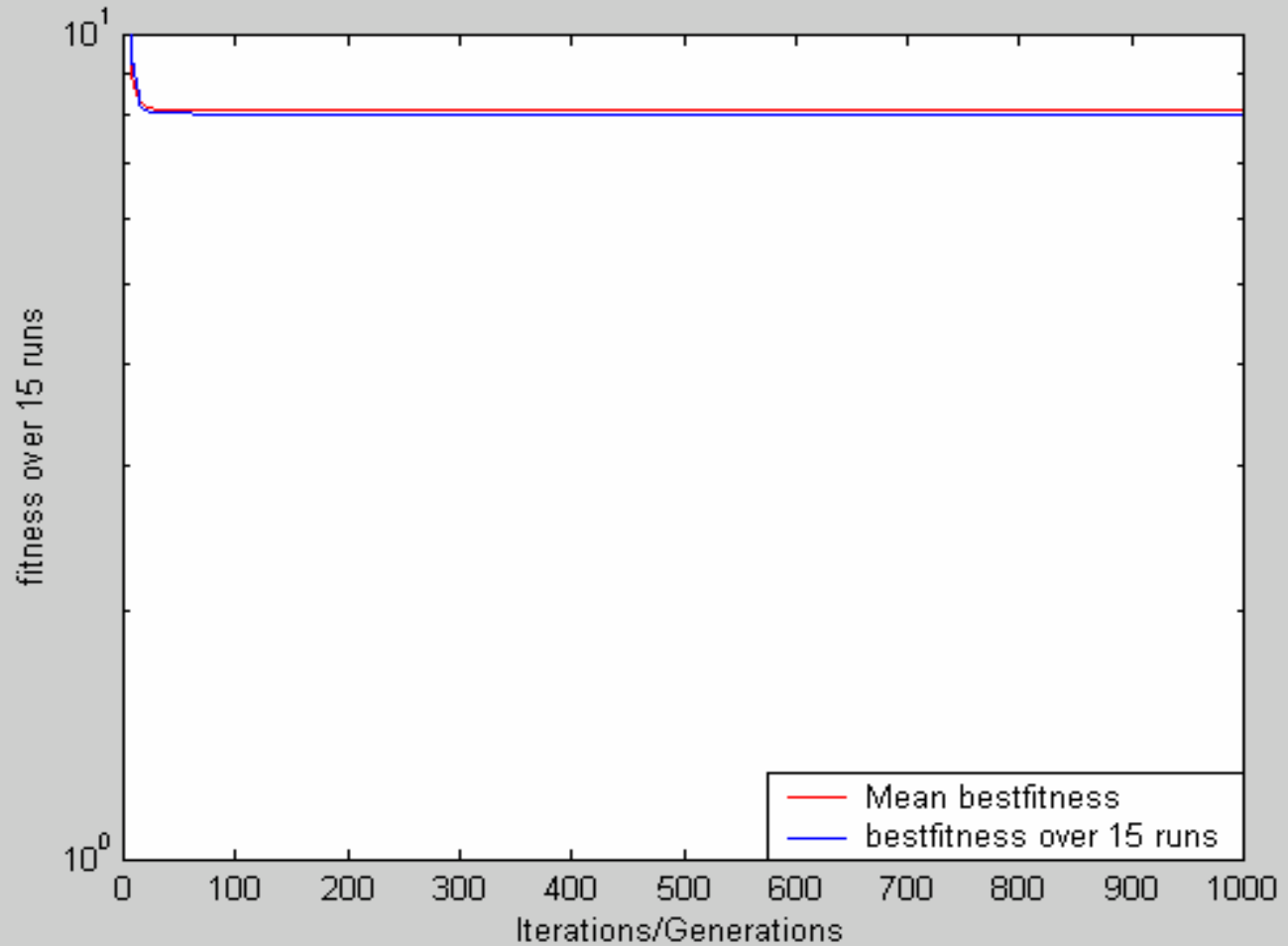
Desired VSWR ≤ 1.2

Phase Difference around 180°

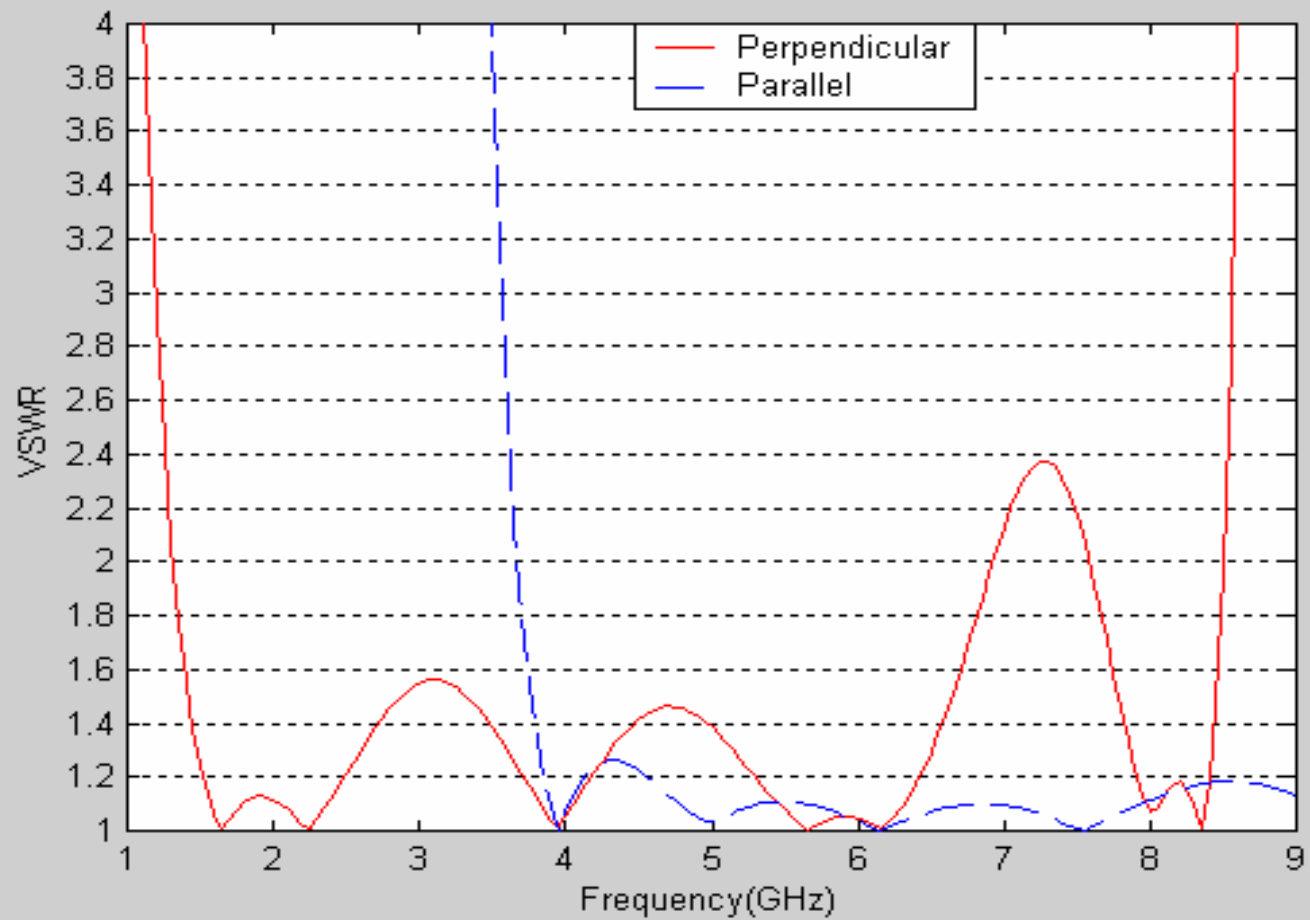
Total number of fitness evaluations: 50025

The following slides include the results for the dualband case.

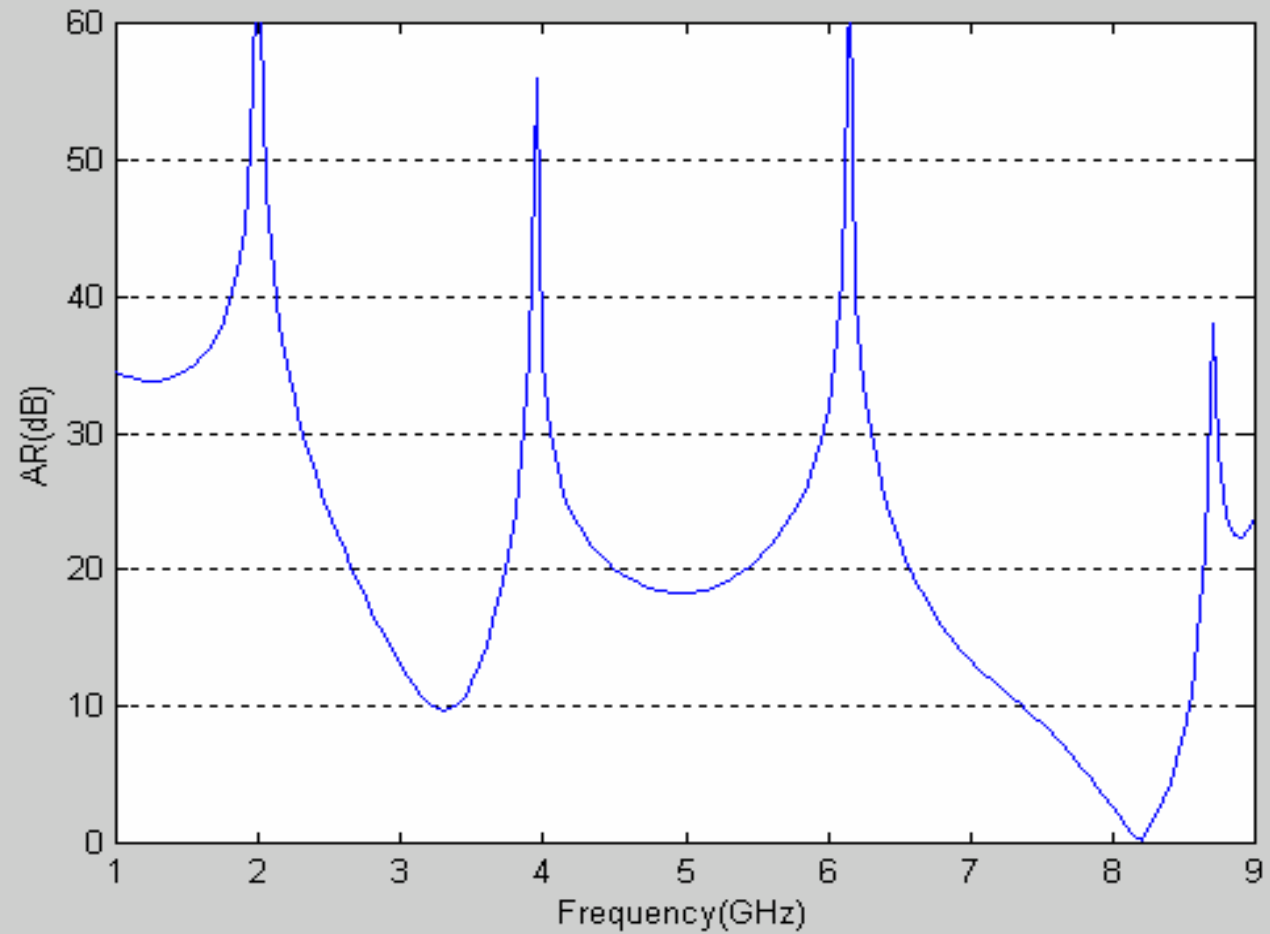
Mean best & Best fitness over 15 runs



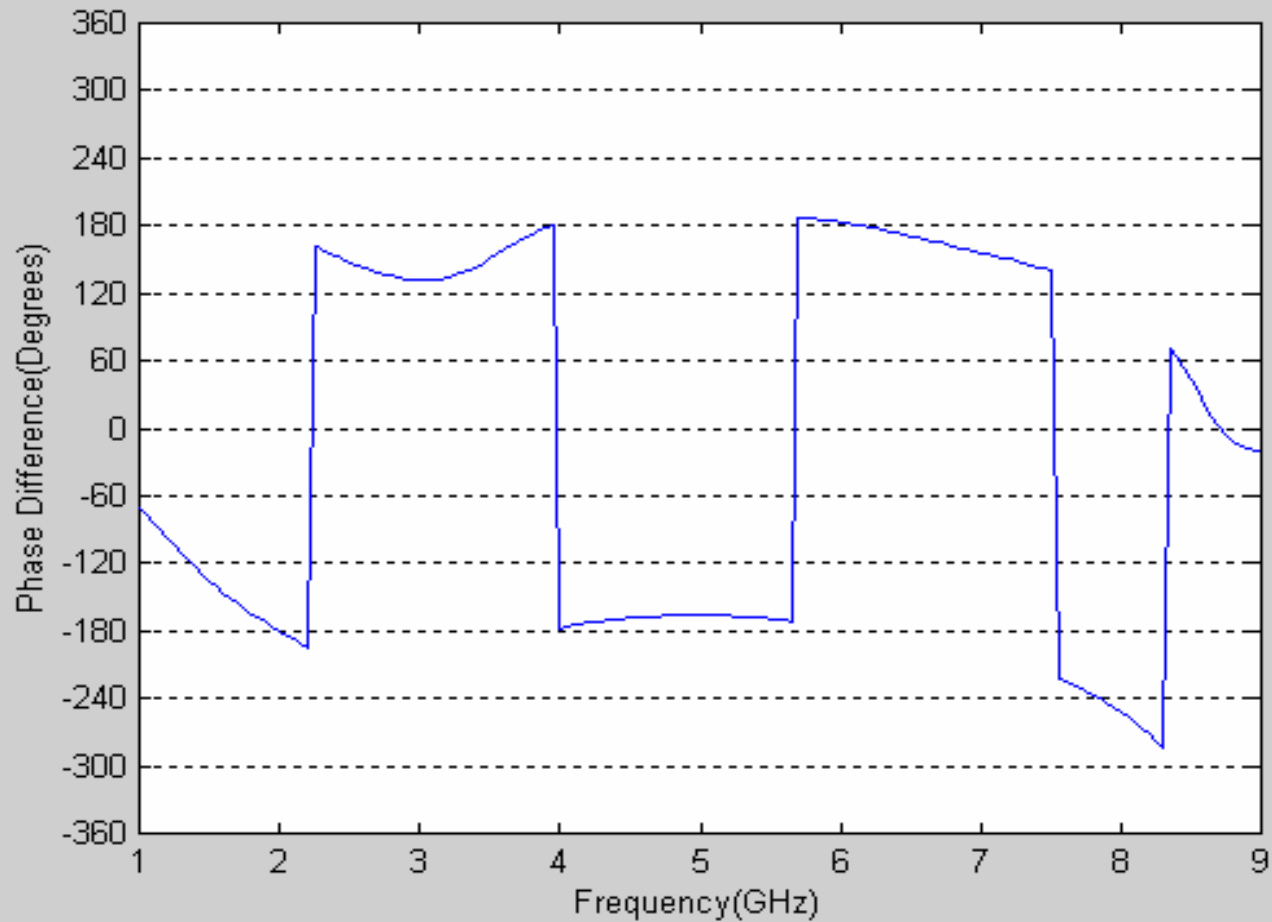
VSWR



Axial Ratio (dB)



Phase Difference

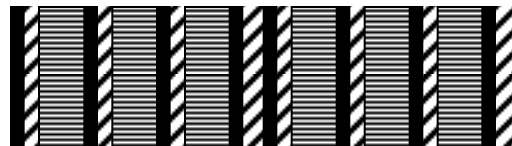


Optimized dimensions for 8-layer Meander Line Polarizer

Layer	Pitch (inches) a	Period (inches) b	Height (inches) h	Line Width (inches)		dielectric c (inches) ℓ_{ei}	Spacer (inches) ℓ_{oi}
				w_1	w_2		
1, 5	0.3150869	1.055596	0.2747569	3.3202391 E-02	3.2010745 E-02	2.2299249 E-02	0.3544725
2, 6	0.4085801	1.164576	0.3565608	6.0811251 E-02	0.1126298	3.1127717 E-02	0.3159389
3, 7	0.4085801	1.164576	0.3565608	6.0811251 E-02	0.1126298	3.1127717 E-02	0.3544725
4, 8	0.3150869	1.055596	0.2747569	3.3202391 E-02	3.2010745 E-02	2.2299249 E-02	----

Dielectric constants: $\epsilon_{ei} = 2.55$ $\epsilon_{oi} = 1.15$

8 Layers for LP



Metal Layer Dielectric Sheet Spacer