

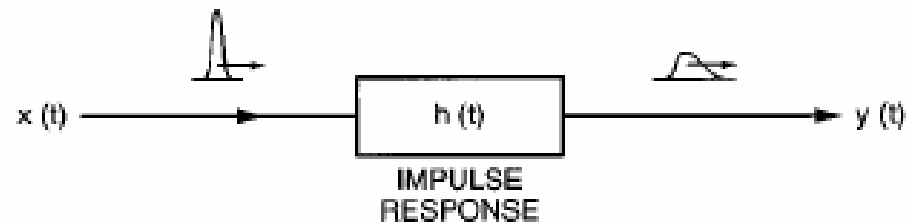


Femtosekundinių lazerinių impulsų formos keitimas ir “koherentinis kontroliavimas”

Martynas Barkauskas

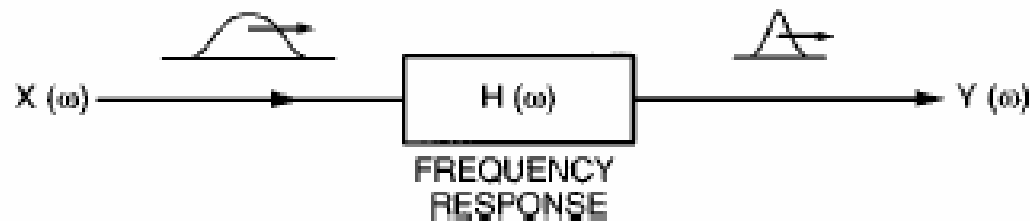
Impulso formos keitimas naudojant filtra

(a) TIME DOMAIN



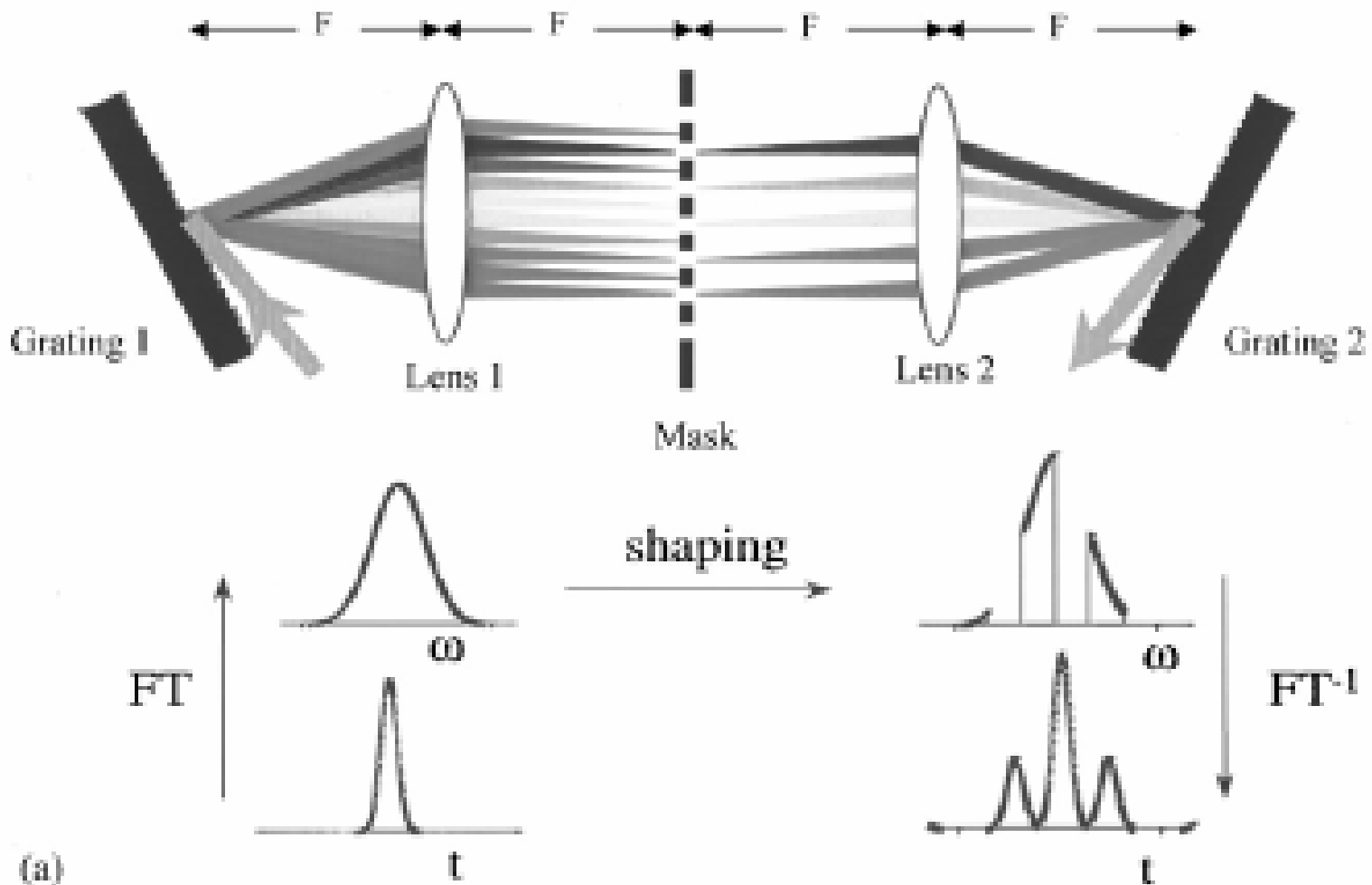
$$e_{\text{out}}(t) = e_{\text{in}}(t) * h(t) = \int dt' e_{\text{in}}(t') h(t - t'),$$

(b) FREQUENCY DOMAIN



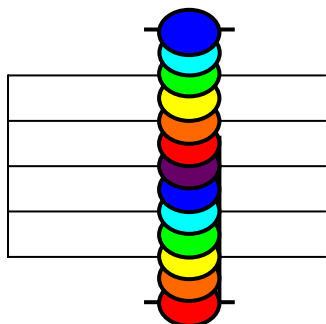
$$E_{\text{out}}(\omega) = E_{\text{in}}(\omega) H(\omega). \quad H(\omega) = \int dt h(t) e^{-i\omega t}$$

Optinių Impulsų formos keitimas Furjė plokštumoje

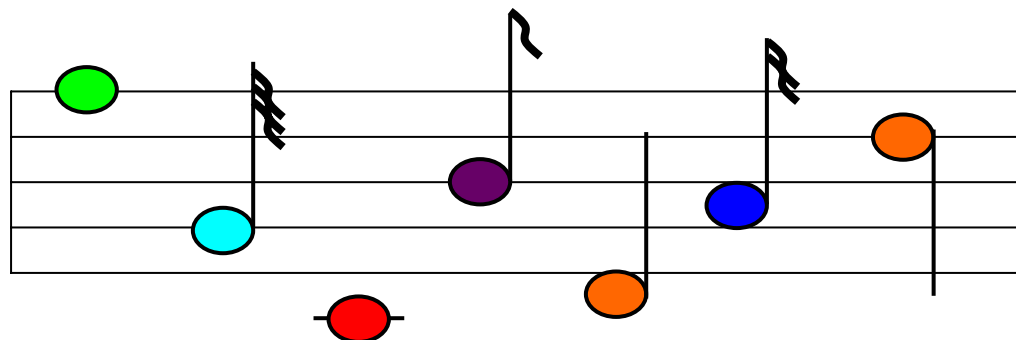


fs lazerių analogija su garso bangomis

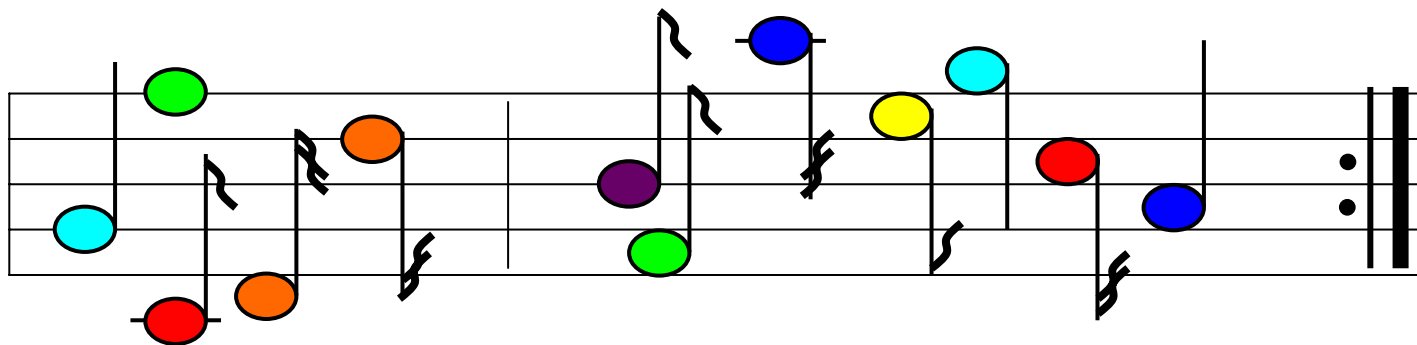
fs lazeris



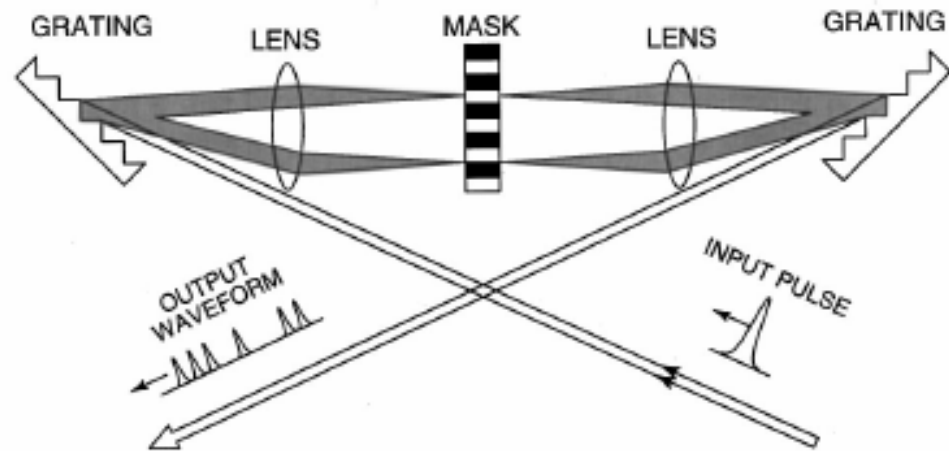
nestabilizuotas nuolatinės veikos lazeris



dirbtinai suformuoti impulsai - melodija



- Kaukė yra vienareikšmiškai susieta su suformuota impulsu seka per Furjė transformacijas



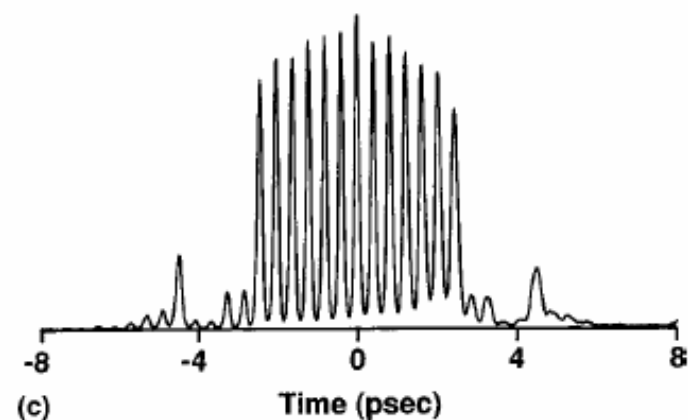
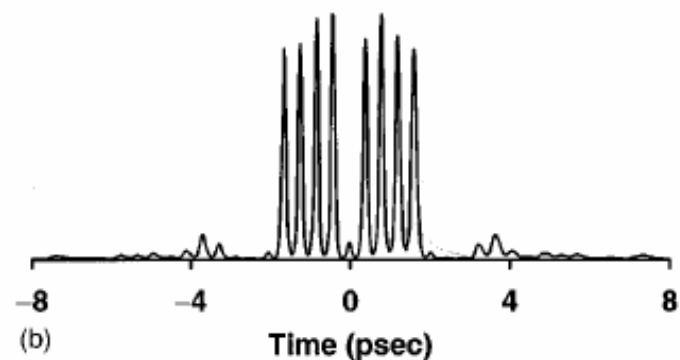
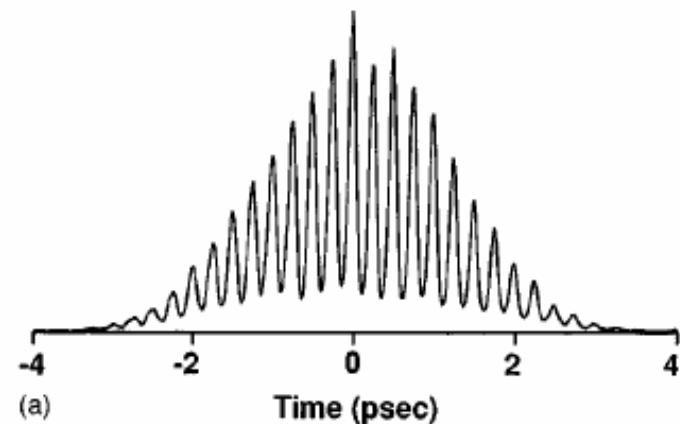
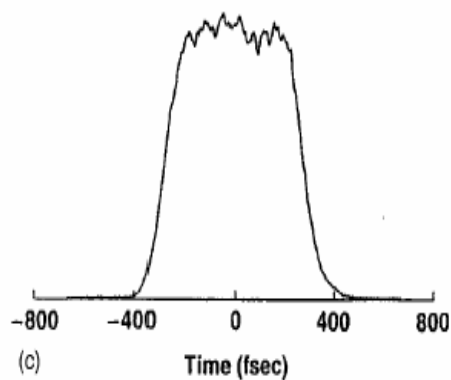
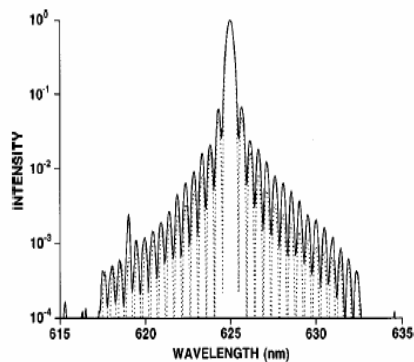
Kaukės vietoje:

- Specialiai pagaminta fazinė plokštelė ar/ir filtras.
- Deformuojamas veidrodis
- Skystų kristalų matrica.
- Akusto-optinis moduliatorius

Pirmosios kaukės:

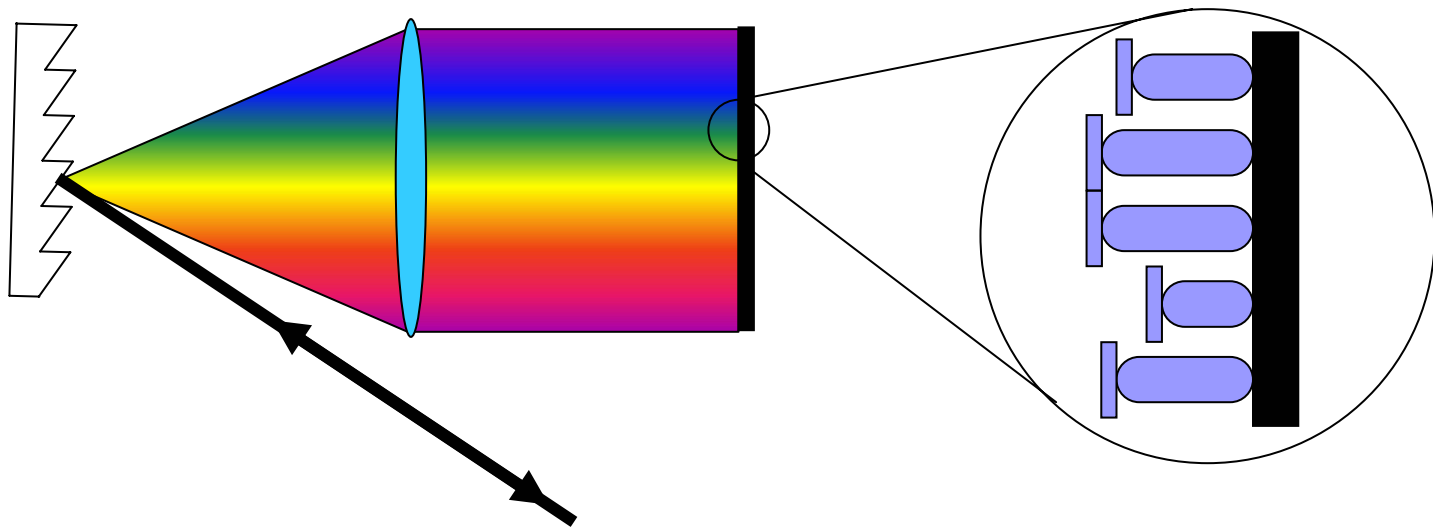
Siluetai išgraviruojami arba padengiami dangomis ant stiklinio pagrindo.

A.M. Weiner et al., JOSA B **5**, 1563 (1988)



Deformuojami Veidrodžiai

fazės moduliacija



Skirtingos spalvos keliauja skirtingus atstumus \equiv skirtinga fazė
Pagrindinis pritaikymas kompensuoti aukštesnių eilių dispersiją

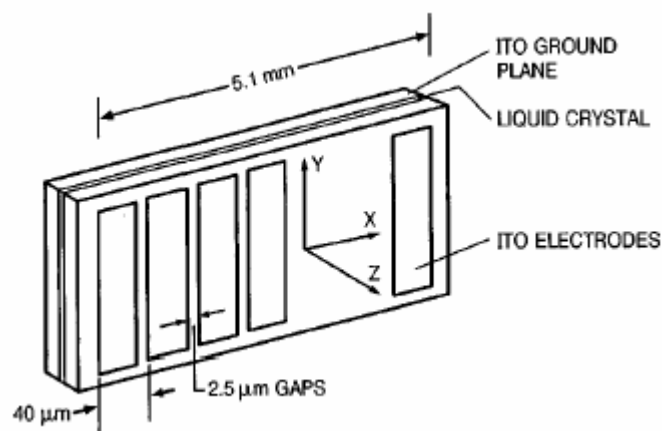
Deformuojami Veidrodžiai

Charakteristikos

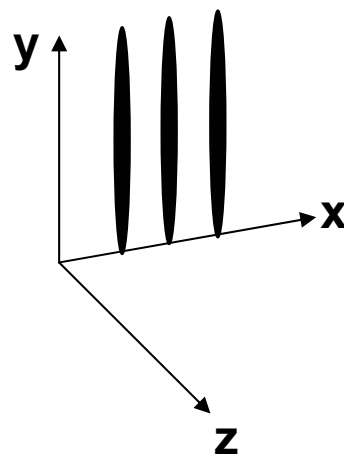
- Tik fazinė moduliacija
- Jokios papildomos dispersijos (veidrodis)
- Perprogramavimo laikas ~ 1 ms
- Nėra papildomų nuostolių
- Tipiškai 19x1 arba 13x3 pjiezo kristalų matricos
- Tinka taikymam kur reikalingi santykinai nedideli fazės moduliavimai

Skystų kristalų matricos

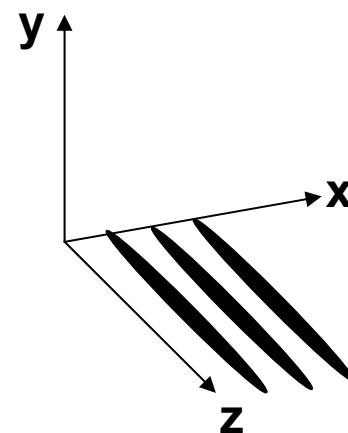
Fazės moduliacija



Weiner et al., IEEE J. Quant. Elec. **28**, 908 (1992)



Be elektrinio lauko

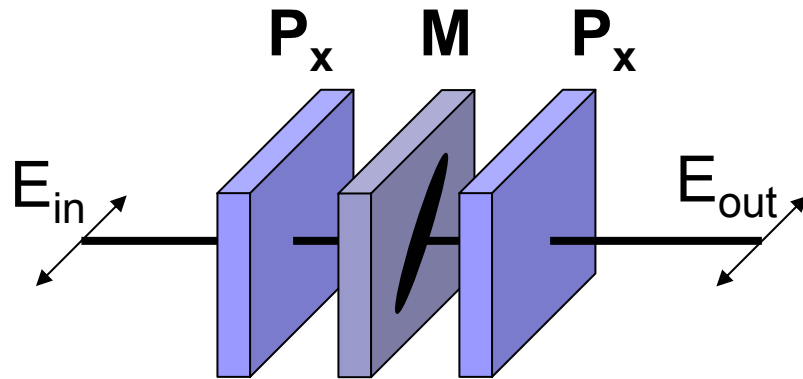


Su elektriniu lauku

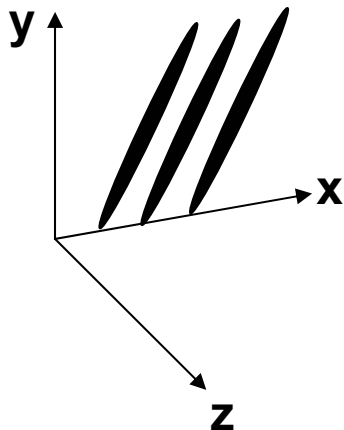
Esant elektriniam laukui (z kryptimi) skystieji kristalai orientuojasi lygiagrečiai **z** ašiai. Tokiu būdu lūžio rodiklis gali būti keičiamas šviesai kuri sklinda **z** kryptimi

Skystų kristalų matricos

Amplitudės moduliacija



Skystų kristalų celė tarp dviejų polarizatorių

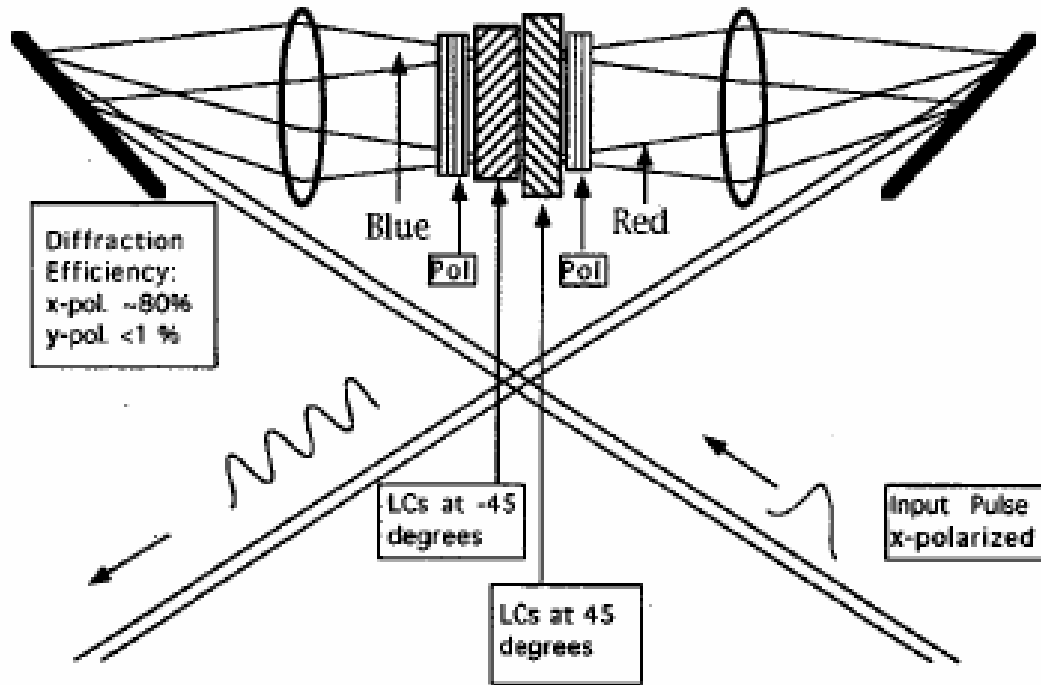
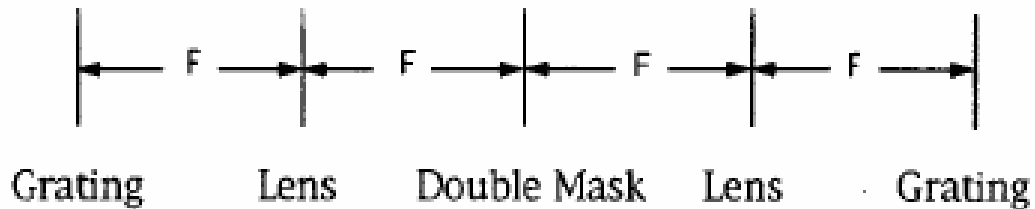


SK sukami **xy** plokštumoje
Polarizacija yra pasukama ir kinta pralaidumas

Šiuo atveju sukantis SK fazė taip pat keičiasi!

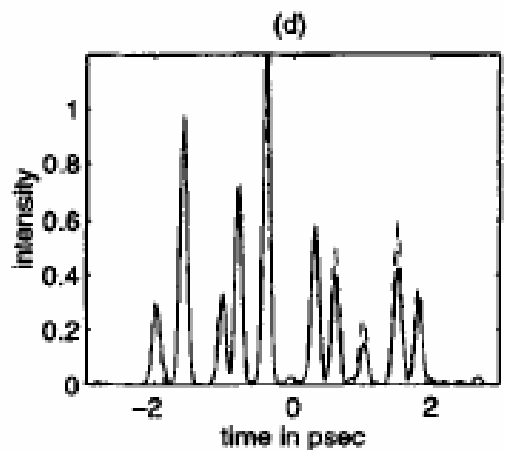
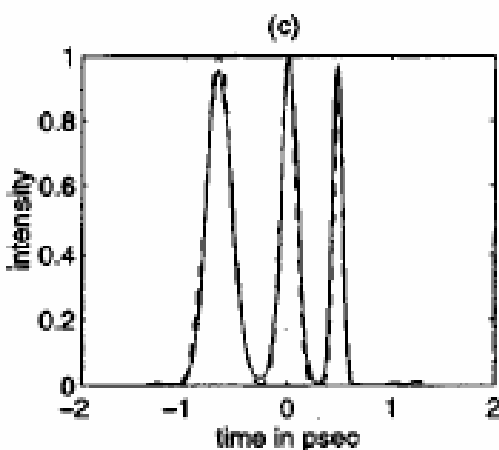
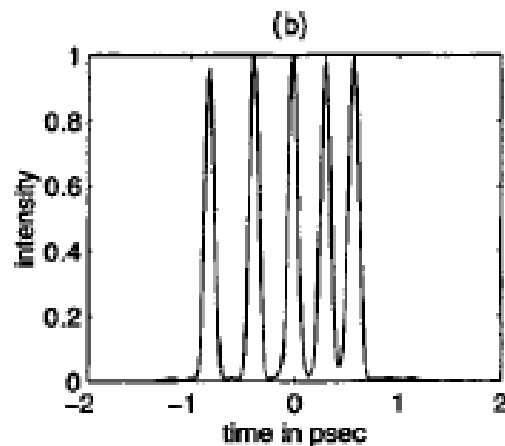
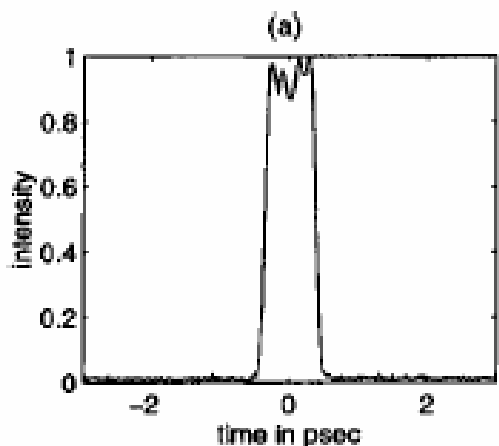
Skystų kristalų matricos

Amplitudės + fazės moduliacija



Skystų kristalų matricos

Amplitudės + fazės moduliacija: Rezultatai



a) Stačiakampis impulsas

b) Impulsų vora

c) Skirtingų Impulsų vora

d) Impulsų vora
(skirtingos amplitudės
ir fazės)

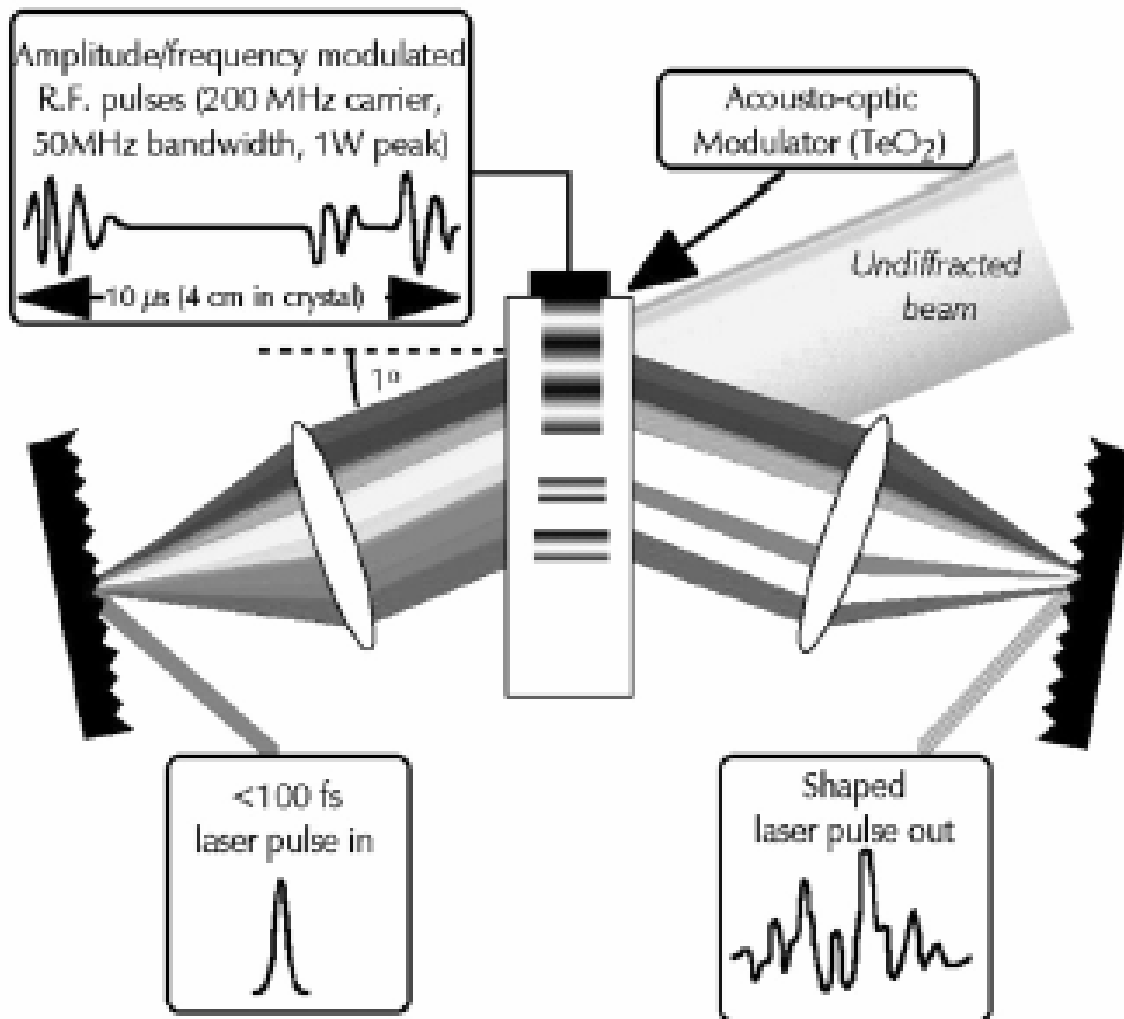
Skystų kristalų matricos

Charakteristikos

- Tolygus Amplitudės ir/ar fazės kontroliavimas
- Spektras suskaldomas į domenų (tipiškai 128 domenai, daugiausiai 640 domenų)
- Dalis spektro prarandama/nevaldoma (tarpai tarp 2 domenų)
- Perprogramavimo laikas ~ 10 ms.
- Karta suprogramuota “kaukė” gali būti naudojama ilgą laiką
- Fazės ir Amplitudės atsakas turi būti sukilibruotas
- Pademonstruotas veikimas su ~ 10 fs impulsais

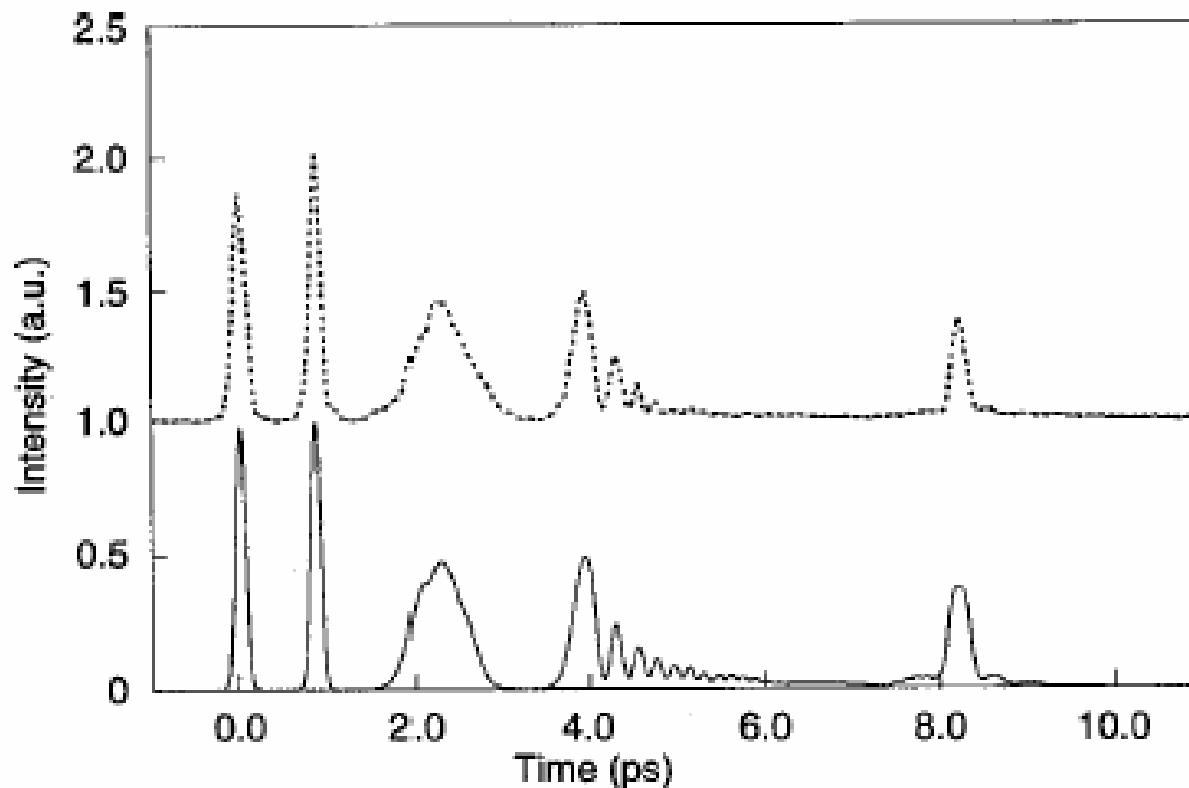
Akusto-Optinis moduliatorius

Amplitudės + fazės moduliacija

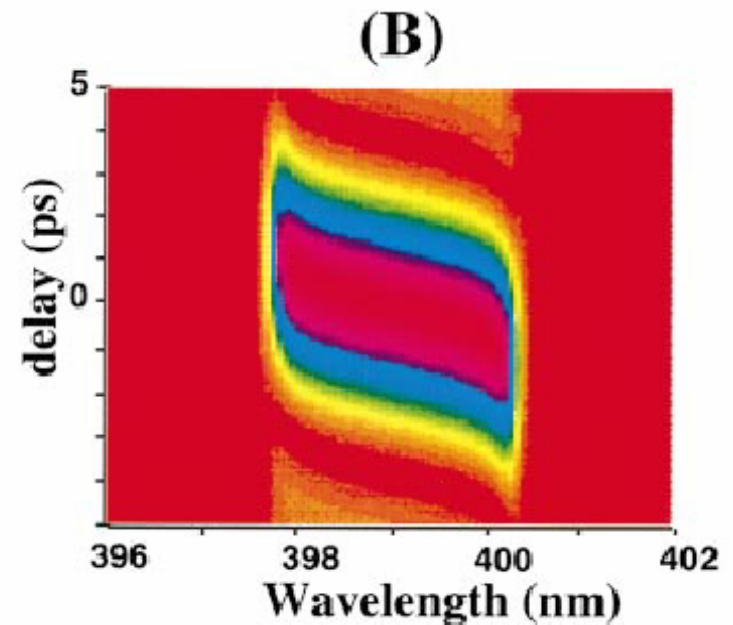
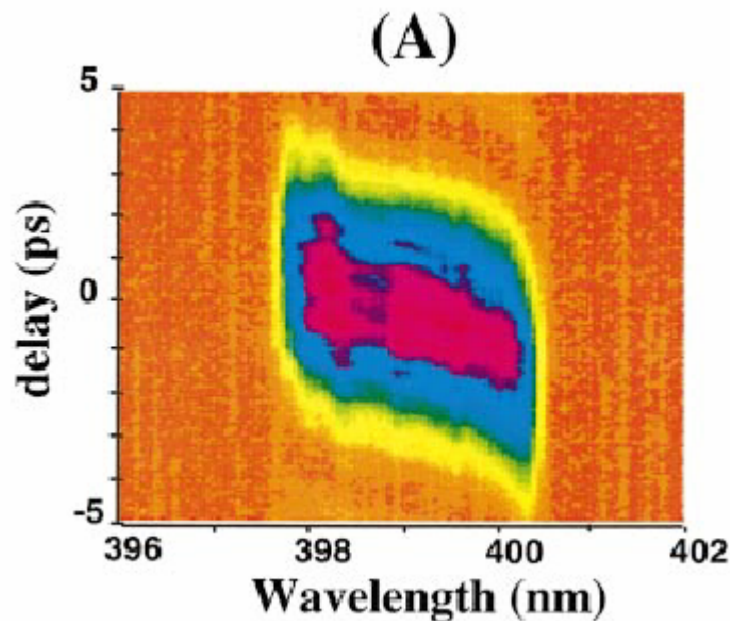


Akusto-Optinis moduliatorius

Amplitudės + fazės moduliacija: Rezultatai



Išmatuotos (brūkšniuota) ir paskaičiuotos (tolydi kreive) impulsu formas
JOSA B 14, 2348 (1997)



(a) Suformuotas ir išmatuotas (b) teoriškai užsibrėžtas pasiekti hiperbolinio sekanto pavidalo impulsas

$$E(t) \sim \text{sech}(\rho t)^{(1+i\mu)}$$

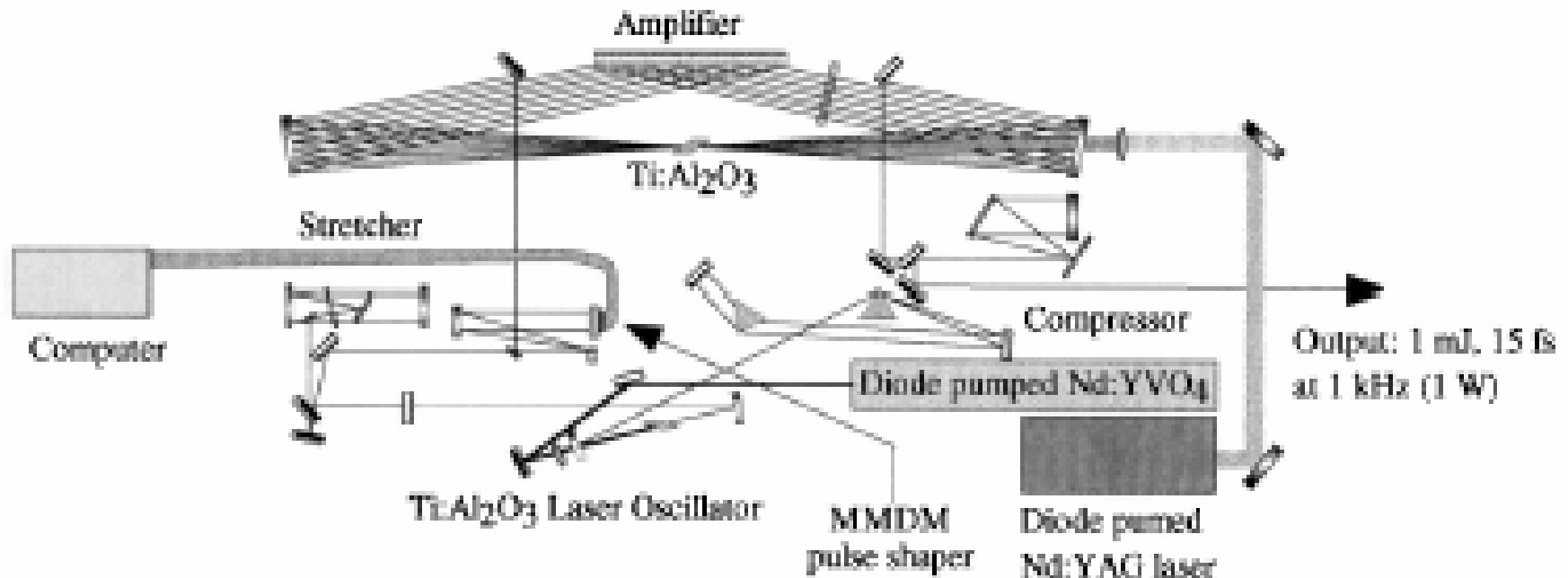
Akusto-Optinis moduliatorius

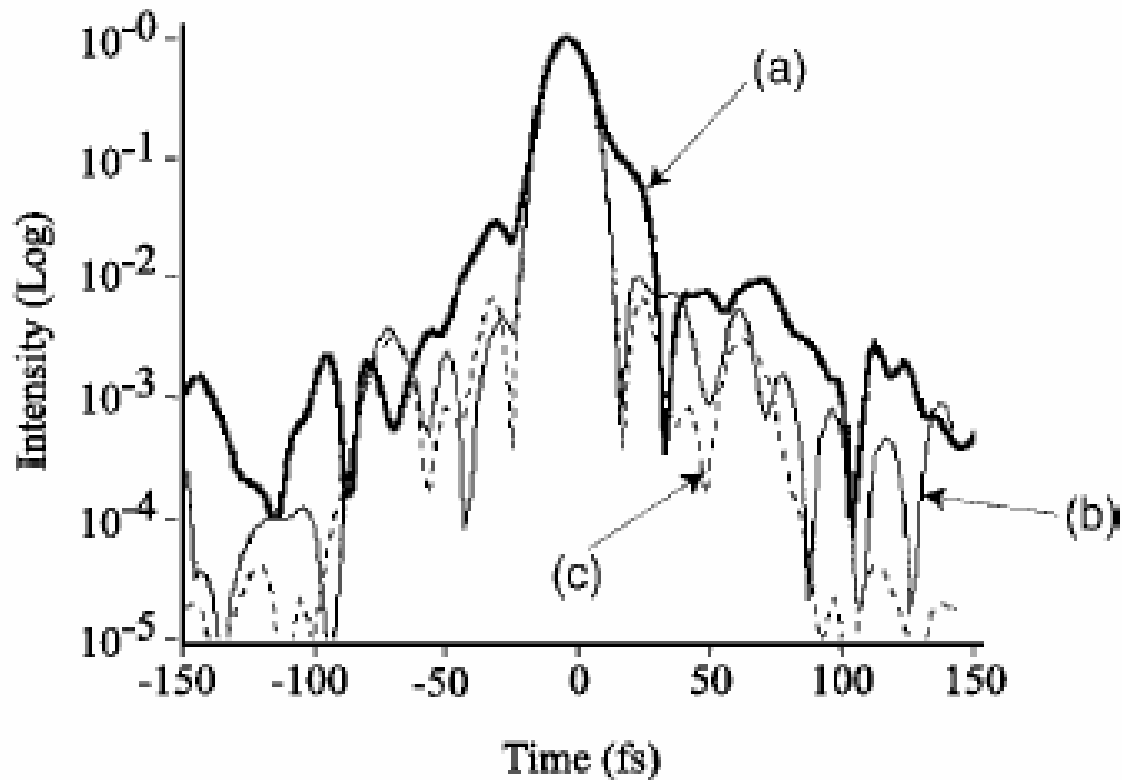
Charakteristikos

- Tolygus Amplitudės ir fazės kontroliavimas
- Nėra tarpo tarp domenų
- “Domenų” dydis sąlygojamas elektronikos
- “Kaukė” nėra pastovi laike (dėlto naudojamas dažniausiai po regeneratyvinio stiprintuvo)
- Perprogramavimo laikas $\sim 10 \mu\text{s}$
- Pademonstruotas veikimas su 30 fs impulsais.

Deformuojami Veidrodžiai Taikymai

Kompensuoti Aukštesnių eilių dispersiją stiprinimo pakopoje

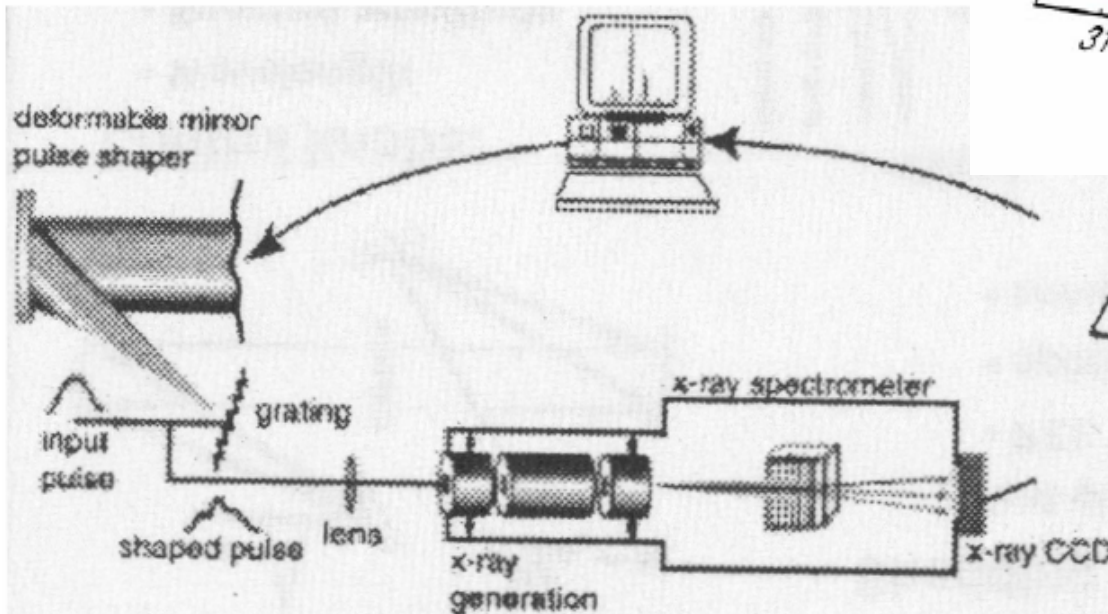
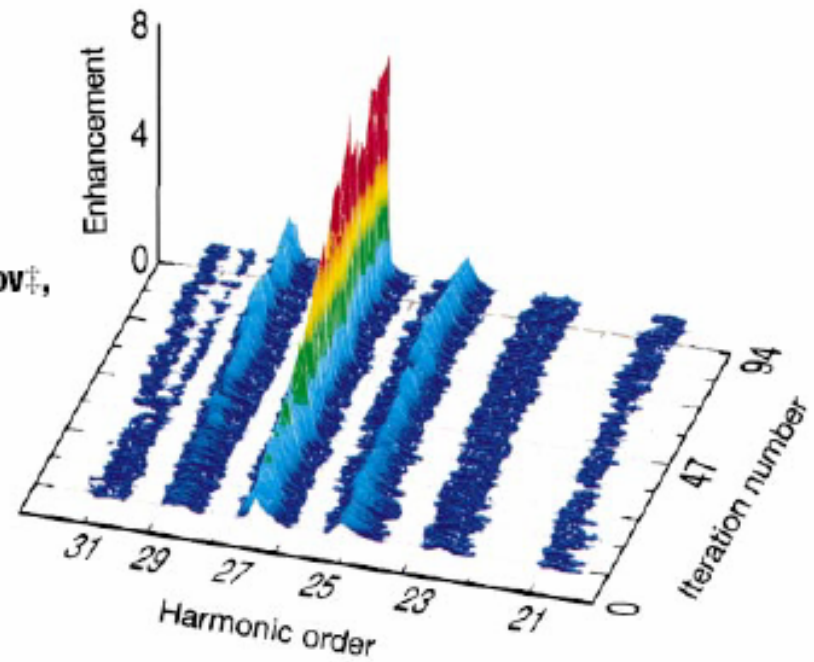




- (a) Impulsas prieš optimizaciją (18 fs)
- (b) Impulsas po optimizacijos (15.2 fs)
- (c) Furjė transformacijų ribotas impulsas (15,1 fs)

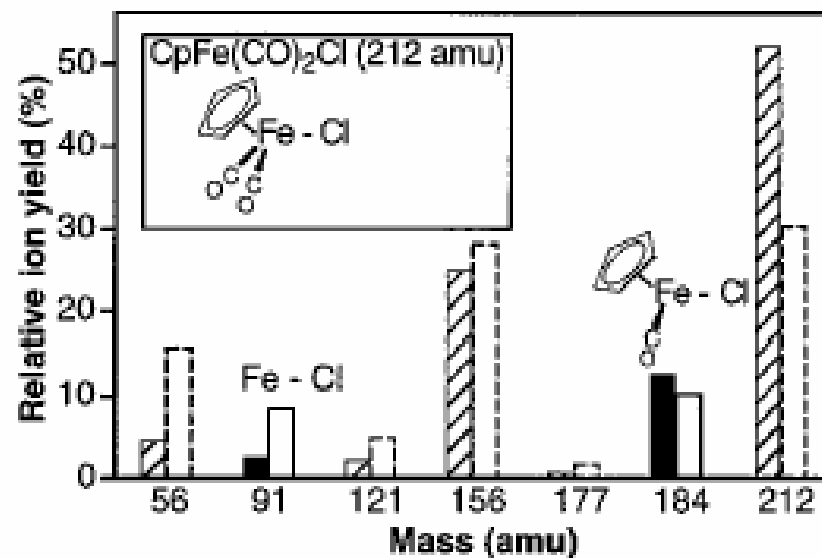
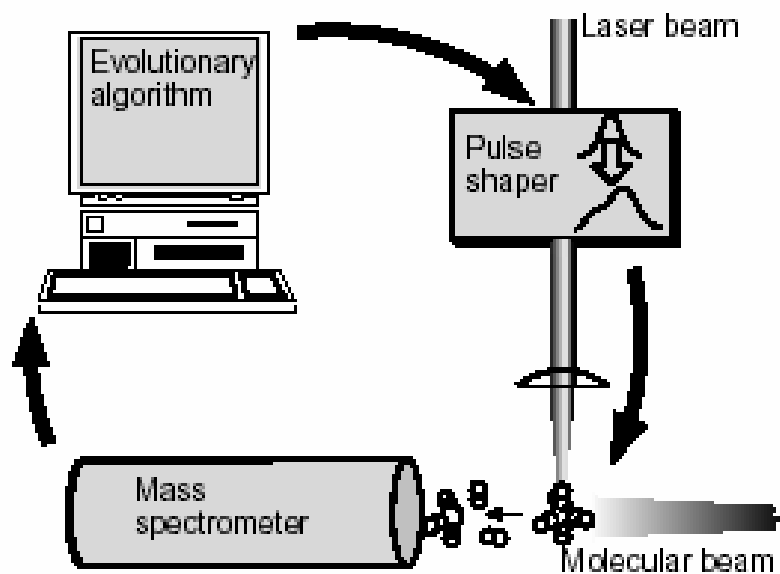
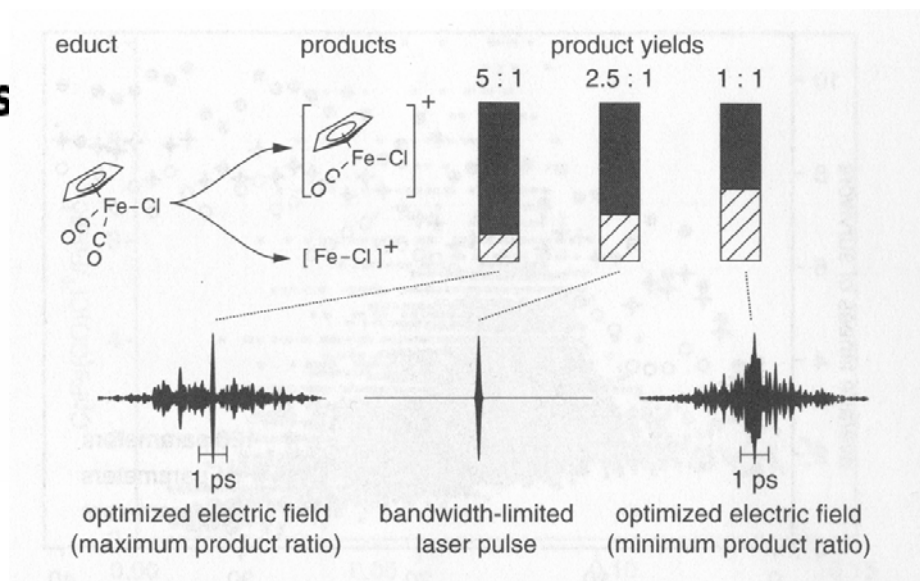
Shaped-pulse optimization of coherent emission of high-harmonic soft X-rays

R. Bartels^{*}, S. Backus^{*}, E. Zeek^{*}, L. Misoguti[†], G. Vdovin[†], I. P. Christov[‡], M. M. Murnane^{*} & H. C. Kapteyn^{*}



Control of Chemical Reactions by Feedback-Optimized Phase-Shaped Femtosecond Laser Pulses

A. Assion, T. Baumert,* M. Bergt, T. Brixner, B. Kiefer,
V. Seyfried, M. Strehle, G. Gerber





<http://www.physik.uni-wuerzburg.de/femto-welt/>