Používané technologie optického záznamu zvuku

Zvuk, který se při natáčení filmů nahrává většinou až postprodukčně, se zaznamená na příslušné medium (např. magneto-optický disk). Tento záznam je zpracován počítačem a je převeden na optický záznam zvuku pomocí masky a štěrbiny.

> Postprodukční nahrávání zvuku spočívá v namluvení dialogů herci přímo ve studiu podle natočené scény. Postprodukčně se do filmu přidává také většina ruchů (vrzání vrat, výbuchy bomb, ...). Tento způsob nahrávání zvuku je sice na první pohled komplikovanější, ale ve skutečnosti je takto nahraný zvuk kvalitnější a při nahrávání je možné jej rozdělit do příslušných zvukových kanálů (zvlášť ruchy, zvlášť hudba, zvlášť dialogy, ...).

Poté se záznam zvuku exponuje speciální zvukovou kamerou na filmový pás. Po tomto procesu vzniká snímek s latentním obrazem analogové zvukové stopy. Naexponovaný film se poté pomocí ultrazvuku vyčistí v ultrazvukové čističce a pak se zpracovává vyvolávacím automatem, ve kterém se vyvolává. K vyvolání je vždy připraven film o maximální délce 300 metrů. Po vyvolání se zvukový negativ a obrazový negativ pomocí kontaktní kopírky kopírují na jeden filmový pás. V kopírovací hlavě kopírky se bez přístupu světla oba negativy společně prosvítí tak, aby záznam zvuku předbíhal záznam obrazu o 21 políček. Tak získáme filmový pás s latentním obrazem pozitivu, na kterém je zaznamenán jak obraz tak zvuková stopa daného audiovizuálního díla.

> Posun zvuku o 21 políček před příslušný obraz je nutný proto, aby byl zvuk správně a synchronně přehráván v promítacím stroji při projekci. Obraz se na plátno promítá v okamžiku, kdy je filmový pás zastaven, zatímco zvuk je přehráván kontinuálně.

Technologie záznamu analogového optického zvuku, které se v historickém vývoji zvukového filmu používaly, jsou:

1. kovové stříbro - typické pro první černobílé filmy;
2. hi-magenta - mezitechnologie nahrazující technologii kovového stříbra, která bude používána do doby, než se ve všech promítacích strojích vymění budiče zvuku schopné přehrát zvuk zaznamenaný technologií cyan;
3. cyan - technologie využívající k záznamu zvuku pouze barviva.

Zvuková stopa zaznamenaná pomocí **kovového stříbra** je reprodukovatelná bílým světlem (budičem zvuku tedy může být např. i běžná žárovka). Ukázka takového záznamu zvuku je zobrazena na obr. 48: analogový záznam zvuku je uložen v pásu mezi perforačními otvory a obrazovým políčkem. Vzhledem k tomu, že tato metoda byla zpočátku vývoje používána pro černobílé filmy, u nichž byl záznam obrazu založen také na chemické reakci stříbra za vzniku kovového stříbra, bylo možné zvuk i obraz vyvolávat jediným procesem. S příchodem barevného filmu se proces vyvolání zkomplikoval - bylo nutné použít různé technologické procesy na vyvolání obrazu a zvuku. Barevný film totiž při vyvolání prochází bělící lázní a výsledný filmový materiál je tvořen pouze barvivy. Zvuková stopa ale musí kromě barviv obsahovat také kovové stříbro, které je exponováno do dvou horních vrstev barevného filmu - do vrstev, které mají po vyvolání fialovou a modrozelenou barvu. Tento problém se řešil tzv. **znovuvyvoláním zvukové stopy**, při kterém se stříbro vyvolá pomocí husté viskózní vývojky pouze ve zvukové stopě filmu. V obrazové stopě filmu již stříbro (poté, co barevný film prošel bělící lázní) není. Tento proces znovuvyvolání zvukové stopy je ale značně náročný, nese s sebou riziko poškození obrazové stopy filmu a výrobu kopie značně prodražuje.



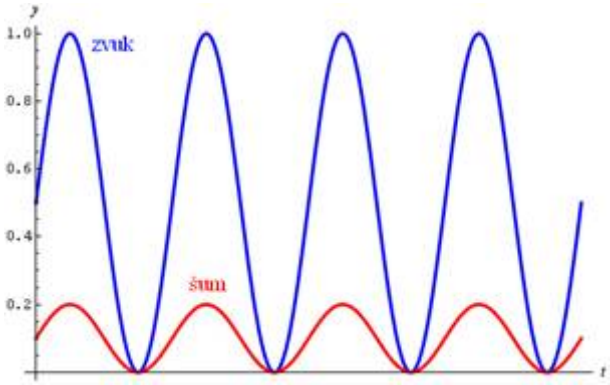
Obr. 48

Nabízí se tedy otázka, proč se pro začernění míst ve zvukové stopě nepoužije stejná technika, která se používá pro začernění míst na barevném filmu, který kovové stříbro neobsahuje. Problém je ve spektru světla žárovky, která se v promítacích strojích používá. Její spektrum obsahuje nejen lidským okem viditelnou část elektromagnetického záření, ale také značnou část infračerveného záření. Toto infračervené záření nedokáže barvivo pohltit a přitom je na toto záření velmi citlivá i fotodioda používaná při snímání zvuku.

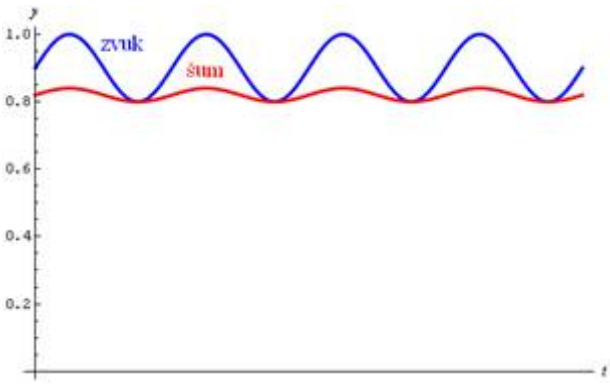
Všichni známe z praxe, že žárovka hřeje - a to je právě proto, že vydává infračervené záření.

Výsledkem použití této technologie by byl velký pokles odstupu signálu od šumu asi o 12 dB, tj. zvuk by byl nepřijatelným způsobem zašuměný. Tuto skutečnost názorně zobrazují obr. 49 a obr. 50. Na obou z nich má amplituda šumu hodnotu rovnou 20 % hodnoty amplitudy zvuku. Je zřejmé, že časové průběhy zvuku a šumu zobrazené na obr. 49 jsou pro poslech příznivější než časové průběhy zobrazené na obr. 50.

Pro příznivý a nerušený poslech je nutné, aby měla amplituda zvuku od amplitudy šumu jistý odstup (rozdíl). Čím větší tento odstup (rozdíl) je, tím kvalitnější zvuk vnímáme.



Obr. 49



Obr. 50

Proto výrobci filmových materiálů dlouhá léta hledali vhodné technické řešení. To přinesla až americká firma Kodak a další firmy zabývající se zpracováním natočených filmů: konečným stavem je filmová stopa tvořená pouze barvivy a žádným kovovým stříbrem. Tato technologie záznamu zvuku ovšem s sebou nese nutnost radikálně změnit i všechny budiče zvuku používané v promítacích strojích v celém světě. Vzhledem k tomu, že je tento krok velmi radiální, byla vyvinuta mezitechnologie **hi-magenta**, která je univerzální a tedy zvuk zaznamenaný touto technologií lze přehrát i na budičích zvuku určených původně pro technologii využívající kovové stříbro. Tato

technologie se bude používat do doby, než nastoupí cílová technologie cyan.

Technologie hi-magenta (*vysoký purpur*) využívá jak kovové stříbro tak i filmové barvivo s nižší hustotou modrozeleného barviva (cyan barviva) a velkým podílem purpurové barvy. Při výrobě kopie filmu ve filmových laboratořích se záznam zvuku kopíruje do vrstvy citlivé na zelené světlo, která se obarvuje po vyvolání filmového materiálu purpurovou barvou. Poté se v této vrstvě musí znovu vyvolat kovové stříbro jako u staršího záznamu zvuku, který využíval pouze kovové stříbro.

Záznam zvuku je tedy uložen dvojím způsobem: pomocí kovového stříbra a pomocí modrozeleného barviva. Oba tyto záznamy jsou v purpurové vrstvě na filmovém pásu mezi perforačními otvory a obrazovým políčkem (viz obr. 51).



Obr. 51

Zvuk z filmového pásu může být pak snímám:

1. bílým budičem zvuku - tj. např. žárovkou, protože záznam zvuku je tvořen barvivy i kovovým stříbrem, které je zde zejména proto, aby pohltilo infračervené záření;
2. červeným budičem zvuku - červenou LED, jejíž světlo reaguje na hustotu stříbra a malé množství modrozeleného barviva. Navíc červené LED jsou velmi levné a snadno dostupné.

Modrozelenou vrstvou totiž červené světlo neprochází.

Abychom dosáhli optimální reprodukce při snímání zvuku oběma budiči, je nutné najít správný poměr mezi množstvím stříbra a barviv v purpurové vrstvě filmu. Optimální hustota negativu zvuku a kopie zvuku se určuje zhotovením série testů na senzitometrickém pracovišti. Testy se exponují ve zvukové kameře několika expozicemi a každý z takto získaných negativů s různými hustotami barviv a kovového stříbra se kopíruje opět několika expozicemi.

Pro formát filmu 35 mm se testy provádějí s kombinací zvuků o frekvencích 400 Hz a 7000 Hz, pro formát filmu 16 mm se testy provádějí s kombinací zvuků o frekvencích 400 Hz a 3000 Hz.

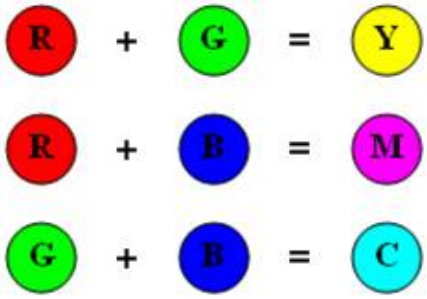
Tato série testů se pak elektroakusticky vyhodnotí a jako optimum se vybere kombinace hustot negativu a kopie, která vykazuje největší odstup signálu (tj. zvuku) vysoké a nízké frekvence. Takto nalezené hustoty barviv a kovového stříbra pak slouží jako technologická norma pro laboratorní zpracování zvukového záznamu.

Vyhodnocují se tedy podobné průběhy, které jsou zobrazeny pro případ zvuku a šumu na obr. 49 a obr. 50.

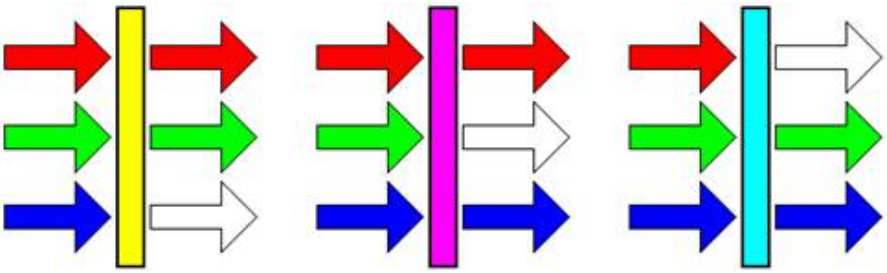
Při každé změně (filmový materiál, zvuková kamera, kopírovací stroj, ...) je nutné testy znovu opakovat.

Použití modrozeleného barviva pro záznam zvuku, který se v promítacím stroji snímá pomocí červeného světla LED, vyplývá ze skládání barev RGB modelu: modrozelené světlo je složené ze

zeleného světla a modrého světla (viz obr. 52). To znamená, že při osvětlení modrozelené vrstvy filmu bílým světlem (které je složeno ze tří základních barev RGB modelu - z červené, zelené a modré) tato vrstva propustí pouze zelené a modré světlo, zatímco červené pohltí (viz obr. 53). Modrozelená vrstva osvětlená tedy pouze červeným světlem se jeví jako černá - červené světlo totiž tato vrstva pohltí. Je-li proto zvuk zaznamenaný pomocí modrozeleného barviva snímán v promítacích strojích červeným světlem, jeví se místa s modrozeleným barvivem v černé barvě. To je ale stejný jev, který nastává při osvětlení záznamu zvuku pořízeného pomocí kovového stříbra běžnou žárovkou. Proto jsou obě výše uvedené technologie navzájem kompatibilní.



Obr. 52


Obr. 53

Cílovou technologií optického záznamu zvuku je technologie **cyan**. Zvuková stopa je zaznamenána pouze pomocí barviva bez použití kovového stříbra a nachází se na filmovém pásu ve stejném místě jako předchozí optické stopy: mezi perforačními otvory a obrazovým políčkem (viz obr. 54).

Všechny tři právě popsané druhy optického záznamu zvuku jsou na filmovém pásu uloženy na stejném místě. Liší se pouze technologie záznamu zvuku a způsob jeho následného čtení v promítacích strojích.

Pro snímání takto zaznamenaného zvuku je nutné použít nové budiče zvuku, které používají červené LED nebo lasery. Dále je nutné zařadit předzesilovač, protože signál je v tomto případě slabší, než byl při použití minulých technologií. Na druhou stranu má tato technologie řadu výhod: průběh zpracování filmového materiálu je šetrnější k životnímu prostředí, šetří filmový materiál, protože není nutné dělat před vlastním vyvoláváním filmu zkoušky ohledně správného poměru kovového stříbra a barviv, zlevnění provozu provozovatelů kin (červená LED je levnější než běžná žárovka, má oproti žárovce delší životnost a navíc jí vyzařované světlo ztrácí intenzitu postupně, takže je možné odhadnout její životnost - to u žárovky není možné: ta přestane svítit náhle a tím přestane hrát v kině zvuk). Nové budiče zvuku navíc zajišťují i lepší separaci levého kanálu zvuku a pravého kanálu zvuku a dále pak vyšší frekvenční rozsah signálu při vyšší úrovni frekvenci signálu.

Systém tedy dokáže přehrát kvalitně jak vysoké tóny, tak hluboké tóny a oba druhy těchto tónů přitom dostatečně hlasitě.



Obr. 54

Optický záznam zvuku je v současné době nahrazován digitálním záznamem (digitálním zvukem). Přesto ale je na filmovém pásu nepostradatelný, i když má již jen jistící funkci. Digitální zvuk je totiž umístěn na filmovém pásu tam, kde s ním dřívější kopírovací stroje a promítací stroje nepočítaly. Proto bývá často poškozen. Počítač sledující oba zvukové záznamy (optický záznam a digitální záznam) tyto záznamy stále porovnává a reprodukuje ten, který je kvalitnější.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.